



**Campus de São Carlos**

*ESTUDO PARA ADAPTAÇÃO DE UM MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO DE  
ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS ÀS CONDIÇÕES DO MUNICÍPIO DE  
SÃO CARLOS/SP*

**HELIANA BARBOSA FONTENELE**

**ORIENTADOR: PROF. ASSOCIADO MANOEL HENRIQUE ALBA SÓRIA**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**



**ESCOLA DE ENGENHARIA  
DE SÃO CARLOS**

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**  
**DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES**

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP

**EXEMPLAR REVISADO**

Data de entrada no Serviço: 12 / 12 / 01

Ass.: *Guilherme*

**ESTUDO PARA ADAPTAÇÃO DE UM MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO DE  
ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS ÀS CONDIÇÕES DO MUNICÍPIO DE  
SÃO CARLOS/SP**



**HELIANA BARBOSA FONTENELE**

DEDALUS - Acervo - EESC



31100036830

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil, Área de Transportes.

**ORIENTADOR: Prof. Dr. Manoel Henrique Alba Sória**

Class.	TESE-EEESC
Cutt.	12211
Tombo	T0006/02

st 1219888

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento  
da Informação do Serviço de Biblioteca – EESC/USP

F683e Fontenele, Heliana Barbosa  
Estudo para adaptação de um método de classificação de estradas não pavimentadas às condições do município de São Carlos/SP / Heliana Barbosa Fontenele. -- São Carlos, 2001.

Dissertação (Mestrado) -- Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2001.

Área: Transportes.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Henrique Alba Sória.

1. Estrada não pavimentada. 2. Painel de avaliadores. 3. Avaliação subjetiva. 4. Valores de ponderação. 5. Defeitos. 6. Método de classificação. I. Título.

**FOLHA DE JULGAMENTO**

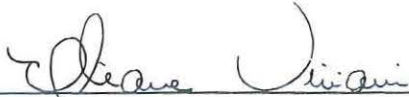
Candidata: Engenheira **HELIANA BARBOSA FONTENELE**

Dissertação defendida e julgada em 26-11-2001 perante a Comissão Julgadora:



APROVADO

Prof. Assoc. **MANOEL HENRIQUE ALBA SORIA (Orientador)**  
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)



APROVADA

Profª. Dra. **ELIANE VIVIANI**  
(UNESP/Campus de Bauru)



APROVADA

Profª. Dra. **SANDRA ODA**  
(Universidade Estadual de Maringá/UEM)



Prof. Dr. **EDSON MARTINS DE AGUIAR**  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia de Transportes



**JOSÉ CARLOS A. CINTRA**  
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

## DEDICATÓRIA

---

*Aos meus pais Edimar Pereira Fontenele e  
Margarida Barbosa Fontenele que sempre  
deram todo apoio, amor e compreensão  
necessários à minha caminhada.*

## AGRADECIMENTOS

---

A Deus, por estar sempre ao meu lado iluminando todos os meus passos;

Ao Prof. Dr. Manoel Henrique Alba Sória, pela orientação e liberdade de trabalho;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa de estudos concedida;

Ao Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, pela infra-estrutura disponibilizada para a realização desta dissertação;

Ao Prof. Dr. Antônio Néelson Rodrigues da Silva, Prof. Dr. José Leomar Fernandes Júnior e Prof. Dr. Glauco Túlio Pessa Fabbri, pelo apoio e incentivo ao meu curso de mestrado;

Aos técnicos do laboratório de Estradas do Departamento de Transportes da EESC/USP Antônio Carlos Gigante, Roberto Antônio Morasco e Antônio Carlos Oliveira (*in memoriam*), pelo auxílio à avaliação de campo;

À Carlos Alberto Prado da Silva Júnior, pelo amor, incentivo e companheirismo durante estes anos;

Ao médico Gilberto Meira (*in memoriam*), por toda dedicação, carinho e profissionalismo que salvaram minha vida;

À Maria Helena Costa Texeira de Lima, pelo seu grande incentivo à realização do curso de mestrado;

À Graci Gomes da Silva e Alaury Bertini, pela acolhida à minha chegada a São Paulo;

À minha irmã Helane Fontenele Velasco, pela união e apoio;

A meus padrinhos José Pereira e Sony Silva, pelo carinho e apoio;

Aos professores Ana Rosa Mendonça Ferreira de Souza, Benedito Coutinho Neto e Paulo Márcio da Silva Aranha, pelo apoio e incentivo;

À Prof. Dra. Sandra Oda e ao Eng. Ricardo Almeida de Melo, pelas informações e materiais fornecidos;

Ao Prof. Dr. Paulo Pereira do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho – Portugal, pelas contribuições ao trabalho;

À Heloísa Helena Morgado Belo, Ana Angélica Marques, Elisabeth Regina Zambon Ortega e Antônio Carlos Mariano, pelo auxílio e suporte técnico;

À Andréa Kobayashi, Marcus Seráfico, Pastor Taco e Laura Hage, pelo auxílio nos levantamentos de campo;

A todos os colegas, funcionários e professores do Departamento de Transportes da EESC/USP.

## SUMÁRIO

---

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xv
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	xviii
<b>RESUMO</b> .....	xix
<b>ABSTRACT</b> .....	xx
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. Apresentação .....	1
1.2. Justificativa e objetivo .....	2
1.3. Área de estudo .....	3
1.4. Organização do trabalho .....	4
<b>2. CONSIDERAÇÕES SOBRE AS ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS</b> .....	5
2.1. O que são estradas não pavimentadas .....	5
2.1.1. Categorias das estradas não pavimentadas .....	6
2.1.1.1. Estradas não conformadas .....	6
2.1.1.2. Estradas conformadas .....	7
2.1.1.3. Estradas conformadas e revestidas .....	8
2.2. Situação das estradas não pavimentadas no Brasil .....	9
2.3. Defeitos encontrados em estradas não pavimentadas .....	9
2.3.1. Tipos e causas dos defeitos .....	10
2.3.1.1. Seção transversal inadequada .....	10
2.3.1.2. Ondulações/Corrugações .....	11
2.3.1.3. Poeira .....	11
2.3.1.4. Buracos/Panelas .....	12
2.3.1.5. Afundamento nas trilhas de rodas .....	12
2.3.1.6. Segregação de Agregados .....	13
2.3.1.7. Areiões .....	13
2.3.1.8. Atoleiro .....	14
2.3.1.9. Pista escorregadia .....	14
2.3.1.10. Erosões .....	15



2.3.1.11. Facão .....	16
<b>3. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA SUPERFÍCIE DE ESTRADAS .....</b>	<b>17</b>
3.1. Avaliação subjetiva .....	17
3.1.1. Uma breve história da avaliação subjetiva .....	17
3.1.2. Considerações sobre avaliação subjetiva .....	18
3.1.3. Aspectos psicológicos envolvidos no processo de avaliação .....	20
3.1.4. Procedimento para o preparo de uma avaliação subjetiva .....	21
3.1.4.1. Determinação do painel de avaliação .....	21
3.1.4.2. Treinamento do painel .....	24
3.1.4.3. Escolha dos segmentos para avaliação .....	25
3.2. Avaliação Objetiva .....	27
3.3. Alguns métodos de avaliação da superfície aplicados em estradas não pavimentadas .....	29
3.3.1. Avaliação das condições de estradas de cascalho – Padrão de qualidade do <i>Road and Waterways Administration (TVH)</i> .....	29
3.3.2. Classificação subjetiva de estradas municipais do Estado de Indiana (EUA) .....	30
3.3.3. Método de classificação de estradas não pavimentadas segundo EATON et. al. (1987a, 1987b) .....	31
3.3.4. Avaliação das condições de estradas de terra baseadas no ERCI .....	36
3.3.5. Avaliação e classificação de estradas de cascalho – Sistema GRAVEL- PASER .....	38
<b>4. MANUTENÇÃO DE ESTRADAS .....</b>	<b>40</b>
4.1. Planejamento de programas de manutenção .....	40
4.2. Atividades de manutenção .....	41
4.2.1. Revestimento primário .....	41
4.2.2. Agulhamento .....	41
4.2.3. Mistura de areia e argila .....	42
4.3. Custo médio relativo à manutenção .....	42
4.4. Conseqüências da manutenção inadequada .....	43
4.5. A manutenção de estradas não pavimentadas no Município de São Carlos .....	44
<b>5. DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS PARA A CLASSIFICAÇÃO DA</b>	

<b>CONDIÇÃO DAS ESTRADAS</b> .....	46
5.1. Método do <i>Pavement Condition Index</i> (PCI) .....	46
5.1.1. Desenvolvimento dos valores-dedução .....	47
5.1.2. Desenvolvimento das curvas de correção .....	48
5.1.3. Validação de campo .....	48
5.1.4. Breve descrição do método .....	49
5.2. Método do <i>Unsurfaced Road Condition Index</i> (URCI) .....	52
5.2.1. Fase 1 – Desenvolvimento do manual de campo .....	54
5.2.2. Fase 2 - Validação de campo e desenvolvimento dos valores-dedução .....	54
5.2.3. Desenvolvimento das curvas de valor-dedução .....	55
<b>6. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL</b> .....	57
6.1. Planejamento do procedimento experimental .....	57
6.1.1. Seleção das estradas .....	57
6.1.1.1. Estradas selecionadas .....	58
6.1.2. Definições .....	60
6.1.3. Fase 1 .....	61
6.1.3.1. Divisão das estradas em trechos .....	61
6.1.3.2. Divisão dos trechos em unidades amostrais .....	61
6.1.3.3. Escolha do painel de avaliação .....	62
6.1.3.4. Treinamento do painel de avaliação .....	63
6.1.4. Fase 2 .....	64
6.1.4.1. Seleção de trechos .....	64
6.1.4.2. Divisão dos trechos em unidades amostrais .....	64
6.1.4.3. Escolha do painel de avaliação .....	66
6.1.4.4. Treinamento do painel de avaliação .....	66
6.2. O levantamento de campo .....	67
6.2.1. Fase 1 .....	67
6.2.1.1. Seleção das unidades amostrais .....	67
6.2.1.2. Inspeção nos trechos e unidades amostrais .....	68
6.2.2. Fase 2 .....	74
6.2.2.1. Seleção e divisão dos trechos experimentais .....	74
6.2.2.2. Inspeção nos trechos e unidades amostrais .....	75
<b>7. RESULTADOS OBTIDOS E CONCLUSÕES PARCIAIS</b> .....	80

7.1. Alguns resultados da Fase 1 .....	80
7.1.1. Gráficos de valores-dedução .....	80
7.1.2. Análise do desempenho dos avaliadores .....	82
7.2. Resultados da Fase 2 .....	84
7.2.1. Unidades amostrais .....	85
7.2.1.1. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador .....	89
7.2.2. Trechos experimentais .....	107
7.2.2.1. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador .....	110
7.2.3. Comparação entre as classificações do painel e as obtidas pelo método de EATON et al. (1987a) .....	114
7.2.4. Defeito seção transversal inadequada .....	117
7.2.4.1. Gráficos de valores-dedução .....	118
7.2.4.2. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador .....	121
7.2.5. Defeito corrugações/ondulações .....	126
7.2.5.1. Gráficos de valores-dedução .....	126
7.2.5.2. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador .....	128
7.2.6. Defeito poeira .....	132
7.2.6.1. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador .....	134
7.2.7. Defeito buracos/panelas .....	135
7.2.7.1. Gráficos de valores-dedução .....	136
7.2.7.2. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador .....	138
7.2.8. Defeito afundamento nas trilhas de rodas .....	142
7.2.8.1. Gráficos de valores-dedução .....	144
7.2.8.2. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador .....	146
7.2.9. Defeito segregação de agregados .....	150
7.2.9.1. Gráficos de valores-dedução .....	150
7.2.9.2. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador .....	152
7.2.10. Defeito areiões .....	156
7.2.10.1. Gráficos de valores-dedução .....	156
7.2.10.2. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador .....	159
7.2.11. Defeito erosão .....	163
7.2.11.1. Gráficos de valores-dedução .....	164
7.2.11.2. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador .....	166
7.2.12. Defeito facão .....	169
7.2.12.1. Gráficos de valores-dedução .....	170

7.2.12.2. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador .....	172
7.2.13. Defeito trincas de retração .....	177
7.2.13.1. Gráficos de valores-dedução .....	177
7.2.13.2. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador .....	179
<b>8. CONCLUSÕES E SUGESTÕES .....</b>	<b>185</b>
8.1. Conclusões iniciais .....	185
8.1.1. Unidades amostrais .....	186
8.1.2. Trechos experimentais .....	187
8.1.3. Defeitos .....	188
8.2. Conclusões finais .....	193
8.3. Sugestões .....	196
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>198</b>
<b>BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....</b>	<b>202</b>
<b>ANEXO A - MÉTODO PARA CLASSIFICAÇÃO DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS (EATON et al. 1987a) .....</b>	<b>204</b>
<b>ANEXO B - GUIA DE PROCEDIMENTO EM CAMPO DA FASE 2 .....</b>	<b>214</b>
<b>ANEXO C - GRÁFICOS DE VALORES-DEDUÇÃO DOS DEFEITOS DA FASE 1 .....</b>	<b>Disco</b>
<b>ANEXO D - RELAÇÃO DAS NOTAS ATRIBUÍDAS PELO PAINEL NAS AVALIAÇÕES DA FASE 2 .....</b>	<b>Disco</b>
<b>ANEXO E - PRINCIPAIS ESTATÍSTICAS DE CADA AVALIADOR EM RELAÇÃO AOS CONJUNTO DOS OUTROS SEIS PARA OS DEFEITOS .....</b>	<b>Disco</b>
<b>ANEXO F - CLASSIFICAÇÕES DAS UNIDADES AMOSTRAIS DA FASE 2 PELO MÉTODO DE EATON ET AL. (1987a) .....</b>	<b>Disco</b>
<b>ANEXO G - FOTOGRAFIAS DE DEFEITOS LOCALIZADOS DURANTE O LEVANTAMENTO DE CAMPO NAS ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS DE SÃO CARLOS-SP .....</b>	<b>Disco</b>

## LISTA DE FIGURAS

---

FIGURA 1.1	- Mapa resumido do Estado de São Paulo .....	3
FIGURA 2.1	- Estrada não conformada proveniente de uma trilha de rodas (AUSTROADS,1991) .....	7
FIGURA 2.2	- Estrada não conformada aberta sobre os materiais locais (AUSTROADS,1991) .....	7
FIGURA 2.3	- Estrada conformada por uma niveladora (AUSTROADS,1991) ..	8
FIGURA 2.4	- Estrada conformada e revestida (AUSTROADS,1991) .....	8
FIGURA 2.5	- Seção transversal inadequada em calha .....	10
FIGURA 2.6	- Seção transversal inadequada mista e encaixada .....	10
FIGURA 2.7	- Seção transversal inadequada abaulada e encaixada .....	11
FIGURA 2.8	- Defeito ondulações/corrugações (SANTOS et al., 1988). .....	11
FIGURA 2.9	- Defeito poeira (SANTOS et al., 1988). .....	12
FIGURA 2.10	- Defeito afundamento nas trilhas de rodas (SANTOS et al., 1988) ..	13
FIGURA 2.11	- Defeito atoleiro (SANTOS et al., 1988). .....	14
FIGURA 2.12	- Defeito pista escorregadia (SANTOS et al., 1988). .....	15
FIGURA 2.13	- Defeito erosão (SANTOS et al., 1988). .....	15
FIGURA 3.1	- Formulário individual de classificação do Índice de Serventia atual (CAREY & IRICK, 1960) .....	19
FIGURA 3.2	- Formulário de inspeção preenchido retirado como exemplo de HEADQUARTERS DEPARTMENT OF THE ARMY (1995) ..	34
FIGURA 3.3.	- Curvas de valores-dedução para o defeito seção transversal inadequada .....	34
FIGURA 3.4.	- Gráfico para o cálculo do <i>Unsurfaced Road Condition Index</i> (URCI). .....	35
FIGURA 5.1	- Formulário de inspeção para pavimentos asfálticos adaptado de HEADQUARTERS DEPARTMENT OF THE ARMY(1982). ..	50
FIGURA 5.2	- Curvas de valores-dedução para o defeito trincas couro de jacaré. ....	51
FIGURA 5.3	- Gráfico para o cálculo do Valor-Dedução Corrigido (CDV). .....	52
FIGURA 6.1.	- Esquema de divisão das estradas não pavimentadas na Fase 1. ....	62
FIGURA 6.2.	- Mapa sem escala de estradas não pavimentadas (adaptado de	

	ODA, 1995) com a localização dos trechos experimentais. ....	65
FIGURA 6.3	- Esquema de divisão das estradas não pavimentadas na Fase 2. ....	66
FIGURA 6.4	- Folha utilizada na seleção das unidades amostrais da Fase 1. ....	67
FIGURA 6.5	- Ficha para avaliação subjetiva dos trechos na Fase 1. ....	69
FIGURA 6.6	- Folha 01 do formulário individual de inspeção dos defeitos nas unidades amostrais. ....	70
FIGURA 6.7	- Folha 02 do formulário individual de inspeção dos defeitos nas unidades amostrais. ....	71
FIGURA 6.8	- Folha 03 do formulário individual de inspeção dos defeitos nas unidades amostrais. ....	72
FIGURA 6.9	- Gráfico com os limites de classificação para estradas com $q = 0$ ou 1. ....	74
FIGURA 6.10	- Folha utilizada na seleção dos trechos da Fase 2. ....	75
FIGURA 6.11	- Ficha individual para avaliação subjetiva dos trechos na Fase 2. ..	76
FIGURA 6.12	- Folha individual de avaliação das unidades amostrais. ....	77
FIGURA 6.13	- Frente da folha individual para inspeção de defeitos utilizada na Fase 2. ....	78
FIGURA 6.14	- Verso da folha individual para inspeção de defeitos utilizada na Fase 2. ....	79
FIGURA 7.1	- Gráficos de valores-dedução para o defeito segregação de agregados da Fase 1. ....	81
FIGURA 7.2	- Comparação gráfica da média de desvios absolutos médios resultante em cada defeito da Fase 1. ....	83
FIGURA 7.3	- Gráfico de notas atribuídas às unidades amostrais da Fase 2. ....	85
FIGURA 7.4.	- Gráfico de notas atribuídas às unidades amostrais da Fase 2 ordenadas pela média de notas dos avaliadores. ....	86
FIGURA 7.5	- Gráfico das notas transformadas das unidades amostrais da fase 2 ordenadas pela média de notas dos 7 avaliadores. ....	86
FIGURA 7.6	- Gráfico dos desvios em torno da média para os dados transformados das unidades amostrais da Fase 2. ....	88
FIGURA 7.7	- Distribuição de frequência para as unidades amostrais da Fase 2. ..	88
FIGURA 7.8	- Gráfico de correlação entre todas as notas de cada unidade amostral da Fase 2 e suas respectivas médias. ....	89
FIGURA 7.9	- Diagrama dos desvios de cada avaliador da atribuição de notas às unidades amostrais na Fase 2. ....	90

FIGURA 7.10	- Gráficos com as distribuições de frequência dos desvios e com as notas atribuídas pelo avaliador 01 em relação à média das outras seis notas para as unidades amostrais da Fase 2. ....	92
FIGURA 7.11	- Gráficos com as distribuições de frequência dos desvios e com as notas atribuídas pelo avaliador 02 em relação à média das outras seis notas para as unidades amostrais da Fase 2. ....	93
FIGURA 7.12	- Gráficos com as distribuições de frequência dos desvios e com as notas atribuídas pelo avaliador 03 em relação à média das outras seis notas para as unidades amostrais da Fase 2. ....	94
FIGURA 7.13	- Gráficos com as distribuições de frequência dos desvios e com as notas atribuídas pelo avaliador 04 em relação à média das outras seis notas para as unidades amostrais da Fase 2. ....	95
FIGURA 7.14	- Gráficos com as distribuições de frequência dos desvios e com as notas atribuídas pelo avaliador 05 em relação à média das outras seis notas para as unidades amostrais da Fase 2. ....	96
FIGURA 7.15	- Gráficos com as distribuições de frequência dos desvios e com as notas atribuídas pelo avaliador 06 em relação à média das outras seis notas para as unidades amostrais da Fase 2. ....	97
FIGURA 7.16	- Gráficos com as distribuições de frequência dos desvios e com as notas atribuídas pelo avaliador 07 em relação à média das outras seis notas para as unidades amostrais da Fase 2. ....	98
FIGURA 7.17	- Comparação gráfica entre média, desvios padrões e coeficientes de variação dos avaliadores na avaliação das unidades amostrais da Fase 2. ....	101
FIGURA 7.18	- Gráfico com as 1000 diferenças entre as médias. ....	105
FIGURA 7.19	- Representação gráfica da contagem dos desvios da média. ....	106
FIGURA 7.20	- Gráfico de notas atribuídas aos trechos experimentais da Fase 2 ordenadas pela média de notas do painel. ....	107
FIGURA 7.21	- Gráfico das notas transformadas dos trechos experimentais da Fase 2 ordenadas pela média de notas dos 7 avaliadores. ....	108
FIGURA 7.22	- Distribuição de frequência para os trechos experimentais da Fase 2. ....	109
FIGURA 7.23	- Gráfico de correlação entre todas as notas de cada trecho experimental da Fase 2 e suas respectivas médias. ....	110
FIGURA 7.24	- Diagrama dos desvios de cada avaliador na atribuição de notas aos	

	trechos experimentais na Fase 2. ....	111
FIGURA 7.25	- Comparação gráfica entre média, desvios padrões e coeficientes de variação dos avaliadores na avaliação dos trechos experimentais da Fase 2. ....	112
FIGURA 7.26	- Gráfico com os $ICENP_{PAINEL}$ e $ICENP_{EATON}$ das unidades amostrais da Fase 2. ....	115
FIGURA 7.27	- Gráficos com os $ICENP_{PAINEL}$ e $ICENP_{EATON}$ dos trechos experimentais da Fase 2. ....	115
FIGURA 7.28	- Gráfico de correlação entre os $ICENP_{PAINEL}$ . ....	117
FIGURA 7.29	- Gráficos de valores-dedução para o defeito seção transversal inadequada com dados da Fase 2. ....	119
FIGURA 7.30	- Gráfico de correlação entre todas as notas do defeito seção transversal inadequada da Fase 2 e suas respectivas médias. ....	120
FIGURA 7.31	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito seção transversal inadequada de severidade baixa na Fase 2. ....	122
FIGURA 7.32	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito seção transversal inadequada de severidade média na Fase 2. ....	124
FIGURA 7.33	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito seção transversal inadequada de severidade alta na Fase 2. ....	125
FIGURA 7.34	- Gráficos de valores-dedução para corrugações/ondulações com dados da Fase 2. ....	127
FIGURA 7.35	- Gráfico de correlação entre todas as notas do defeito ondulações/corrugações da Fase 2 e suas respectivas médias. ....	128
FIGURA 7.36	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito ondulações/corrugações de severidade baixa na Fase 2. ....	129
FIGURA 7.37	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito ondulações/corrugações de severidade média na Fase 2. ..	131
FIGURA 7.38	- Gráfico de correlação entre todas as notas do defeito poeira da Fase 2 e suas respectivas médias. ....	133
FIGURA 7.39	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito poeira de severidade baixa na Fase 2. ....	134
FIGURA 7.40	- Gráficos de valores-dedução para o defeito buracos/panelas com	



	dados da Fase 2. ....	137
FIGURA 7.41	- Gráfico de correlação entre todas as notas do defeito buracos/panelas da Fase 2 e suas respectivas médias. ....	138
FIGURA 7.42	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito buracos/panelas de severidade baixa na Fase 2. ....	139
FIGURA 7.43	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito buracos/panelas de severidade média na Fase 2. ....	140
FIGURA 7.44	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito buracos/panelas de severidade alta na Fase 2. ....	142
FIGURA 7.45	- Esquema de medidas do defeito afundamento nas trilhas de rodas. ....	143
FIGURA 7.46	- Gráficos de valores-dedução para afundamento nas trilhas de rodas com dados da Fase 2. ....	145
FIGURA 7.47	- Gráfico de correlação entre todas as notas do defeito afundamento nas trilhas de rodas da Fase 2 e suas respectivas médias. ....	146
FIGURA 7.48	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito afundamento nas trilhas de rodas de severidade baixa na Fase 2. ....	147
FIGURA 7.49	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito afundamento nas trilhas de rodas de severidade média na Fase 2. ....	149
FIGURA 7.50	- Gráficos de valores-dedução para o defeito segregação de agregados com dados da Fase 2. ....	151
FIGURA 7.51	- Gráfico de correlação entre todas as notas do defeito segregação de agregados da Fase 2 e suas respectivas médias. ....	152
FIGURA 7.52	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito segregação de agregados de severidade baixa na Fase 2. ..	153
FIGURA 7.53	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito segregação de agregados de severidade média na Fase 2. ..	155
FIGURA 7.54	- Gráficos de valores-dedução para o defeito areião com dados da Fase 2. ....	157
FIGURA 7.55	- Gráfico de correlação entre todas as notas do defeito areiões da Fase 2 e suas respectivas médias. ....	158
FIGURA 7.56	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito areiões de severidade baixa na Fase 2. ....	160

FIGURA 7.57	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito areiões de severidade média na Fase 2. ....	161
FIGURA 7.58	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito areiões de severidade alta na Fase 2. ....	163
FIGURA 7.59	- Gráficos de valores-dedução para erosão com dados da Fase 2. ....	165
FIGURA 7.60	- Gráfico de correlação entre todas as notas do defeito erosões da Fase 2 e suas respectivas médias. ....	166
FIGURA 7.61	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito erosões de severidade baixa na Fase 2. ....	167
FIGURA 7.62	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito erosões de severidade média na Fase 2. ....	168
FIGURA 7.63	- Gráfico de comparação de desvios de cada avaliador no defeito erosões de severidade alta na Fase 2. ....	169
FIGURA 7.64	- Gráficos de valores-dedução para o defeito facão com dados da Fase 2. ....	171
FIGURA 7.65	- Gráfico de correlação entre todas as notas do defeito facão da Fase 2 e suas respectivas médias. ....	172
FIGURA 7.66	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito facão de severidade baixa na Fase 2. ....	173
FIGURA 7.67	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito facão de severidade média na Fase 2. ....	174
FIGURA 7.68	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito facão de severidade alta na Fase 2. ....	176
FIGURA 7.69	- Gráfico de valores-dedução para o defeito trincas de retração provenientes das notas atribuídas diretamente ao defeito e às unidades amostrais da Fase 2. ....	178
FIGURA 7.70	- Gráfico de correlação entre todas as notas do defeito trincas de retração da Fase 2 e suas respectivas médias. ....	179
FIGURA 7.71	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito trincas de retração de severidade baixa na Fase 2. ....	180
FIGURA 7.72	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito trincas de retração de severidade média na Fase 2. ....	182
FIGURA 7.73	- Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito trincas de retração de severidade alta na Fase 2. ....	184

## LISTA DE TABELAS

---

TABELA 2.1	- Extensão total em quilômetros das rodovias não pavimentadas em cada região brasileira nos anos de 1995, 1997 e 1999. ....	9
TABELA 2.2.	- Níveis de severidade para o defeito buracos/panelas (ODA, 1995) .	12
TABELA 3.1	- Resultado das análises das variáveis de classificação (NAIR & HUDSON, 1986) .....	24
TABELA 3.2	- Limites de IGG (DNER-PRO 008/94) .....	28
TABELA 3.3	- Escala de classificação para avaliação da condição da camada de rolamento em estradas de cascalho (JÄMSÄ, 1983) .....	30
TABELA 3.4	- Descrição das Especificações de Classificação (RIVERSON et al., 1987) .....	32
TABELA 3.5	- Escala de classificação de acordo com o URCI (EATON et al., 1987a) .....	35
TABELA 3.6	- Escala de classificação de acordo com o ERCI (ABDELRAHMAN & SHARAF, 1991) .....	37
TABELA 3.7	- Escala de classificação de estradas de cascalho do Sistema GRAVEL PASER (WALKER, 1991) .....	39
TABELA 4.1	- Custos médios para as atividades de manutenção e reabilitação de estradas de terra e cascalho relativos a junho de 1980 (ROBERTS & ROBINSON, 1983) .....	42
TABELA 5.1	- Escala de classificação de acordo com o PCI (HEADQUARTERS DEPARTMENT OF THE ARMY, 1982). ....	47
TABELA 6.1	- Relação de trechos e unidades amostrais existentes em cada estrada selecionada na Fase 1. ....	62
TABELA 6.2	- Relação de trechos e unidades amostrais existentes em cada estrada selecionada na Fase 2. ....	64
TABELA 6.3	- Escala de classificação para o trecho e unidade amostral utilizada na Fase 1. ....	69
TABELA 6.4	- Escala de classificação para os defeitos. ....	73
TABELA 6.5	- Escala de classificação para o trecho e unidade amostral utilizada na Fase 2. ....	75
TABELA 7.1	- Desvios absolutos médios dos avaliadores para cada defeito da	

	Fase 1. ....	82
TABELA 7.2	- Desvios absolutos médios dos avaliadores nas avaliações dos trechos e unidades amostrais na Fase 1. ....	83
TABELA 7.3	- Resumo das variâncias médias, desvios padrões médios e coeficientes de variação médios das notas atribuídas aos defeitos na Fase 1. ....	84
TABELA 7.4	- Resumo das variâncias médias, desvios padrões médios e coeficientes de variação médios das notas atribuídas aos trechos e unidades amostrais na Fase 1. ....	84
TABELA 7.5	- Resultados da análise estatística do conjunto de dados originais e transformados das 140 unidades amostrais da Fase 2. ....	87
TABELA 7.6	- Dados estatísticos para comparação do desempenho de cada avaliador, na atribuição de notas às unidades amostrais, com relação aos sete conjuntos de seis avaliadores. ....	89
TABELA 7.7	- Dados estatísticos para comparação do desempenho de cada média avaliador, na atribuição de notas às unidades amostrais, em relação à dos outros seis avaliadores. ....	90
TABELA 7.8	- Comparações de médias e teste de hipóteses para cada avaliador das notas atribuídas às unidades amostrais. ....	103
TABELA 7.9	- Resultado estatístico das 1000 diferenças entre as médias. ....	105
TABELA 7.10	- Contagem dos desvios da média. ....	105
TABELA 7.11	- Resultados da análise estatística do conjunto de dados originais e transformados dos 14 trechos experimentais da Fase 2. ....	108
TABELA 7.12	- Dados estatísticos para comparação do desempenho de cada em avaliador, na atribuição de notas aos trechos experimentais, relação à média dos outros seis avaliadores. ....	110
TABELA 7.13	- Dados estatísticos para comparação do desempenho de cada avaliador, na atribuição de notas aos trechos experimentais, com relação aos sete conjuntos de seis avaliadores. ....	111
TABELA 7.14	- Comparações de médias e teste de hipóteses para cada avaliador das notas atribuídas aos trechos experimentais. ....	113
TABELA 7.15	- Resumo dos resultados da avaliação das condições dos trechos pelo método de EATON et al. (1987a). ....	116
TABELA 7.16	- Comparação dos valores-dedução médios atribuídos em campo ao valor-dedução atribuído por EATON et al. (1987a) para	

	poeira com severidade baixa. ....	133
TABELA 7.17	- Níveis de severidade para o defeito buracos/panelas. ....	136
TABELA 7.18	- Níveis de severidade para o defeito erosão. ....	164

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

---

AASHO	American Association of State Highway Officials
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ASPLA	Assessoria de Planejamento
CDV	Corrected Deduct Value
CERL	U. S. Army Construction Engineering Research Laboratory
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DOV	Departamento de Obras e Viação
ERCI	Earth Roads Condition Index
ES	Especificação
FHWA	Federal Highway Administration
GEIPOT	Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes
ICENP	Índice de Condição da Superfície da Estrada Não Pavimentada
IGG	Índice de Gravidade Global
PCI	Pavement Condition Index
PCRs	Pavement Condition Ratings
PMSC	Prefeitura Municipal de São Carlos
PRO	Procedimento
PSI	Present Serviceability Index
PSR	Present Serviceability Rating
TDV	Total Deduct Value
URCI	Unsurfaced Road Condition Index
VSA	Valor de Serventia Atual

## RESUMO

---

Este trabalho trata do estudo para adaptação de um método de classificação de estradas não pavimentadas às condições encontradas em campo no município de São Carlos-SP. O trabalho foi desenvolvido a partir de avaliações subjetivas e objetivas levadas a efeito por um painel de avaliadores que executou levantamento de campo planejado, com base nas informações contidas nos relatórios técnicos sobre o desenvolvimento de dois métodos de classificação das condições de estradas - método do *Pavement Condition Index* e método do *Unsurfaced Road Condition Index*. O painel de avaliadores atribuiu notas a 140 unidades amostrais de 30 metros de comprimento, a cada defeito presente na unidade amostral e aos 14 trechos estudados. Paralelamente, cada unidade amostral e cada trecho receberam uma classificação de acordo com o método do *Unsurfaced Road Condition Index*. Concluiu-se que, para o presente estudo, não há correlação entre os resultados da avaliação subjetiva executada apenas com o emprego de uma escala de notas e da objetiva, calculada segundo o método do *Unsurfaced Road Condition Index*. Conclui-se também que a avaliação subjetiva global do trecho tem uma boa correlação com a avaliação subjetiva do conjunto das unidades amostrais que compõem o referido trecho, indicando ser coerente a avaliação do painel de avaliadores.

Palavras-chaves: estrada não pavimentada; painel de avaliadores; avaliação subjetiva; valores de ponderação; defeitos; método de classificação.

## ABSTRACT

---

This work deals with a study for adapting an unpaved road rating method to the field condition prevailing in São Carlos County. The research was carried out through subjective and objective evaluations performed by a panel of raters during field inspections. The experiment was planned accordingly to the technical reports information about the development of two roads condition rating methods – the *Pavement Condition Index* and the *Unsurfaced Road Condition Index*. The panel rated 140 sample unities of 30m long attributing a value for the unity, for each defect they have and for 14 road sections studied. The ranks were also calculated accordingly to *Unsurfaced Road Condition Index* method. It was concluded that, for the present research, there is no correlation between the subjective evaluation executed with a simple scale and the objective rating calculated following the *Unsurfaced Road Condition Index* method. It was also concluded that the global subjective rank of the road section has a good correlation with the subjective rank of the set of sample unities that composes this section, indicating the coherence of the rating panel evaluation.

Key-words: unpaved roads; panel of raters; subjective evaluation; distresses; weighted values; rating method.



# 1. INTRODUÇÃO

---

## 1.1. APRESENTAÇÃO

As estradas não pavimentadas, ou estradas de terra, representam um papel muito importante no desenvolvimento sócio-econômico de uma região, pois são responsáveis pelo escoamento da produção agrícola e pela integração entre o campo e a cidade através do acesso da comunidade rural aos serviços de saúde, educação e lazer nas cidades próximas.

Essas estradas constituem uma grande parcela da rede rodoviária de países em desenvolvimento, sendo na maior parte pertencentes à rede municipal. Sua manutenção geralmente é feita de maneira empírica, sem preocupar-se com os tipos e as prováveis causas dos defeitos existentes para a determinação da atividade de correção mais eficiente.

A avaliação das condições de uma estrada, seja de que material for, é essencial para uma boa gerência a fim de auxiliar o emprego dos recursos disponíveis a partir da conveniente seleção de atividades de manutenção. Para tanto, existe a necessidade de desenvolvimento de métodos que sejam de baixo custo, razoavelmente simples e confiáveis, ou seja, compatíveis com as condições do local de aplicação.

O uso de métodos de avaliação da condição de estradas não pavimentadas elaborados para condições totalmente diferentes das encontradas no Brasil podem gerar resultados divergentes aos da real situação em campo, justificando desta forma a pesquisa nesta área.

## 1.2. JUSTIFICATIVA E OBJETIVO

A caracterização de parte da rede municipal de estradas não pavimentadas da região de São Carlos foi realizada por ODA (1995), tendo como base o método de classificação das condições de estradas não pavimentadas de EATON et al. (1987a). Porém, algumas dificuldades foram encontradas na aplicação deste método. As dificuldades estavam relacionadas às características dos defeitos. Durante o levantamento, certos tipos de defeitos observados nas estradas não eram mencionados no método de EATON et al. (1987a), o que tornou necessária uma aproximação a outros tipos de defeitos similares aos considerados neste método. Outro importante ponto com relação aos defeitos, é que em certos casos as maiores dimensões dos defeitos descritos no método usado eram as menores dentre as encontradas em campo. Havia também a dificuldade de seguir as definições para a identificação dos defeitos locais. Esses tipos de limitações ocorridas resultaram numa caracterização distante da realidade.

Tendo em vista as restrições apresentadas pelo método de EATON et al. (1987a), propõe-se o estudo para uma adaptação deste método de classificação de estradas não pavimentadas. O objetivo principal é verificar, de acordo com o procedimento de campo utilizado, se é possível para um painel de avaliadores gerar dados satisfatórios para o desenvolvimento de um método semelhante ao de EATON et al. (1987a) que considere as características da região estudada. Para alcançar tal objetivo foram determinados como metas parciais:

- Comparar os resultados obtidos pelo método de EATON et al. (1987a) aos resultados provenientes do painel de avaliação;
- Analisar a homogeneidade entre os avaliadores;
- Analisar a coerência nas notas atribuídas durante o levantamento;
- Analisar a possibilidade de construção de gráficos semelhantes aos do método de EATON et al. (1987a) a partir dos resultados do levantamento realizado pelos avaliadores.

### 1.3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende algumas estradas não pavimentadas do município de São Carlos. Este município está localizado na região central do Estado de São Paulo a 244 km da capital, estando sua posição geográfica entre as coordenadas 21°36' - 22°10' S e 47°43' - 48°06'WG.



FIGURA 1.1. Mapa resumido do Estado de São Paulo.

De acordo com o último censo realizado pelo IBGE em 1996 (IBGE 2000), a população total do município era de 175.517 habitantes, distribuídos numa área de aproximadamente 1.132 km<sup>2</sup>. A renda per capita é considerada uma das maiores do país sendo estimada em R\$ 7 mil anuais.

Quanto à economia, São Carlos possui uma rede variada de atividades que vão desde a agroindústria (com destaque à produção de leite, cana-de-açúcar, café, laranja e soja) até a mineradora, destacando a extração nos portos de areia e pedreiras de arenito e basalto.

A cidade, que tem uma altitude média de 856 m, possui clima temperado de altitude com temperatura média máxima da ordem de 26,9°C e mínima de 6,2°C. A

precipitação anual compreende variações de 1100mm até 1500 mm. Apresenta um inverno seco e verão chuvoso que correspondem respectivamente aos meses de abril a setembro e outubro a março.

#### **1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO**

O trabalho encontra-se dividido em 8 capítulos com a seguinte distribuição:

*Capítulo 2* - Contém relevantes considerações sobre as estradas não pavimentadas onde são abordadas suas características, categorias, situação nacional e os principais tipos de defeitos encontrados no Brasil, bem como as causas de seu surgimento;

*Capítulo 3* – São abordadas duas formas de avaliação – subjetiva e objetiva - das condições da superfície de estradas e alguns métodos empregados em superfícies não pavimentadas encontrados na bibliografia pesquisada;

*Capítulo 4* – Capítulo constituído por um apanhado sobre a manutenção de estradas, mostrando a importância do planejamento de programas de manutenção, as principais atividades de manutenção a serem empregadas, o custo médio envolvido na manutenção, as conseqüências das falhas da manutenção e o procedimento seguido no município de São Carlos;

*Capítulo 5* – É relatado o processo de desenvolvimento de dois métodos de classificação da condição das estradas – o do *Pavement Condition Index* e do *Unsurfaced Road Condition Index* – os quais foram de extrema importância para o desenvolvimento do procedimento experimental deste trabalho, detalhado no *Capítulo 6*;

*Capítulo 7* – Estão relatados os principais resultados obtidos na pesquisa e algumas conclusões parciais;

*Capítulo 8* – Apresentam-se as principais conclusões e algumas sugestões para trabalhos posteriores.

## **2. CONSIDERAÇÕES SOBRE AS ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS**

---

### **2.1. O QUE SÃO ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS**

Grande parte da rede rodoviária na maioria dos países é constituída de estradas não pavimentadas. Essas estradas geralmente se localizam em áreas rurais e segundo KOCH & MOAVENZADEH (1979) representam um importante meio de desenvolvimento, estimulando o crescimento local, dando acesso aos serviços sociais e servindo para integrar a população rural dentro da economia global.

As estradas não pavimentadas são geralmente constituídas por solo local com ou sem adição de agregados, decorrentes de sua manutenção, não possuindo, segundo RIVERSON et al. (1986) e EATON et al. (1987a), revestimentos de concreto asfáltico, cimento Portland ou qualquer tratamento superficial. São caracterizadas como estradas de baixo volume de tráfego por possuírem volume diário médio de 0 a 400 veículos, podendo ser um pouco maior devido sua proximidade a áreas urbanas ou época do ano (DOBSON & POSTILL, 1983).

Suas larguras variam muito e são modificadas de acordo com a necessidade. É muito comum também se encontrar nestas estradas o crescimento de vegetações dificultando o escoamento das águas ou até mesmo a visibilidade dos usuários. Quanto a visibilidade dos usuários, em épocas de seca há um agravante devido à poeira provocada pela passagem dos veículos.

Nestas estradas, os limites de velocidade não são estabelecidos, segundo DOBSON & POSTILL (1983) os usuários tendem a utilizar os limites determinados nas

estradas pavimentadas, mas as velocidades variam muito devido às condições de visibilidade e da superfície da estrada.

A característica principal destas estradas é que suas condições superficiais, segundo RIVERSON et al. (1986), mudam mais rapidamente do que as das estradas pavimentadas. Em consequência deste ciclo acelerado as estradas não pavimentadas têm, segundo EATON et. al. (1987a , 1987b), uma duração média de apenas 1 ou 2 anos, portanto muito inferior a das estradas pavimentadas que são planejadas para durarem de 5 a 20 anos.

### **2.1.1. Categorias das estradas não pavimentadas**

As estradas não pavimentadas podem ser separadas, segundo a AUSTROADS (1991), em três categorias: estradas não conformadas; conformadas e; conformadas e revestidas.

#### **2.1.1.1. Estradas não conformadas**

Este tipo pode variar desde uma trilha de duas rodas a uma estrada aberta sobre os materiais naturalmente ocorrentes no local. Com o aumento das atividades de nivelamento nestas vias ocorre o rebaixamento do leito natural, tornando-as encaixadas. Desse modo, a drenagem torna-se problemática e a água não consegue escoar da estrada. Outro problema é quando o material natural dessa estrada é argiloso dificultando o tráfego durante o período chuvoso. As Figuras 2.1 e 2.2 representam algumas estradas não conformadas.

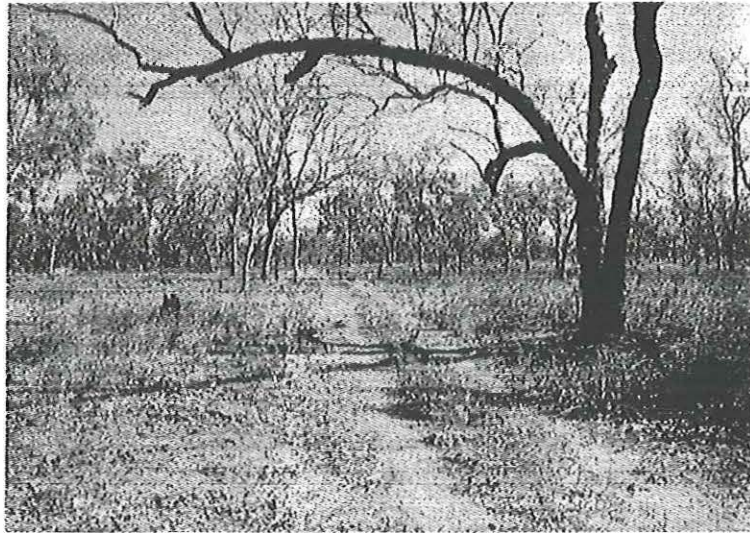


FIGURA 2.1. Estrada não conformada proveniente de uma trilha de rodas (AUSTROADS,1991)

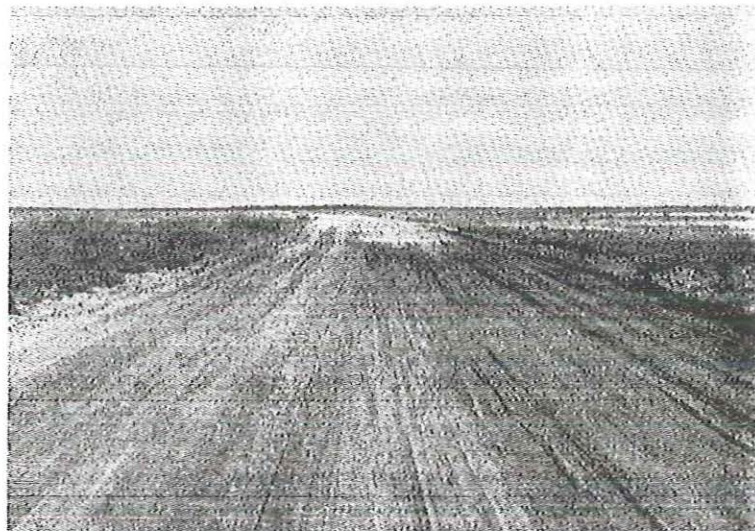


FIGURA 2.2. Estrada não conformada aberta sobre os materiais locais (AUSTROADS,1991)

#### **2.1.1.2. Estradas conformadas**

São estradas, conforme observado na Figura 2.3, conformadas por uma niveladora com o material do local por ela atravessado na tentativa de melhorar a drenagem. Este material é enfileirado no centro da estrada para dar a ela inclinação transversal e também elevá-la a um nível que esteja acima da superfície natural, ou seja, desencaixá-la.

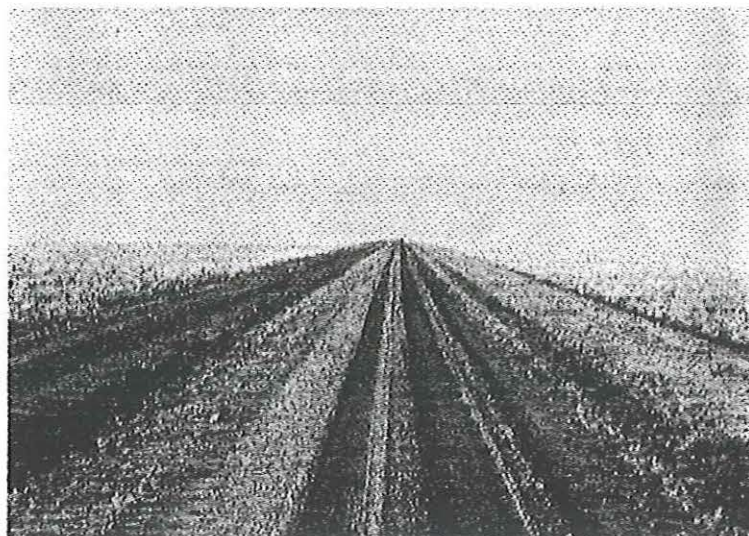


FIGURA 2.3. Estrada conformada por uma niveladora (AUSTROADS,1991)

#### 2.1.1.3. Estradas conformadas e revestidas

Algumas estradas conformadas têm o material local de baixa qualidade e apresentam problemas para suportar as cargas do tráfego. Desse modo, há a necessidade de revesti-las com um material de ocorrência natural, de qualidade superior e que esteja o mais próximo possível para evitar gastos excessivos. Ele deve possuir um teor de argila que proporcione uma adequada coesão durante os períodos secos e que restrinja o efeito de derrapagem na época de chuva. Na Figura 2.4 mostra-se uma fotografia de uma estrada conformada e revestida.



FIGURA 2.4. Estrada conformada e revestida (AUSTROADS,1991)



## 2.2. SITUAÇÃO DAS ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS NO BRASIL

As estradas não pavimentadas representam atualmente cerca de 90,5% das estradas do Brasil, sendo os outros 9,5% pertencentes à categoria pavimentada. Na Tabela 2.1 estão apresentados os dados retirados do GEIPOT (2000) correspondentes aos levantamentos feitos pelo DNER nos anos de 1995, 1997 e 1999 sobre a extensão total (em quilômetros) das rodovias não pavimentadas de cada região brasileira.

TABELA 2.1. Extensão total em quilômetros das rodovias não pavimentadas em cada região brasileira nos anos de 1995, 1997 e 1999.

Região	1995	1997	1999
Norte	87.959	87.247	91.128
Nordeste	355.289	355.097	360.683
<b>Sudeste</b>	427.310	427.011	<b>458.207</b>
Sul	431.141	430.738	443.648
Centro-Oeste	207.948	207.748	207.011
<b>Total</b>	<b>1.509.647</b>	<b>1.507.841</b>	<b>1.560.677</b>

A nível nacional, segundo o GEIPOT (2000), as estradas não pavimentadas do Estado de São Paulo representam aproximadamente 11%. Da malha não pavimentada apenas da região Sudeste, ou seja, a nível regional, aproximadamente 36,8% dessas estradas se localizam no Estado de São Paulo, sendo distribuídas nas seguintes categorias: 0,2% de rodovias estaduais transitórias (800 km); 0,2% de rodovias estaduais (1.074 km) e 36,4% de rodovias municipais (166.821 km).

## 2.3. DEFEITOS ENCONTRADOS EM ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS

Considera-se defeito “a evidência visível de uma condição indesejável na superfície de rolamento da estrada afetando a serventia, a capacidade estrutural ou a sua aparência” (AUSTROADS, 1987). Sua ocorrência é atribuída por DARTER & SHAHIN (1980) ao tráfego pesado, às condições climáticas e de drenagem.

Para uma correta tomada de decisões quanto às medidas de manutenção e reabilitação requeridas pelo pavimento é de extrema importância o conhecimento dos tipos mais freqüentes de defeitos ocorrentes numa estrada e suas prováveis causas.

### 2.3.1. Tipos e causas dos defeitos

Neste trabalho serão considerados aqueles defeitos identificados por ODA (1995) na caracterização de estradas municipais não pavimentadas no município de São Carlos, pois o objetivo é estudar uma forma para adaptação de um método de classificação de estradas não pavimentadas às condições desse município.

Partindo desta afirmação, esses defeitos e suas prováveis causas são descritos a seguir, tendo como base os trabalhos de EATON et al. (1987a), SANTOS et al. (1988) e de ODA (1995). Para cada defeito são também apresentados alguns níveis de severidade definidos por ODA (1995) para classificar a qualidade das estradas de acordo com o levantamento de campo realizado em seu trabalho, sendo desta forma que as faixas adotadas para algumas severidades são próprias para São Carlos.

#### 2.3.1.1. Seção transversal inadequada

Este defeito nada mais é que uma seção transversal que apresenta dificuldade de escoamento da água para as laterais da estrada. Sua ocorrência é causada pela execução do nivelamento da superfície (raspagem) sem posterior acréscimo de material, tornando a estrada encaixada no terreno. As seções mais comuns estão apresentadas nas Figuras 2.5, 2.6 e 2.7.



FIGURA 2.5. Seção transversal inadequada em calha



FIGURA 2.6. Seção transversal inadequada mista e encaixada



FIGURA 2.7. Seção transversal inadequada abaulada e encaixada

### 2.3.1.2. Ondulações/Corrugações

As ondulações ou corrugações, representadas na Figura 2.8, são “ondas” ou sulcos em intervalos regulares ou irregulares no sentido perpendicular à direção do tráfego. As ondulações regulares ocorrem em estradas planas e com solos arenosos, já as ondulações irregulares ocorrem em estradas com solos argilosos que ao secarem se contraem formando o defeito. A causa do seu surgimento é atribuída à falta de capacidade de suporte do subleito e pela ausência, ou deficiência, do sistema de drenagem. Seus níveis de severidade, segundo ODA (1995), podem ser estabelecidos em função dos tamanhos das placas.

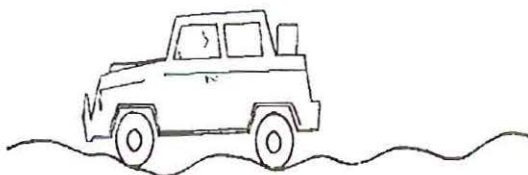


FIGURA 2.8. Defeito ondulações/corrugações (SANTOS et al., 1988).

### 2.3.1.3. Poeira

É verificada pela formação de uma nuvem de pó levantada pela passagem dos veículos na estrada. A poeira ocorre devido o excesso de material fino no leito da estrada, que durante o período de seca fica sem umidade, formando, com a ação abrasiva do tráfego, nuvens que causam riscos à segurança e reduzem a vida útil dos motores dos veículos. Este defeito está representado na Figura 2.9.

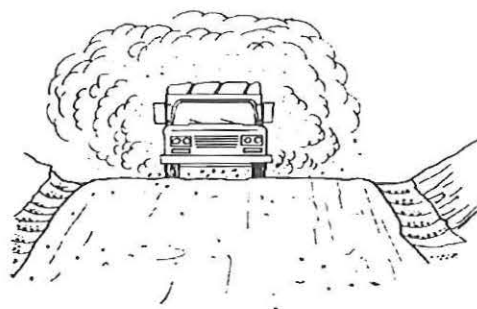


FIGURA 2.9. Difeito poeira (SANTOS et al., 1988).

#### 2.3.1.4. Buracos/Panelas

São depressões em forma de bacia produzidas pela contínua expulsão das partículas sólidas da superfície da estrada pelo tráfego onde há empoçamento de água. Os buracos aparecem devido à deficiência de drenagem, provavelmente ocasionada pela falta de abaulamento transversal. Na Tabela 2.2 estão, segundo ODA (1995), os níveis de severidade para o defeito.

TABELA 2.2. Níveis de severidade para o defeito buracos/panelas (ODA, 1995).

DIÂMETRO MÉDIO (m)	PROFUNDIDADE (cm)			
	< 5	5 – 15	15 – 25	> 25
< 1,50	BAIXO	MÉDIO	MÉDIO	ALTO
1,50 – 2,50	BAIXO	MÉDIO	ALTO	ALTO
2,50 – 3,50	BAIXO	MÉDIO	ALTO	ALTO
> 3,50	BAIXO	MÉDIO	ALTO	ALTO

#### 2.3.1.5. Afundamento nas trilhas de rodas

Trata-se de uma depressão, como pode ser observado na Figura 2.10, ocasionada nas trilhas formadas pelas rodas dos pneus dos veículos. A ação do tráfego causa em qualquer camada da estrada uma deformação permanente (não recuperável), principalmente em épocas de chuva, devido à baixa capacidade de suporte do subleito, bem como da ausência ou deficiência do sistema de drenagem.

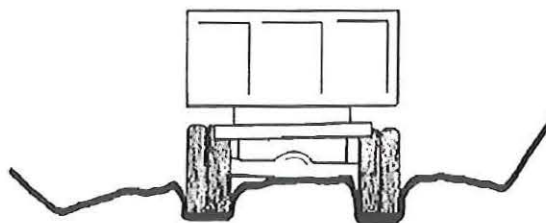


FIGURA 2.10. Defeito afundamento nas trilhas de rodas (SANTOS et al., 1988).

- *Níveis de severidade atribuídos por ODA (1995):*

Baixo: trilhas com profundidade menor que 0,05 m;

Médio: trilhas com profundidade entre 0,05 e 0,10 m;

Alto: trilhas com profundidade maior que 0,10 m.

#### 2.3.1.6. Segregação de agregados

A ação do tráfego provoca o lançamento de material granular para as laterais ou centro da estrada formando bermas. A segregação ocorre devido à adição de material granular para aumentar o atrito entre os pneus e a superfície de áreas argilosas, sem a adequada compactação. Devido à má compactação o material acaba se desagregando e ficando solto, com a passagem contínua dos veículos os agregados são jogados para fora do caminho das rodas.

- *Níveis de severidade atribuídos por EATON et al. (1987a):*

Baixo: bermas menores que 0,05 m de altura;

Médio: bermas entre 0,05 m e 0,10 m de altura;

Alto: bermas maiores que 0,10 m de altura.

#### 2.3.1.7. Areiões

O defeito areião ocorre em solos arenosos que em época de seca ficam soltos e devido à ação do tráfego e da água da chuva formam bermas nas laterais da estrada e

centro das trilhas das rodas dos veículos. A causa de sua formação é a pequena ou nenhuma existência de material ligante (argila) no solo.

- *Níveis de severidade atribuídos por ODA (1995):*

Baixo: bermas menores que 0,05 m de altura;

Médio: bermas entre 0,05 m e 0,15 m de altura;

Alto: bermas maiores que 0,15 m de altura.

### 2.3.1.8. Atoleiro

São poças de lama na superfície da estrada (Figura 2.11) onde não existe atrito entre o solo e os pneus do veículo, que “patinam” e têm dificuldade de sair do lugar. As causas deste problema são a falta de suporte do subleito e a ausência ou deficiência do sistema de drenagem. Devido à ocorrência de chuvas e à dificuldade do escoamento desta água, formam-se poças que permanecem cheias e saturam o solo, reduzindo sua resistência.

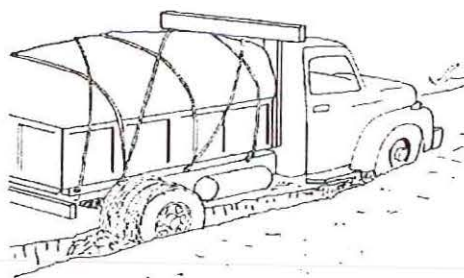


FIGURA 2.11. Defeito atoleiro (SANTOS et al., 1988).

### 2.3.1.9. Pista escorregadia

Nas áreas com pista escorregadia (Figura 2.12) os pneus dos veículos derrapam sobre uma fina camada de solo mole. Este problema é causado pela falta de atrito e aderência da pista, principalmente em trechos argilosos molhados pela água. A pista fica completamente escorregadia, levando riscos ao tráfego ou impossibilitando-o, principalmente quando se localizam em rampas.



FIGURA 2.12. Defeito pista escorregadia (SANTOS et al., 1988).

### 2.3.1.10. Erosões

São sulcos formados pela ação da água nos solos com baixa resistência à erosão e a sua causa está no sistema de drenagem inadequado. Os sulcos provocados pela ação da chuva na superfície da estrada vão aumentando até formar grandes ravinas como mostra a Figura 2.13.

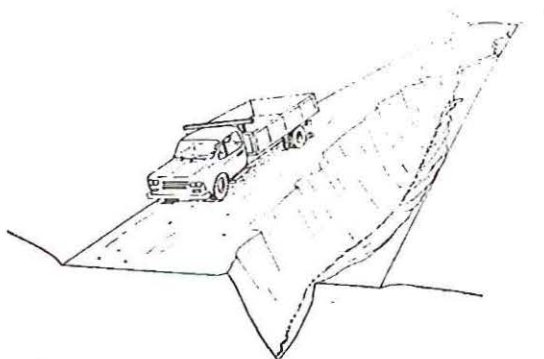


FIGURA 2.13. Defeito erosão (SANTOS et al., 1988).

- *Níveis de severidade atribuídos por ODA (1995):*

Baixo: sulcos com profundidades menores que 0,20 m e larguras menores que 0,10 m;

Médio: sulcos com profundidades entre 0,20 m e 0,60 m e largura entre 0,10 m e 0,30 m;

Alto: sulcos com profundidades maiores que 0,60 m e largura maiores que 0,30 m.

### 2.3.1.11. Facção

Resulta do lançamento de material da superfície da estrada para o centro e laterais, sem ocorrer o afundamento nas trilhas das rodas. O defeito é causado devido ao pouco tráfego e à falta de manutenção, que contribui para o crescimento de vegetação no centro da pista, dificultando a passagem dos veículos. Este tipo de defeito encontra-se em estradas arenosas e/ou onde há a presença de areiões.

- *Níveis de severidade atribuídos por ODA (1995):*

Baixo: Trilhas com profundidades menores que 0,05 m;

Médio: Trilhas com profundidades entre 0,05 m e 0,10 m;

Alto: Trilhas com profundidades maiores que 0,10 m.



### **3. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA SUPERFÍCIE DE ESTRADAS**

---

O uso de métodos de avaliação da condição superficial das estradas tem sido uma maneira de inspeção tradicionalmente usada pelos organismos rodoviários. Na opinião de GREENSTEIN & HUDSON (1994), a avaliação da superfície é o processo que visa determinar a integridade estrutural da superfície; tipo, quantidade e severidade dos defeitos; e a qualidade de viagem total da estrada, resumindo-se em um método racional e consistente de alocação dos limitados recursos, permitindo que o órgão rodoviário local seja capaz de priorizar as atividades de manutenção, determinar os efeitos das reduções orçamentárias e do adiamento de manutenções sobre as condições das estradas.

Na literatura pesquisada foi usual encontrar dois tipos de avaliações das condições da superfície de estradas, que serão abordadas a seguir: a avaliação subjetiva e a avaliação objetiva.

#### **3.1. AVALIAÇÃO SUBJETIVA**

##### **3.1.1. Uma breve história da avaliação subjetiva**

Anteriormente ao experimento conhecido como AASHO Road Test, as avaliações da serventia do pavimento eram subjetivamente julgadas pelos engenheiros, os quais se baseavam numa escala que considerava apenas duas situações: “satisfatória” e “não satisfatória”. Não havia uma forma abrangente para avaliar ou julgar o desempenho do pavimento (HUDSON, 1991).

O AASHO Road Test (1958-1961) foi um experimento realizado na pista experimental da AASHO (*American Association of State Highway Officials*, posteriormente modificada para *American Association of State Highway Transportation Officials – AASHTO*) e baseado em avaliações subjetivas. CAREY & IRICK (1960) afirmam que neste experimento foi reconhecido o papel do usuário de rodovias na formulação do conceito de notas (*Present Serviceability Rating*), correlacionando-as a um conjunto de dados de medidas físicas - o índice de serventia (*Present Serviceability Index – PSI*).

Esse sistema de serventia-desempenho do pavimento foi baseado nas seguintes suposições (CAREY & IRICK, 1960):

- As rodovias devem oferecer conforto e segurança aos usuários. Uma boa rodovia é aquela segura e confortável;
- A opinião do usuário sobre as condições da rodovia é muito subjetiva;
- Existem características da rodovia que podem ser medidas objetivamente e quando apropriadamente ponderadas e combinadas são relacionadas à avaliação subjetiva do usuário;
- A serventia de uma rodovia pode ser expressa pela média das avaliações dos usuários;
- Desempenho é uma avaliação da história de serventia de um pavimento.

### **3.1.2. Considerações sobre avaliação subjetiva**

A avaliação subjetiva determina a condição da superfície de um pavimento segundo o ponto de vista dos usuários. A partir da necessidade de desenvolver um índice que exprimisse a qualidade da superfície do pavimento, CAREY & IRICK (1960) definiram o conceito de serventia atual ou *Present Serviceability* – a habilidade de uma específica seção do pavimento de servir a um tráfego misto com alta velocidade e volume, na sua atual condição.

A determinação subjetiva desta serventia é expressa através de um valor definido como *Present Serviceability Rating (PSR)* ou, segundo normalizado no Brasil pelo DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem) em sua norma PRO 007-94, Valor de Serventia Atual (VSA). Durante a avaliação, o valor de serventia atual é obtido através da média de notas atribuídas ao pavimento por membros de um painel de avaliação destinados a representar a opinião dos usuários de uma rodovia, tendo em mente a seguinte pergunta: *“Como esta estrada me serviria se eu estivesse dirigindo meu carro sobre estradas como esta ao longo de todo o dia?”*.

Em tal procedimento, os avaliadores, devidamente treinados, percorrem os trechos das estradas na velocidade operacional neles permitida e, de dentro do veículo, atribuem notas subjetivas de acordo com uma escala de valores previamente definida, indicando sua sensação quanto ao conforto e suavidade ao rolamento. A Figura 3.1 contém o formulário usado durante as avaliações subjetivas do AASHO Road Test.

Aceitável? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Indeciso <input type="checkbox"/>		5 — Muito Bom 4 — Bom 3 — Regular 2 — Ruim 1 — Péssimo 0
Identificação da seção: Avaliador:	Data:	Classificação Horário:      Veículo:

FIGURA 3.1. Formulário individual de classificação do índice de serventia atual adaptado de CAREY & IRICK, 1960.

No decorrer da avaliação não deverá haver nenhum tipo de comentário entre os avaliadores, sendo que estes devem considerar somente o estado atual da superfície, ignorando o seu futuro. Segundo a norma DNER-PRO 007/94, não devem ser considerados também o aspecto do projeto geométrico, a resistência à derrapagem do revestimento, os cruzamentos rodoviários, as irregularidades nos acessos das pontes e aquelas ocasionais devido à recalques de bueiros; mas sim, os buracos, saliências,

irregularidades transversais e longitudinais da superfície. A avaliação deve ser realizada sob condições climáticas favoráveis, ou seja, sem chuva ou nevoeiro.

### **3.1.3. Aspectos psicológicos envolvidos no processo de avaliação**

A formação do juízo de cada avaliador está ligada a certos fatores de ordem externa que os influenciam psicologicamente na atribuição de suas impressões. Para entender melhor o que acontece quando da constituição da opinião, é necessário detalhar o processo pelo qual o avaliador passa até chegar ao resultado final, a nota.

Este processo depende da interação entre três partes: veículos, perfil longitudinal da superfície do pavimento e avaliador. Essa interação dinâmica é responsável pelo envio de um estímulo físico ao usuário, ou seja, as vibrações transmitidas pelo veículo ao se movimentar pelo pavimento, gerando neste indivíduo contínuas sensações. Mas nem sempre quando o mesmo estímulo é enviado ao avaliador em diferentes condições esse produz a mesma sensação, é justamente neste ponto que se percebe nitidamente a subjetividade deste processo (NAIR & HUDSON, 1986).

O processo de julgamento pelo avaliador se dá em dois campos: o da sensação e o da percepção. No campo da sensação estão os estímulos psicológicos recebidos através das ações do experimentador, suas instruções e os estímulos provenientes do objeto avaliado; o campo percepção compreende a reação e o julgamento do avaliador (nota). Tal processo se inicia quando são enviados ao usuário tais estímulos psicológicos, o qual reage formando o juízo (notas) sobre a qualidade do pavimento (NAIR & HUDSON, 1986).

A opinião dos usuários quando da atribuição de notas, segundo HUDSON (1991), pode ser influenciada pelas suas reações ao movimento, aparência da superfície do pavimento e a segurança. Possíveis erros sistemáticos, também discutidos por NAIR e HUDSON (1986), na formação desta opinião podem ocorrer e são apresentados a seguir.

- *Erro da leniência*: tendência de um avaliador considerar notas muito altas ou muito baixas qualquer que seja a razão.
- *Efeito halo*: tendência do avaliador de forçar a avaliação de um atributo em particular para a direção da impressão global do objeto avaliado.
- *Erro da tendência central*: hesitação por parte dos avaliadores em dar notas extremas, desta forma tendendo seguir a média das classificações do grupo.
- *Erro de ancoragem*: se refere à tendência dos avaliadores de escolher os pontos extremos da escala de classificação.

### **3.1.4. Procedimento para o preparo de uma avaliação subjetiva**

#### **3.1.4.1. Determinação do painel de avaliação**

##### *a. Quanto ao tamanho*

Vários estudos encontrados voltaram parte de sua atenção para o tamanho do painel de avaliadores com vistas a reduzir prováveis erros na classificação subjetiva das estradas.

No estudo conduzido por NAKAMURA & MICHAEL (1963) foi concluído que com o uso em avaliações subjetivas de painéis reduzidos podem ser obtidos resultados confiáveis. No estudo, os autores compararam os resultados de um painel de 30 elementos com os resultados de um painel de 10 elementos (retirados dos 30) e novamente com um painel de 3 componentes. Destas comparações concluiu-se que os coeficientes de correlação entre o PSR obtido com um painel de 10 e 30 elementos foi igual a 0,99, enquanto que o coeficiente de correlação entre o painel com 30 e 3 elementos apresentou coeficiente igual a 0,94.

No relato da avaliação de uma classificação subjetiva em estradas não pavimentadas no Estado de Indiana, RIVERSON et al. (1987) sustentaram que, de um modo geral, um painel de 5 a 10 membros é o suficiente para a obtenção de uma representativa classificação das estradas. Ainda segundo os autores, os esquemas que envolvem um número maior de avaliadores em bases rotineiras a um nível local atraem problemas financeiros e administrativos.

O estudo da serventia avaliada por um painel de usuários de ônibus conduzido por FWA & GAN (1989) forneceu a conclusão que quanto maior o número de avaliadores menor será o erro na classificação. De acordo com os resultados de seu estudo, um painel com cerca de 10 avaliadores pode avaliar a serventia de pavimentos com nível de confiança de 0,5 pontos em 95% das vezes, tanto em avaliações em ônibus quanto em carros.

No trabalho de CHOU & WU (1997) sugere-se que um grupo com 20 componentes é o suficiente para a avaliação, correspondendo ao alcance de um erro tolerável na classificação de  $\pm 3$  a um nível de confiança de 95% utilizando uma escala de classificação que vai de 0 (zero) a 5 (cinco).

Em outro estudo que se refere ao tamanho do painel, WEAVER & CLARK (1977) consideram que um painel com 6 membros é o suficiente para dar confiabilidade de  $\pm 0,5$  pontos numa escala de 5 valores com 95% de confiança, enquanto que um painel de 15 elementos mudará a confiabilidade para  $\pm 0,3$  pontos da escala com o mesmo grau de confiança.

Em Portugal, num estudo realizado para a caracterização da irregularidade longitudinal, PEREIRA & DELANNE (1999) relataram que numa primeira fase utilizaram nas avaliações subjetivas um painel profissional com 8 componentes, sendo 4 pertencentes à atividade rodoviária e os outros 4 pertencentes a instituições ligadas ao setor automobilístico. Na segunda fase do estudo foi decidido reduzir o número de elementos do painel para 6. A análise dos resultados das duas fases permitiu concluir que as duas classificações foram coerentes e não tiveram uma

diferença significativa, portanto a composição do painel de avaliadores com um número reduzido se mostrou válida, além de não haver importantes diferenças entre as avaliações dos elementos que participaram do painel inicial e os novos elementos.

*b. Quanto à composição*

Grande importância deve ser dada à escolha dos membros do painel de avaliação, afinal eles serão responsáveis pela representação da opinião de todos os usuários daquela estrada. CAREY & IRICK (1960) sugerem que os indivíduos sejam selecionados de vários segmentos de usuários com opiniões e atitudes divergentes.

Na opinião de WEAVER (1979) os avaliadores devem ser selecionados por sua habilidade de ser sincero, fazer julgamentos independentes e seguir instruções simples. Aquelas pessoas não licenciadas para dirigir e os engenheiros que estão acostumados a estudar os defeitos dos pavimentos como meio de julgamento de serventia não devem ser selecionados.

No estudo de JANOFF & NICK (1985), o qual utilizou 5 painéis, foram analisados vários fatores relacionados com as características dos elementos do painel: sexo; idade; experiência de condução; local de residência; velocidade do veículo e tamanho do veículo. De um modo geral, a partir dos resultados da pesquisa verificou-se que nenhuma influência em particular ficou evidente entre os fatores mencionados acima. Também verificaram não haver diferença significativa entre avaliações subjetivas provenientes de um painel formado com especialistas e um painel formado por leigos, ou seja, painéis compostos por ambos podem ser usados com igual sucesso numa avaliação.

NAIR & HUDSON (1986) também deram muita importância ao estudo de tais fatores que influenciam no julgamento dos avaliadores. Os resultados de todas as variáveis avaliadas neste estudo estão resumidos na Tabela 3.1.

TABELA 3.1. Resultados das análises das variáveis de classificação (NAIR &amp; HUDSON, 1986)

VARIÁVEL	EFEITO NA CLASSIFICAÇÃO
Posição no veículo	Não significativa
Avaliador: sexo, idade e profissão	Não significativa
Período (noite/dia)	Não significativa
Período (manhã/tarde)	Não significativa
Função no carro	Não significativa
Velocidade do veículo	Não significativa
Tamanho do veículo	Significante
Comprimento entre eixos das rodas dianteiras e traseiras do veículo	Significante
Fadiga do avaliador	Significante
Tipo de pavimento	Significante
Manutenção	Significante
Textura da superfície	Não significativa
Localização da rodovia	Não significativa
Largura da pista	Não significativa
Acostamento	Não significativa

#### 3.1.4.2. Treinamento do painel

O objetivo do treinamento é definir clara e precisamente os aspectos envolvidos na avaliação, para que os avaliadores fiquem cientes das regras e definições de tal avaliação antes de partirem definitivamente ao campo.

As instruções fornecidas aos avaliadores, segundo JANOFF & NICK (1985), são provavelmente as características mais importantes nas avaliações subjetivas e devem conter explicações dos seguintes aspectos:

- A característica da qualidade de viagem sendo avaliada;
- A forma de utilização da escala que será empregada;
- O processo de avaliação, incluindo as respostas às questões relativas a este processo;
- A confidencialidade das avaliações;
- As definições que os avaliadores devem compreender;
- Qualquer questão que os avaliadores poderão apresentar relativas às suas atividades, aos procedimentos, definições etc.



As diretrizes devem ser dadas aos avaliadores no início de cada período de avaliação a partir de um manual de instruções para remover o efeito de interpretação pessoal dos experimentadores. As questões provenientes durante o estudo devem ser esclarecidas pelo experimentador condutor da pesquisa sempre a todos os avaliadores uniformemente.

### **3.1.4.3. Escolha dos segmentos para avaliação**

Avaliar subjetivamente toda a extensão de uma rede rodoviária significaria um tempo relativamente grande para sua conclusão, como também implicaria em elevados custos. Deste modo, na maioria dos estudos são determinadas amostras consideradas como as mais representativas dessa população (extensão total da rede rodoviária).

Para a determinação dessa amostra é necessário a observação de um determinado número de parâmetros que permitam definir satisfatoriamente os segmentos para o estudo. Segundo PEREIRA & DELANNE (1999), os parâmetros mais importantes se referem a: extensão; número e características físicas.

#### *a. Extensão*

Durante a escolha da extensão, WEAVER & CLARK (1977) salientam que grande atenção deve ser dada na determinação de um tamanho mínimo de segmento de estudo que permita que o avaliador tenha tempo suficiente para adquirir uma percepção estabilizada do estímulo transmitido a partir da superfície do pavimento. Quando a extensão é muito elevada o avaliador corre o risco de “esquecer” o estímulo inicial, levando em consideração apenas o estímulo percebido nos últimos metros do segmento avaliado.

Relativo ao comprimento desses segmentos, nos ensaios conduzidos pela AASHO foram adotadas extensões de aproximadamente 300m para a realização das avaliações. O DNER (1983) recomenda que estas devam variar entre 300 m a 2 km, salientando que comprimentos inferiores a esse limite são insuficientes; e os muitos

extensos, ou seja, que estejam além desse limite, podem apresentar uma grande variação nas suas características, desencadeando resultados médios não significantes.

#### *b. Número*

O número de segmentos necessários para a avaliação encontrados em diferentes estudos varia bastante na ordem de 18, 24, 31 até 50 ou mais.

Para qualquer tipo de estudo, segundo PEREIRA & DELANNE (1999), deveria ser adotado o maior número possível de segmentos de estudo para que fossem obtidos resultados com maior validade estatística, mas por razões de racionalização de recursos este número pode ser reduzido ao mínimo considerado suficiente.

#### *c. Características físicas*

As características físicas dos segmentos utilizados na avaliação devem ser analisadas com cuidado para que não influenciem no resultado final da avaliação do painel. Esses segmentos devem ser relativamente homogêneos e não devem conter características muito diferentes dos metros que o antecedem para que sua avaliação não seja influenciada (WEAVER & CLARK, 1977).

De uma forma bem resumida, algumas das características que devem ser consideradas na escolha dos locais a serem avaliados, sugeridas por PEREIRA & DELLANE (1999), estão relacionadas a seguir:

- Proximidade entre os locais de avaliação, para evitar a fadiga dos avaliadores;
- Uniformidade e pouca “severidade” do traçado;
- Uniformidade do ambiente da estrada além de pouca agressividade visual, para evitar dispersões por parte do painel de avaliação.

### 3.2. AVALIAÇÃO OBJETIVA

Neste item procura-se estabelecer uma visão geral sobre a avaliação objetiva e os métodos utilizados, com base em HASS et al. (1994), DNER-PRO 008/94 e DNER-ES-128/83.

Este tipo de avaliação das condições da superfície sustenta-se em dados coletados a respeito dos defeitos existentes na seção da estrada a ser analisada, ou seja, tipo de defeito, severidade e densidade. A avaliação objetiva, também chamada de levantamento de defeitos superficiais, pode ser executada de duas maneiras: caminhadas ao longo da seção ou num veículo em movimento.

As caminhadas de levantamento produzem dados mais precisos sobre a condição da amostra avaliada, mas consomem muito tempo e impossibilitam o levantamento total da superfície de uma rede de estradas. Sendo assim, as agências rodoviárias usam esta forma de levantamento em apenas uma porção ou amostra da rede.

O levantamento feito enquanto se dirige um veículo, a baixa velocidade (6,4 km/h a 16 km/h), ao longo da seção é usado por vários organismos. Embora este método possua a vantagem de cobrir a maior quantidade ou a totalidade da rede, a qualidade dos dados coletados não é tão boa quanto a da caminhada de levantamento. Porém, é perfeitamente aceitável que estas metodologias sejam combinadas dentro de um único levantamento de defeitos, ou seja, levantamento através de um veículo e caminhada de levantamento.

Para o levantamento de defeitos é necessário que os tipos a serem considerados sejam selecionados e cuidadosas definições da aparência de cada um seja estabelecida. As definições devem estar escritas e acompanhadas por fotografias ou figuras que ajudem na sua identificação, incluindo sustentações para avaliar a severidade e medir sua extensão.

O DNER sugere dois procedimentos para a avaliação objetiva das condições de superfícies pavimentadas. O primeiro deles é uma avaliação baseada num índice capaz de expressar uma qualificação do estado geral de um pavimento em função da incidência de defeitos. Este índice é chamado de IGG (Índice de Gravidade Global), o qual indica as condições de serventia do pavimento mediante a contagem, a classificação de ocorrências aparentes e a medida de deformações permanentes nas trilhas de rodas. Através dos limites atribuídos ao IGG as estradas recebem conceitos que conferem a elas o grau de deterioração atingido, de acordo com a Tabela 3.2. Já o segundo procedimento considera, para a avaliação objetiva, dados levantados sobre defeitos em segmentos testemunhas julgados homogêneos, permitindo deste modo calcular a percentagem da área afetada por cada tipo de defeito levantado.

TABELA 3.2. Limites de IGG (DNER PRO-008/94)

Conceito	Limites de IGG
Bom	0-20
Regular	20-80
Mau	80-150
Péssimo	150-500

Em função da baixa produtividade dos levantamentos realizados de forma manual, aliada aos riscos dos avaliadores na estrada, à variabilidade entre as avaliações e tamanhos inadequados de amostras, as técnicas automatizadas têm sido encorajadas. Desta forma, equipamentos e métodos, como o Sistema *Pasco Roadrecon*, Sistema *Gerpho*, *Automatic Road Analyzer* (ARAN), *Laser Road Surface Tester* (RST), foram desenvolvidos com intuito de agilizar, diminuir o grau de variância de dados e o perigo dos avaliadores nas estradas. Estes equipamentos não serão aqui detalhados por fugirem ao objetivo do trabalho.

Mas mesmo com a possibilidade de eliminação pela automatização e a produção de equipamentos, no geral, o levantamento de defeitos superficiais ainda é muito executado por observações humanas no campo.

### **3.3. ALGUNS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE APLICADOS EM ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS**

Alguns métodos foram desenvolvidos para avaliar as condições da superfície de rolamento das estradas não pavimentadas. Os objetivos destes métodos são verificar as condições da via, proporcionar uma adequada seleção de atividades de manutenção e, conseqüentemente, a alocação dos recursos disponíveis. Abaixo são descritos alguns dos métodos utilizados para tal prática.

#### **3.3.1. Avaliação das condições de estradas de cascalho - Padrão de qualidade do *Road and Waterways Administration* (TVH)**

Um método de avaliação das condições de estradas de cascalho na Finlândia através de uma visão subjetiva é descrita por JÄMSÄ (1983). Segundo este autor, a condição da estrada é atribuída utilizando-se uma escala de 0 a 5, onde cada nota corresponde às descrições da superfície de rolamento. Este padrão de qualidade é utilizado pelos órgãos rodoviários locais para decidirem quando as estradas requerem manutenção. Na Tabela 3.3 é relacionada a escala de classificação para a avaliação da condição das estradas de cascalho.

Este tipo de avaliação depende muito da subjetividade dos avaliadores que deverão dar o seu “veredicto” de acordo com a escala utilizada (quanto mais alta a nota, melhor é o estado da estrada). Em decorrência das condições superficiais de uma estrada não pavimentada ser muito diversificada, encontra-se um ponto problemático no método quanto a imposição das características de classificação. O estado da superfície não pavimentada ao longo de uma região muda muito e os problemas não aparecem sistematicamente, sendo então que qualquer situação diferente daquela estabelecida para cada intervalo de notas extrapola os resultados fornecidos pela escala do método, principalmente no Brasil que possui uma realidade bem diferente da qual e para a qual ele foi desenvolvido.

TABELA 3.3. Escala de classificação para a avaliação da condição da camada de rolamento em estradas de cascalho (JÄMSÄ, 1983)

Avaliação	Condição
4.1 – 5.0	Superfície de estrada manteve sua forma e está muito igual e firme; possível irregularidade de superfície não afeta conforto de viagem.
3.1 – 4.0	Superfície de estrada manteve sua forma e está igual e firme; alguns buracos isolados aqui e ali; nenhum pó; velocidade de percurso pode ser mantida, apesar da irregularidade.
2.1 – 3.0	A superfície de estrada manteve sua forma e está a maior parte igual e firme; pequenos buracos e irregularidades locais; presença de pó; buracos e pontos irregulares podem ser evitados, ou a velocidade de percurso pode ser mantida; necessário adotar velocidade de corrida mais baixa para dar passagem para a ultrapassagem ou para aproximação de veículos.
1.1 – 2.0	A forma da seção transversal da estrada pode ter mudado um pouco; algumas ondulações na superfície; sedimentos ou protuberâncias locais marcados com sinais de tráfego; pó moderado; às vezes é necessária velocidade de corrida mais baixa e devem ser evitados pontos irregulares
0.1 – 1.0	A forma da seção transversal da estrada mudou em vários pontos; superfície está irregular devido a buracos, ondulações, e ravinamentos; sedimentos e protuberâncias na estrada que não podem ser evitados; bastante pó; superfície da estrada deve ser constantemente assistida e freqüente variação da velocidade de corrida.

### 3.3.2. Classificação subjetiva de estradas municipais no Estado de Indiana (EUA)

A avaliação de um método de classificação subjetiva de estradas não pavimentadas de cascalho e pedra em Indiana foi conduzida por RIVERSON et al (1987). Esta avaliação consistiu da formação de dois painéis de avaliadores. Cada membro percorria as seções a uma velocidade de 64 km/h avaliando-as de acordo com o conforto de viagem, defeitos e velocidade média.

A qualidade de conforto de viagem foi estabelecida como alta, média e baixa. A qualidade de conforto alta significa que nenhuma redução da velocidade é necessária, apesar das vibrações serem notáveis e causarem um pouco de desconforto; na qualidade média, as vibrações do veículo são significantes, com algum desconforto e há a necessidade de uma pequena redução de velocidade. A baixa qualidade de conforto é designada para seções onde há excessivas vibrações do veículo, sendo necessário reduzir consideravelmente a velocidade, representando um substancial desconforto.

Os defeitos eram também avaliados e a porcentagem da superfície da rodovia coberta por eles registrada. A velocidade média era calculada através da medida do tempo levado para percorrer um determinado comprimento de seção. Os valores da avaliação variavam numa escala de 0 a 5, onde o valor zero representa uma condição na qual durante a avaliação o membro não sentiu nenhum desconforto, e o valor 5, representa um pavimento muito acidentado. Na Tabela 3.4 estão descritas as condições da estrada de acordo com as especificações dos defeitos utilizadas no método.

Tal método, como qualquer outro subjetivo, depende da percepção dos avaliadores e dos fatores que podem influenciar no resultado da avaliação que, neste caso, poderá ser afetada pelo tipo de carro, ou seja, pelo seu sistema de suspensão e amortecimento que transmitirão a eles diferentes sensações quanto ao conforto de rolamento, provocando uma larga variação nos resultados. Um fator importante é que a utilização do método também permite classificar as condições das estradas de acordo com medidas quantitativas dos defeitos. A sua união com os dados subjetivos melhora a precisão dos resultados, conseqüentemente a eficiência na escolha das atividades de manutenção.

### **3.3.3. Método de classificação de estradas não pavimentadas segundo EATON et. al. (1987a, 1987b)**

Um método de classificação e um manual de campo para a avaliação das condições da superfície e da drenagem de uma rede de estradas não pavimentadas foi desenvolvido por EATON et al. (1987a, 1987 b), com o objetivo de auxiliar os municípios e órgãos rodoviários na manutenção de suas estradas. Este método é compatível com o Sistema de Gerência de Pavimentos PAVER, desenvolvido pelo *U.S. Army Corps of Engineers e American Public Works Association*.

TABELA 3.4. Descrição das Especificações de Classificação (RIVERSON et al. 1987)

Tipo de Defeito	Nota	Descrição	Especificação do defeito
Conforto de viagem	5	Muito ruim	Viagem muito desconfortável, com muitas mudanças de velocidade. Operação do veículo a baixa velocidade (32 km/h)
	4	Ruim	Viagem desconfortável. Mudanças de velocidade de mais que 16 km/h.
	3	Regular	Variação de velocidade acima de 16 km/h, mas a qualidade de viagem foi média.
	2	Boa	Pouca variação na velocidade (menor que 8 km/h) em poucos locais.
	1	Muito boa	Possibilidade de operação a 64 km/h sem variações. Alta qualidade de viagem.
Corrugação	5	Muito severa	Corrugações maiores que 5 cm de profundidade. Baixa qualidade de viagem.
	4	Severa	Corrugações de 4 a 5 cm de profundidade. Qualidade de viagem de baixa a média.
	3	Moderada	Corrugações de cerca de 2,5 cm de profundidade. Média qualidade de viagem.
	2	Leve (boa)	Corrugações apenas começando (1,3 cm). Qualidade de viagem de média a alta.
	1	Muito boa	Corrugações não evidentes. Alta qualidade de viagem.
Trilhas de roda	5	Muito severo	Trilhas com profundidade média maior que 5 cm. Trilhas muito ruins, os veículos são forçados a usar as trilhas ou a escolher outros caminhos.
	4	Severo	Trilhas entre 4 e 5 cm de profundidade.
	3	Moderado	Trilhas com cerca de 2,5 cm de profundidade.
	2	Leve	Trilhas com cerca de 1,3 cm de profundidade.
	1	Muito bom	Trilhas apenas percebidas ou ausentes.
Buracos	5	Muito severo	Mais que 40 buracos em 100 m. Baixa qualidade de viagem.
	4	Severo	Número de buracos entre 30 e 40 em 100 m. Qualidade de viagem de baixa a média.
	3	Moderado	Cerca de 20 a 30 buracos em 100 m. Qualidade de viagem média.
	2	Leve	Cerca de 10 buracos em 100 m. Qualidade de viagem de média a alta.
	1	Muito bom	Menos que 10 buracos em 100 m. Qualidade de viagem alta.
Segregação de agregados	5	Muito segregado	Cascalho ou pedra no local não compactados. Baixa qualidade de viagem.
	4	Segregado	Cascalho ou pedra no local levemente compactados. Qualidade de viagem de baixa a média.
	3	Moderado	Cascalho regularmente compactado nos caminhos das rodas dos veículos com pouca segregação de pedras. Qualidade de viagem média.
	2	Leve (bom)	Superfície de cascalho ou pedra com boa compactação com pouca segregação. Qualidade de viagem de média a alta.
	1	Muito bom	Cascalho ou pedra bem compactados com pouquíssima segregação de cascalho. Alta qualidade de viagem.

Segundo o método, o indicador das condições das estradas não pavimentadas é o *Unsurfaced Road Condition Index* (URCI), que corresponde ao PCI (*Pavement Condition Index*) do Sistema PAVER (Sistema de gerência de manutenção de



pavimentos desenvolvido para o uso em instalações militares). Este índice é um indicador numérico que varia numa escala de 0 a 100, baseado no cálculo dos valores-dedução (*Deduct Values*), também apresentados em uma escala de valores de 0 a 100, onde o valor zero indica que um defeito em particular não tem impacto nas condições da estrada e o valor 100 indica um defeito extremamente sério, que causa o colapso da estrada.

A avaliação é baseada em dois tipos de inspeção, uma é a rápida vistoria subjetiva da estrada e a outra é a medida detalhada dos defeitos em unidades amostrais representativas da seção avaliada. A avaliação subjetiva (“inspeção de pára-brisa”) consiste em percorrer a estrada a uma velocidade constante de 40 km/h e verificar de dentro do veículo as condições da superfície e de drenagem. Após este primeiro contato são selecionadas as unidades amostrais da estrada, de comprimento igual a 30 metros, nas quais serão medidos e quantificados os defeitos existentes, levando em consideração o seu nível de severidade (Baixo, Médio e Alto). O Figura 3.2 ilustra a folha de inspeção da Seção 01, Unidade Amostral 01, da estrada FS 144 retirada como exemplo de HEADQUARTERS DEPARTMENT OF THE ARMY (1995).

De posse de todos os dados, a densidade dos defeitos é calculada em função da sua incidência na área analisada (razão entre a quantidade do defeito e a área da unidade amostral). Com o valor densidade acha-se o valor-dedução correspondente a partir de curvas de níveis de severidade existentes para cada tipo de defeito. A Figura 3.3. ilustra as curvas de níveis de severidade para cálculo do valor-dedução do defeito seção transversal inadequada do Figura 3.2.

Após o cálculo, todos os valores-dedução individuais da unidade amostral são somados originando o valor-dedução total (TDV). A partir de um gráfico com curvas de correção para cada quantidade de defeitos com valor-dedução maior ou igual a 5 pontos na unidade amostral, acha-se o índice de condição da estrada não pavimentada - o URCI. A Figura 3.4 ilustra o cálculo do URCI para a unidade amostral do exemplo.

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS								
1. Estrada: FS 144		2. Seção: 1		3. Data: 7 nov 94				
4. Unidade amostral: 1		5. Área da unidade: 130 m <sup>2</sup>		6. Avaliador: R. Eaton				
7. Desenho				8. Tipos de defeitos 8.1. Seção transversal inadequada 8.2. Drenagem lateral inadequada 8.3. Corrugações 8.4. Poeira 8.5. Buracos 8.6. Trilhas de roda 8.7. Agregados soltos				
8. Quantidade e severidade dos defeitos								
Tipo		8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7
Quantidade e Severidade	B				X			
	M	30,5					45,5	
	A		61,0				84,5	
9. Cálculo do URCI								
Tipo de defeito a	Densidade b	Severidade c		Valor dedução d		10. Observações: Erosão na estrada; acumulação de água nas valetas em várias áreas.		
8.1	23,5	M		19				
8.2	46,9	A		36				
8.4	-	B		2				
8.6	35,0	M		31				
8.6	65,0	A		44				
e. Valor dedução total: 132		f. q = 4		g. URCI 25		h. Classificação: Ruim		

FIGURA 3.2. Formulário de inspeção preenchido retirado como exemplo de HEADQUARTERS DEPARTMENT OF THE ARMY (1995).

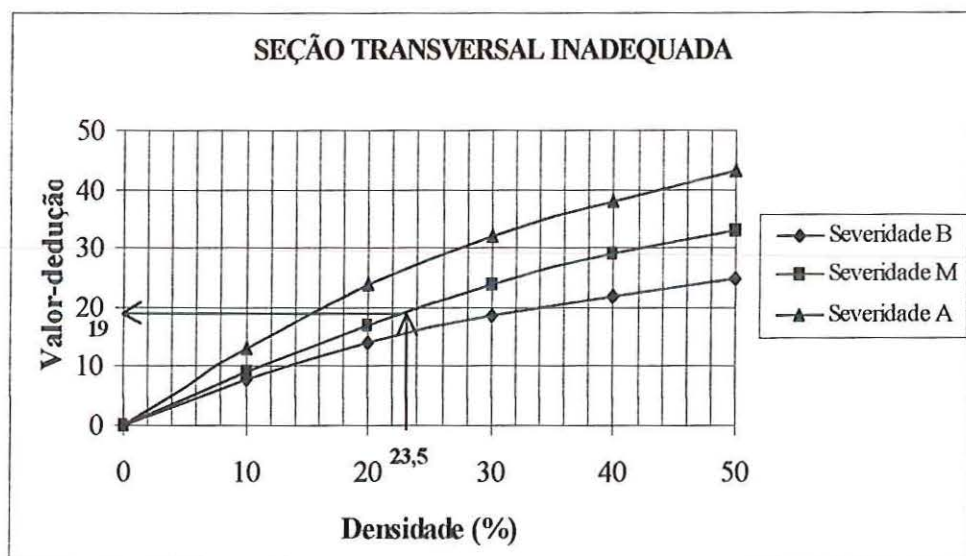


FIGURA 3.3. Curvas de valores-dedução para o defeito seção transversal inadequada.

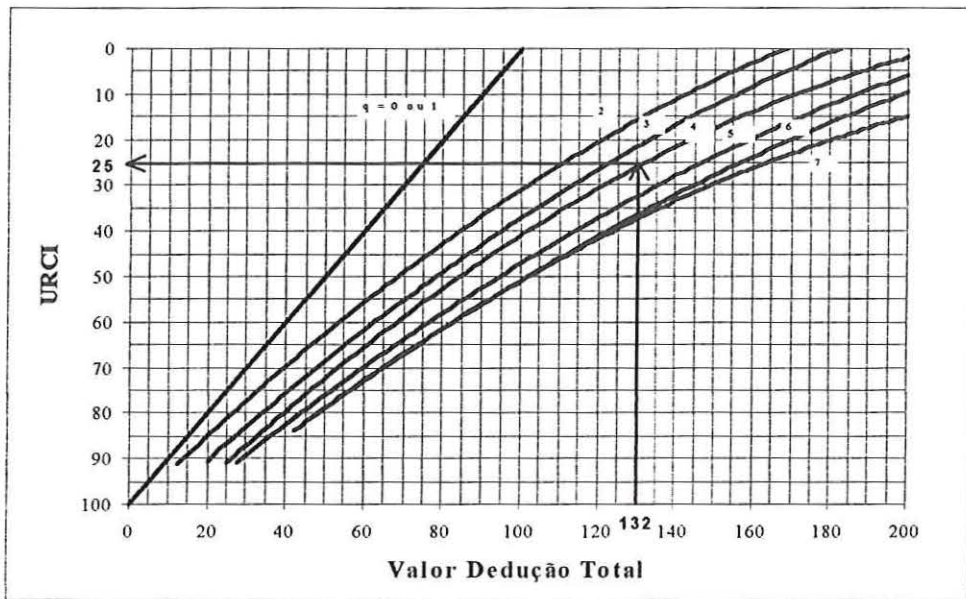


FIGURA 3.4. Gráfico para o cálculo do *Unsurfaced Road Condition Index* (URCI).

Após a determinação do índice de condição, as estradas não pavimentadas são classificadas com base em uma escala de valores que estão relacionados na Tabela 3.5.

TABELA 3.5. Escala de classificação de acordo com o URCI (EATON et al., 1987a)

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

De acordo com o exemplo, o valor do URCI proveniente das curvas de correção foi igual a 25, deste modo, analisando pela escala de classificação, esta unidade amostral é classificada em condição muito ruim. A classificação final de toda a seção é feita pela média aritmética dos URCI de todas as suas unidades amostrais.

Este método fornece de maneira simples e prática a classificação da condição das estradas não pavimentadas sem necessitar do emprego de instrumentos complexos, mas a sua aplicabilidade aqui no Brasil, como qualquer outro método aqui apresentado, sofre com algumas limitações, principalmente provenientes da diferença de condições do país em que ele foi desenvolvido. A principal delas é com relação aos defeitos considerados no método que diferem daqueles encontrados na nossa região, pois o tipo de solo, relevo, clima e tráfego influenciam muito na formação dos defeitos. Este método encontra-se descrito em maiores detalhes no Capítulo 5 e Anexo A.

#### **3.3.4. Avaliação das condições de estradas de terra baseadas no ERCI**

ABDELRAHMAN & SHARAF (1991) aplicaram em 190 km de estradas de terra no Egito, situadas em diferentes condições ambientais, um método baseado no índice de condição de estradas de terra - *Earth Roads Condition Index* (ERCI). O método engloba as seguintes etapas: (I) Dividir a rede de estradas em seções e unidades; (II) Inspeccionar as seções e (III) Classificar as estradas.

Cada seção é primeiramente percorrida e as unidades amostrais escolhidas aleatoriamente para posteriormente serem inspeccionadas, incluindo a medida das dimensões da seção transversal de cada unidade. O comprimento da unidade considerado como suficiente gira em torno de 10% da extensão de toda a seção, ou seja, uma amostra de 100 m é julgada como representativa de 1 km de seção; e a sua quantidade dependerá da homogeneidade das seções avaliadas.

O sistema do ERCI envolve dois níveis de severidade, severidade baixa (caso leve) e, em qualquer outra condição não classificada como leve, severidade alta (caso severo). Para o cálculo do ERCI é necessário ter o peso da extensão, definido como a razão entre o comprimento deteriorado e o comprimento total da unidade amostral, e os valores-dedução. O valor dedução é um número que varia de 0 a 100, onde o valor zero significa que o defeito não tem impacto na condição da estrada e 100 indica que

o defeito é extremamente sério e pode causar o colapso da estrada. A determinação do ERCI é obtida através do seguinte procedimento:

- a. Cada unidade amostral é inspecionada e os dados de defeitos são registrados em formulário específico;
- b. Os valores dedução são determinados pela multiplicação do peso de cada defeito pelo nível de severidade e o peso da extensão por cada defeito registrado;
- c. Calcula-se um valor dedução total através da soma de todos os valores dedução individuais;
- d. valor do ERCI é calculado usando a relação  $ERCI = 100 - \text{valor dedução total}$ .

O procedimento acima descrito é para o cálculo dos ERCI de cada unidade amostral, o valor para o comprimento total da estrada é obtido através da média aritmética desses valores. A escala de classificação utilizada no método é dada na Tabela 3.6.

TABELA 3.6. Escala de classificação de acordo com o ERCI  
(ABDELRAHMAN & SHARAF, 1991)

ERCI	Classificação
91 – 100	Muito Boa
81 – 90	Boa
66 – 80	Regular
41 – 65	Ruim
0 – 40	Péssima

No artigo que relata este método, os autores apresentam as fichas utilizadas na inspeção de campo das estradas de terra, as folhas com os pesos estabelecidos para cada tipo e severidade de defeito necessários para o cálculo do ERCI, como também apresentam as categorias de manutenção associadas a cada tipo de defeito e o seu custo.

Este procedimento é muito parecido com aquele que utiliza o índice URCI, sendo que a diferença se encontra na seleção e comprimento das unidades amostrais, na obtenção dos valores dedução, bem como na observação de apenas dois tipos de severidade de defeitos.

### **3.3.5. Avaliação e classificação de estradas de cascalho – Sistema GRAVEL-PASER**

A gerência de manutenção rodoviária e os sistemas de gerência de pavimentos, de acordo com WALKER (1991), estão se tornando mais populares para os órgãos responsáveis pela manutenção das rodovias. Tais sistemas requerem uma avaliação objetiva das condições do pavimento da via, incluindo uma escala de avaliação para ser usada na análise e seleção da prioridade das atividades.

O Centro de Informações em Transportes – *The Transportation Information Center* – na Universidade de Wisconsin, desenvolveu um sistema de avaliação visual para estradas de asfalto, concreto e de cascalho chamado de Sistema Gravel-PASER. Este sistema primeiramente leva em consideração a observação da drenagem, coroamento e a adequação da espessura de cascalho e, em segundo lugar, as medidas de defeitos superficiais (poeira, buracos, trilhas de roda, corrugações e agregado solto).

A classificação é estabelecida através de uma escala variando de 1 a 5 pontos, baseada no tipo e na severidade dos defeitos mais comuns e relacionada ao tipo de manutenção e reabilitação mais apropriada para aquele segmento da rodovia. Na Tabela 3.7 são apresentadas a escala de avaliação e a descrição de cada classificação.

A avaliação feita por este método é similar a do método de EATON et al. (1987a, 1987b), ou seja, estabelece a classificação em função do tipo e severidade dos defeitos mais comuns dessas estradas (os defeitos considerados são os mesmos), relacionando a sua área com a área da superfície analisada.

TABELA 3.7. Escala de Classificação de Estradas de Cascalho do Sistema GRAVEL PASER (WALKER, 1991)

Classificação	Defeitos visíveis
5 (Excelente)	Nenhum defeito; pouca poeira; excelente condição da superfície.
4 (Boa)	Pó sob condições secas; moderada perda de agregados; leves corrugações.
3 (Regular)	Bom abaulamento (7 a 15 cm); valetas presentes em mais de 50% da estrada; grande parte da camada de cascalho está adequada, mas agregado adicional pode ser necessário em alguns poucos locais, para ajudar a corrigir corrugações ou buracos isolados e trilhas de roda; alguns bueiros necessitam de limpeza; ocorrência de moderadas corrugações (2 a 5 cm) – sobre 10 a 25 % da área; moderada poeira, com parcial obstrução da visão; nenhuma ou leve trilha de roda (menos que 3 cm de profundidade); pequenos buracos ocasionais (menos que 5 cm de profundidade); alguma perda de agregado (5 cm de espessura).
2 (Ruim)	Pequeno ou nenhum abaulamento (menor que 7 cm); valetas adequadas em menos de 50% do leito da rua e valetas podem apresentar obstruções, crescimento de vegetações e/ou erosão; algumas áreas (25%) com pouco ou nenhum agregado; bueiros parcialmente cheios de entulhos; corrugações de moderadas a severas (acima de 7 cm de profundidade) sobre 25% da área; trilhas de rodas moderadas (2 a 7 cm de profundidade) em 10 a 25% da área; buracos moderados (5 a 10 cm) em 10 a 25% da área; severa perda de agregados (acima de 10 cm).
1 (Péssima)	Nenhum abaulamento do leito da rua ou a estrada está formada em bacias com muitas poças; poucas valetas; bueiros obstruídos ou danificados; severas trilhas de roda (acima de 7 cm de profundidade), sobre 25% da área; severos buracos (acima de 10 cm de profundidade) acima de 25% da área; muitas áreas com pouco ou nenhum agregado (acima de 25%)

## **4. MANUTENÇÃO DE ESTRADAS**

---

A manutenção rodoviária consiste de amplo conjunto de atividades destinadas a preservar a longo prazo a condição das rodovias; procurando assegurar, ao menor custo possível, o seu funcionamento adequado, permitindo custos razoáveis para a operação dos veículos. Um de seus principais objetivos é evitar, ao máximo, a perda desnecessária de capital investido, mediante a proteção física da estrutura básica e revestimento da rodovia, evitando a necessidade de uma posterior restauração ou reconstrução (SCHLISSLER & BULL, 1994).

Este capítulo visa dar uma idéia geral sobre a manutenção das estradas abordando apenas alguns aspectos de tal prática, visto que este assunto não é o objetivo principal do trabalho.

### **4.1. PLANEJAMENTO DE PROGRAMAS DE MANUTENÇÃO**

O principal objetivo do planejamento da manutenção, segundo GREENSTEIN & HUDSON (1994), “é determinar a relação entre as condições projetadas da superfície e o nível mais econômico de despesas para a reabilitação e manutenção que os usuários das estradas estejam capazes e dispostos a assumir”. A etapa de planejamento visa estipular as operações de manutenção mais apropriadas, o volume de trabalho, mão-de-obra, equipamentos e materiais necessários para cada atividade, além do momento oportuno para cada uma delas. A simplificação, a otimização deste planejamento e, principalmente, a minimização dos gastos na manutenção são garantidas, segundo BERGER & GREENSTEIN (1987), pela organização do trabalho total em atividades distintas.



O planejamento de programas de manutenção deve se basear no inventário das estradas, na quantificação de suas condições superficiais, na determinação das prioridades e alternativas de manutenção e no cálculo dos custos da manutenção (HEADQUARTERS DEPARTMENT OF THE ARMY, 1995).

## **4.2. ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO**

O emprego periódico da manutenção visa reduzir a taxa de deterioração e prolongar a vida da rodovia, bem como reduzir os gastos dos usuários através de uma boa superfície de rolamento. No Manual Técnico para Conservação e Recuperação de Estradas Vicinais (SANTOS et al, 1988), as principais atividades de manutenção são o revestimento primário, o agulhamento e a mistura de areia e argila.

### **4.2.1. Revestimento Primário**

É uma camada obtida através da compactação de uma mistura de material argiloso com um granular (natural ou preparada), colocada sobre o reforço do subleito, ou diretamente sobre o subleito, com espessura variando, de acordo com o volume de tráfego, entre 10 a 20 cm. O material argiloso tem a finalidade de servir como ligante e regularizar a superfície final de rolamento e o granular visa aumentar o atrito entre os pneus e a pista.

### **4.2.2. Agulhamento**

É a operação de cravação de material granular grosseiro através da compactação diretamente no subleito, caso este seja argiloso, ou sobre uma camada argilosa colocada no subleito. Possui durabilidade e desempenho inferior ao revestimento primário, devendo ser feito somente quando a execução do revestimento primário se mostre problemática ou dispendiosa, ou quando as estradas tiverem menor porte e baixo volume de tráfego.

### 4.2.3. Mistura de Areia e Argila

Seu objetivo é tornar coesivo o material que já apresenta boas condições de suporte, sendo utilizada principalmente quando o subleito é arenoso, onde ocorre freqüentemente o problema de areião.

## 4.3. CUSTO MÉDIO RELATIVO À MANUTENÇÃO

Dos problemas relacionados à falta ou deficiência de manutenção o primeiro a ser identificado nos questionamentos aos órgãos responsáveis é o custo médio envolvido no processo de manutenção.

Em meados da década de 70, segundo DOBSON & POSTILL (1983), os custos com a manutenção do sistema rodoviário aumentaram drasticamente. Para compensar os altos custos em outros segmentos dos orçamentos, cortes arbitrários em alguns programas foram adotados pelos municípios como solução para a situação.

Na Tabela 4.1 são fornecidos alguns dados de custos médios (em dólares por quilômetro) para as atividades de manutenção e reabilitação de estradas de terra e cascalho, relativos a junho de 1980, extraídos por ROBERTS & ROBINSON (1983) de um estudo do Banco Mundial sobre o problema da manutenção rodoviária e assistência internacional.

TABELA 4.1. Custos médios para as atividades de manutenção e reabilitação de estradas de terra e cascalho relativos a junho de 1980 (ROBERTS & ROBINSON, 1983).

Tipo da Estrada	Atividade	Custo Médio (US\$/km)
Terra	Rotina	100 – 1.000
Cascalho	Rotina	200 – 1.000
Cascalho	Periódica	8.000 – 10.000
Cascalho	Rotina e Periódica (média anual)	1.500 – 3.000

Para estender a vida útil da infra-estrutura de uma estrada não pavimentada e adiar a necessidade de uma reconstrução, FAIZ & STAFFINI (1979) asseguram que são necessários cerca de US\$ 100 a 1.000 por quilômetro.

No Brasil, mais precisamente na região nordeste, foi constatado por LIAUTAUD & FAIZ (1994) que para manter 1 km de uma estrada não pavimentada com um volume de tráfego de 50 a 200 veículos o custo médio correspondente à manutenção variava de US\$2.000 a 3.000. Ainda neste estudo, o custo para manter a mesma extensão de uma estrada não pavimentada no Gabão (África), sob os mesmos padrões, variava de US\$ 20.000 a 30.000, ou seja, cerca de 10 vezes mais.

A carência de recursos alegada pelos órgãos responsáveis para executar a manutenção em bases rotineiras acaba por motivar a postergação das atividades para além do tempo certo de aplicá-las. Sendo assim, logo a estrada passa do seu ponto crítico e começa a deteriorar-se.

A partir do momento que a condição fica inaceitável e a opinião pública fica indignada com a situação são designados reparos emergenciais, apenas superficiais, para que num curto prazo elas estejam transitáveis. Desta forma, além de se tornar uma prática cara, os recursos, que já são insuficientes, são desviados daquelas estradas que poderiam estar em condições adequadas para aquelas que estão em estado de emergência.

#### **4.4. CONSEQÜÊNCIAS DA MANUTENÇÃO INADEQUADA**

Muitos países têm altos custos devido à inadequada manutenção empregada nas suas redes de rodovias. O problema da manutenção é atribuído, principalmente, aos limitados recursos disponíveis que geram a sua execução de forma ineficaz. Esta ineficácia é devida à redução da força de trabalho técnica e experiente, baixa disponibilidade e pouco uso de equipamentos mecânicos.

Alguns estudos em países em desenvolvimento, segundo ROBERTS & ROBINSON (1983), mostraram que da quantidade de trabalho planejada para as atividades de manutenção apenas 1/5 ou até menos que isso são realmente realizadas. Assim, muitos trabalhos de manutenção são feitos sem a correta aplicação dos recursos e com baixos padrões de qualidade, resultando na necessidade de novas intervenções

em um curto espaço de tempo. Esse tipo de manutenção, segundo CASHATT (1984), é de caráter paliativo, o qual reduz o nível de serviço da estrada e encurta ainda mais a sua vida útil.

Desta forma, a estrada mal conservada sofrerá com uma acelerada deterioração que gerará um aumento nos custos operacionais dos veículos, resultando, por sua vez, em gastos elevados à indústria e agricultura, como afirmam ROBERTS & ROBINSON (1983). Para se ter uma idéia, segundo FAIZ & STAFFINI (1979), os custos operacionais dos veículos em uma estrada não pavimentada com a superfície em boas condições pode ser cerca de 30 a 40% mais baixo que os custos gerados por uma superfície mantida inadequadamente.

O mau estado de conservação das estradas não pavimentadas acabará por resultar na sua interrupção e em decorrência delas serem responsáveis por parte do escoamento da produção agrícola e industrial, pelo transporte coletivo entre cidades e distritos e pela integração social, tal situação levará à perda de produtos perecíveis, ausência de alunos e professores nas escolas, impossibilidade de atendimento médico, aumento do êxodo rural (causado pelo desalento do produtor rural) e o encarecimento dos transportes com seu reflexo nos preços dos produtos.

#### **4.5. A MANUTENÇÃO DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS NO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS**

Este item trata do processo de manutenção executado pela Prefeitura Municipal de São Carlos (PMSC), baseado em informações obtidas por ODA (1995) no Departamento de Obras e Viação (DOV) e da Assessoria de Planejamento (ASPLA) desta prefeitura, que são responsáveis pela manutenção e atualização dos mapas de estradas não pavimentadas do município.

A manutenção do município é dividida em três setores: I) Babilônia (via Fagá) até Estrada Fazenda Cristo Rei; II) Estrada de Ribeirão Bonito até Leito da Linha Floresta e III) Estrada do Mogi até Estrada do Salto (Água Vermelha), sendo para

cada um deles designada uma equipe com três trabalhadores e um conjunto de máquinas e equipamentos. A ordem de execução da manutenção em cada setor obedece uma seqüência de acordo com uma lista de distribuição das estradas não pavimentadas detalhada em ODA (1995).

O serviço de manutenção executado de forma mais freqüente durante as chuvas limita-se apenas ao espalhamento de piçarra (material granular resultante da alteração do basalto escavado com a pá carregadeira) com motoniveladora na superfície da estrada. Os defeitos não são avaliados para identificar a origem de sua ocorrência e muito menos a maneira mais apropriada para corrigi-los, sendo reparados sempre da mesma forma, independentemente do seu tipo ou severidade.

Na época de seca é realizada a patrolagem, onde a superfície da estrada é nivelada com uma motoniveladora para corrigir a geometria vertical da estrada, melhorando sua declividade transversal. Mas como não há acréscimo de material, a estrada acaba se tornando encaixada, acarretando o surgimento de defeitos provenientes da dificuldade de drenar a água para fora da superfície de rolamento.

Os maiores problemas encontrados pela PMSC são a falta de recursos financeiros, equipamentos e conhecimentos técnicos sobre o assunto. Os equipamentos e máquinas disponíveis para o trabalho são muito antigos e às vezes estão parados na oficina para manutenção, além da reserva de certos equipamentos apenas para manutenção na área urbana.

## 5. DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS PARA A CLASSIFICAÇÃO DA CONDIÇÃO DAS ESTRADAS

---

Neste capítulo são apresentadas as etapas e procedimentos utilizados durante o desenvolvimento de dois métodos de classificação das condições de estradas. O primeiro método – *Método do Pavement Condition Index* – foi desenvolvido para estradas pavimentadas, o segundo – *Método do Unsurfaced Road Condition Index* – foi desenvolvido com base no método anterior, mas para utilização em estradas não pavimentadas. Ambos os métodos serviram como apoio durante o desenvolvimento do procedimento experimental deste trabalho.

### 5.1. MÉTODO DO PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI)

O método PCI foi primeiramente desenvolvido em 1976 pela Força Aérea dos Estados Unidos e o *U. S. Army Construction Engineering Research Laboratory* (CERL) para classificar pavimentos de aeroportos. Neste mesmo ano, o exército decidiu consolidar o desenvolvimento de um PCI para estradas e estacionamentos similar àquele desenvolvido para aeródromos, sendo o estudo completado em 1978 (SHAHIN, 1992). Este método é baseado em valores de ponderação (valores-dedução) que são função do tipo, severidade e densidade dos defeitos existentes. Neste item esse método será brevemente descrito acompanhado de um exemplo ilustrativo retirado do HEADQUARTERS DEPARTMENT OF THE ARMY (1982). As informações contidas neste item tem como base o trabalho de SHAHIN & KOHN (1979).

Para o estudo do método, foi determinada uma escala de valores variando de 0 (zero) a 100 (cem) para ser usada como padrão de comparação de diferentes

pavimentos e três níveis de severidade (alto, médio e baixo) para cada tipo de defeito, bem como o seu critério de medida. As etapas seguidas no desenvolvimento são descritas a seguir.

### 5.1.1. Desenvolvimento dos valores-dedução

Valores-dedução são números que representam os efeitos que os defeitos têm na integridade estrutural e na condição operacional da superfície dos pavimentos. Os primeiros valores foram concebidos através da avaliação de unidades amostrais hipotéticas do pavimento. Essas unidades tinham 225 m<sup>2</sup> (7,5 x 30 m) para pavimentos asfálticos e 20 placas menores que 9 m<sup>2</sup> cada para pavimento de concreto. Foram consideradas como unidades amostrais hipotéticas aquelas que tinham apenas um tipo de defeito, nível de severidade e densidade.

Cada unidade amostral foi avaliada pelos investigadores do CERL que descreveram a sua condição com classificações numéricas, chamadas de *Pavement Condition Ratings* (PCRs), de acordo com a escala de PCI apresentada na Tabela 5.1. Após a avaliação foram obtidas as médias dos PCRs de cada unidade amostral e subtraída de 100 (considerado o valor máximo possível) para produzir uma tentativa de valores-dedução para cada combinação de defeito, severidade e densidade. Os valores-dedução calculados foram plotados contra as correspondentes densidades e curvas foram desenhadas ao longo dos pontos.

TABELA 5.1. Escala de classificação de acordo com o PCI (HEADQUARTERS DEPARTMENT OF THE ARMY, 1982)

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

As curvas iniciais foram testadas no campo em estradas locais e municipais e em duas instalações do exército, onde seções de pavimento com um tipo de defeito e

severidade foram avaliadas por um painel de engenheiros. A média das classificações do grupo ( $\overline{\text{PCRs}}$ ) foram subtraídas de 100 para fornecer o valor-dedução. Então, cada ponto foi comparado às curvas iniciais, e quando necessário, as curvas eram ajustadas para refletir as novas classificações de campo, sendo este procedimento repetido até o estabelecimento de curvas de valores dedução aceitáveis, que depois foram validadas para refletir as classificações dos engenheiros sob as reais condições de campo.

### **5.1.2. Desenvolvimento das curvas de correção**

As curvas de correção foram desenvolvidas com o intuito de ajustar a soma de valores-dedução para pavimentos que tem mais de uma combinação de tipo e severidade de defeito e que possuem valores-dedução individuais maiores ou iguais a 5 (cinco).

Nesta etapa, cada membro do time de inspeção do CERL classificou numericamente unidades amostrais contendo mais que uma combinação de tipo e severidade de defeitos (com valores-dedução individuais maiores ou iguais a 5). Para cada amostra foram calculados os  $\overline{\text{PCRs}}$  e subtraídos de 100, para produzir os valores-dedução corrigidos. Os valores-dedução corrigidos foram plotados versus a soma de valores-dedução individuais das amostras correspondentes. Tal análise foi realizada para os valores de combinações de 1 a 7, sendo delineada para cada combinação uma curva de ajuste. À medida em que as curvas eram desenvolvidas, pode-se perceber que conforme este número de combinações aumentava as curvas iam se deslocando para a direita.

### **5.1.3. Validação de Campo**

Testes em campo foram realizados em estradas locais, municipais e em duas instalações do exército, com o objetivo de melhorar as definições dos defeitos e tornar válido todo o procedimento do PCI. Porém, dois locais adicionais foram pesquisados para que o procedimento pudesse ser testado com outros dados diferentes daqueles com os quais foi desenvolvido.



Como resultado destes testes, foi concluído que as médias obtidas das classificações dos engenheiros eram muito próximas às provenientes do cálculo do PCI. A análise estatística dos dados dos testes no campo demonstrou um coeficiente de correlação entre o PCI e a média de classificação do grupo de 0,98, e um pequeno desvio padrão entre estes índices de 2,5 em pavimentos asfálticos e 2,1 em pavimentos de concreto. A partir destes valores, pôde-se concluir que o procedimento final do PCI é uma técnica de classificação da condição do pavimento confiável, que reproduz de forma muito próxima a média de classificação de um grupo de engenheiros experientes de pavimentos.

#### **5.1.4. Breve descrição do método**

Esse método de classificação baseia-se na determinação do PCI – indicador numérico que varia numa escala de 0 (zero) a 100 (cem) – a partir da medição dos defeitos ocorrentes na superfície do pavimento estudado.

Para a inspeção dos defeitos, inicialmente, o pavimento deverá ser dividido em unidades amostrais. Há dois métodos sugeridos para esta inspeção: método de inspeção total e método de inspeção por amostragem. Na inspeção total, todas as unidades amostrais do trecho selecionado são avaliadas e na inspeção por amostragem apenas uma porção das unidades amostrais do trecho são avaliadas.

Em ambos os métodos o avaliador caminha sobre cada unidade amostral medindo cada tipo de defeito e verificando sua severidade. Os dados de cada unidade amostral são registrados em um formulário. A Figura 5.1 ilustra o formulário de inspeção para pavimentos asfálticos retirado como exemplo de HEADQUARTERS DEPARTMENT OF THE ARMY (1982).

Após o registro total dos defeitos da unidade amostral, a densidade de cada um deles é calculada em função da sua incidência na área analisada (razão entre a quantidade do defeito e a área da unidade amostral). Com o valor densidade acha-se o valor-dedução correspondente a partir de curvas valores-dedução existentes para cada tipo

de defeito. A Figura 5.2 ilustra as curvas de valores-dedução para o cálculo do valor-dedução do defeito trincas couro de jacaré da Figura 5.1.

Trecho: Motorpool RD.		Seção: 01				
Data: 2/10/79		Unidade Amostral: 01				
Avaliador: SK		Área da Amostra: 225 m <sup>2</sup>				
<b>Tipos de Defeitos</b>					<b>Desenho</b>	
1. Trinca couro de jacaré 2. Exsudação 3. Trinca 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 e uso de remendo recortado 12. Agregado polido 13. Buracos 14. Passagem de ferrovia 15. Trilhas de rodas 16. Deformação plástica do revestimento 17. Trincas parabólicas 18. Empolamento 19. Intemperismo e desintegração						
<b>Tipos de defeitos existentes: Quantidade e Severidade</b>						
Tipo:		10	1	15	6	
Quantidade e Severidade		3 m (B)	0,3x1,8 (B)	0,6x7,5 (B)	1,8x1,2 (B)	
		1,5m (B)	0,6x2,4 (M)			
		4,5 m (B)				
		1,5 m (M)				
		3 m (B)				
		1,5 m (M)				
Total	B	12 m	0,54 m <sup>2</sup>	4,5 m <sup>2</sup>	2,16 m <sup>2</sup>	
	M	3 m	1,44 m <sup>2</sup>			
	A					
<b>Cálculo do PCI</b>						
Tipo de defeito	Densidade	Severidade	Valor-dedução	PCI = 100 - CDV = PCI = 100 - 35 = 65  Classificação = BOA		
1	0,24	B	4			
1	0,64	M	17			
6	0,96	B	4			
10	5,33	B	11			
10	1,33	M	10,5			
15	2,0	B	13			
q = 4	Valor-dedução total = 59,5					
	Valor-dedução corrigido (CDV) = 35					

FIGURA 5.1. Formulário de inspeção para pavimentos asfálticos adaptado de HEADQUARTERS DEPARTMENT OF THE ARMY (1982).



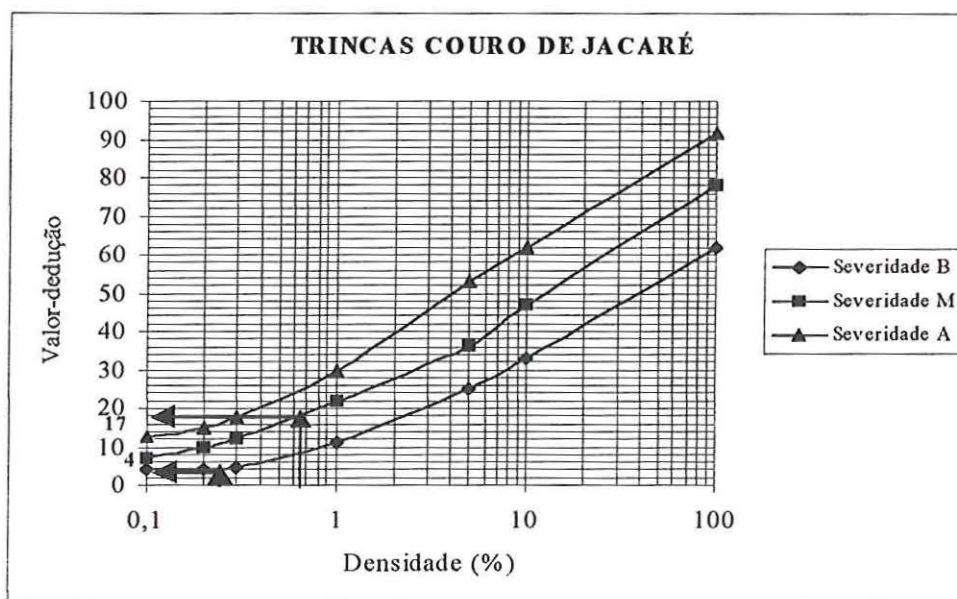


FIGURA 5.2. Curvas de valores-dedução para o defeito trincas couro de jacaré.

Após o cálculo, todos os valores-dedução individuais da unidade amostral são somados originando o valor-dedução total (TDV). A partir de um gráfico com curvas de correção para cada quantidade de defeitos com valor-dedução maior ou igual a 5 pontos na unidade amostral, acha-se o valor-dedução corrigido. A Figura 5.3 ilustra o cálculo do valor-dedução corrigido (CDV) para a unidade amostral do exemplo. De posse do CDV, o índice de condição da estrada pavimentada – PCI – é calculado pela expressão:  $PCI = 100 - CDV$ .

Para o exemplo utilizado, o valor-dedução corrigido encontrado para a unidade amostral com 4 valores-dedução superiores a 5 pontos é igual a 35 pontos. Desta forma, usando a equação  $PCI = 100 - CDV$  tem-se que o valor do PCI é igual a 65 pontos. De posse do índice de condição a unidade amostral é classificada com base em uma escala de valores relacionados na Tabela 5.1.

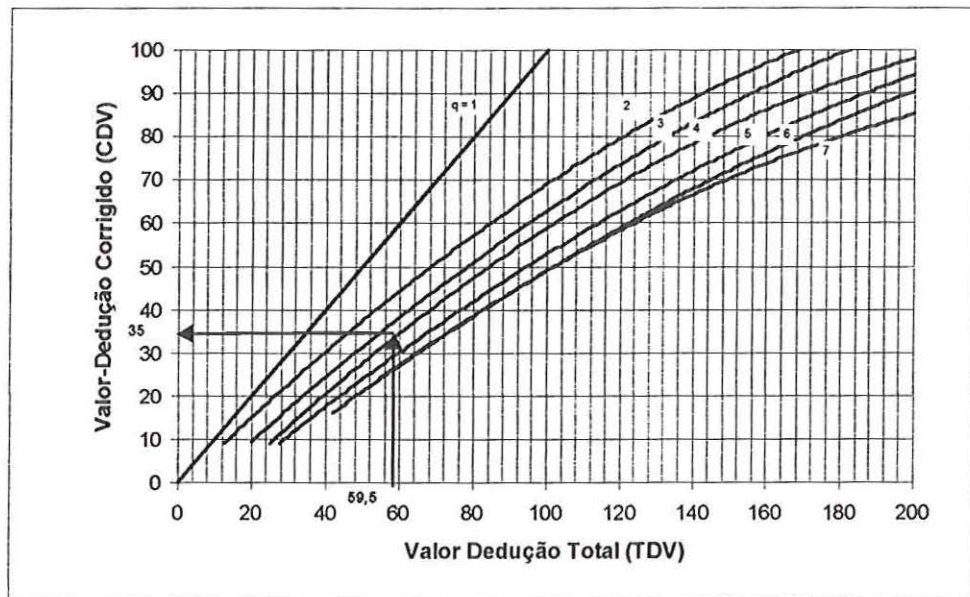


FIGURA 5.3. Gráfico para o cálculo do *Valor-Dedução Corrigido* (CDV).

Pela escala de classificação esta unidade amostral é classificada em boas condições. A classificação final de todo trecho é feita pela média aritmética dos PCI de todas as suas unidades amostrais.

## 5.2. MÉTODO DO *UNSURFACED ROAD CONDITION INDEX* (URCI)

As considerações contidas neste item sobre o método que utiliza o URCI para classificar estradas não pavimentadas estão baseadas nos trabalhos de EATON et al. (1987a, 1987b) e EATON (1988).

A necessidade de um método para a classificação das estradas não pavimentadas surgiu da observação de que nenhum sistema de gerência era usado para manter tais estradas, um fato assustador já que cerca de 90% de todas as estradas ao longo do mundo não são pavimentadas ou são levemente revestidas.

Enquanto que para estas estradas não existe sistema de avaliação, as estradas pavimentadas, representando os restantes 10%, tinham sistemas desenvolvidos e de uso exclusivo. Desse modo, o Programa de Estradas Locais de Vermont sugeriu ao

*Federal Highway Administration (FHWA)* o desenvolvimento de um componente de estradas não pavimentadas no sistema de gerência desenvolvido pelo *U. S. Army Corps of Engineers* e a *American Public Association* - o PAVER, que assim como os outros não incluía recursos para estradas não pavimentadas.

As agências locais logo concordaram e trabalharam num projeto para sustentar a necessidade de desenvolvimento do componente, pois essa categoria de estradas constituía a principal porção do seu sistema rodoviário. Com a aprovação do projeto, foi iniciado o desenvolvimento do método e de um manual para a classificação das estradas não pavimentadas e o CERL foi convidado a participar do estudo.

No Sistema PAVER a classificação da estrada é feita através da obtenção de um índice que representa a condição do pavimento – o PCI. Este índice é baseado nas medidas de defeitos e avaliado em uma escala numérica de 0 a 100, com 100 (cem) representando “pavimento excelente” e 0 (zero) representando “pavimento péssimo”. Então, foi desenvolvido para as estradas não pavimentadas um índice, chamado de *Unsurfaced Road Condition Index (URCI)*, baseado em uma escala numérica igual a do PCI (0-100). Para o método do URCI, devido às condições das estradas não pavimentadas serem muito diferentes, novos defeitos foram considerados, bem como desconsiderados alguns daqueles observados no método do PCI.

Na realidade, o desenvolvimento deste método consistiu, basicamente, de 3 fases. A fase 1 foi o desenvolvimento de um manual de campo, a fase 2, à qual será dada maior ênfase neste trabalho, foi a de validação de campo deste manual e a fase 3, foi a de desenvolvimento de um software compatível com sistemas de gerência de pavimentos. Esta última fase não é apresentada em detalhes na literatura consultada. A seguir descreve-se as fases 1 e 2 .

### **5.2.1. Fase 1 – Desenvolvimento do manual de campo**

O manual de campo foi desenvolvido com o objetivo de auxiliar os órgãos rodoviários no gerenciamento da manutenção de suas estradas. As principais etapas para o seu desenvolvimento foram:

- extensivas pesquisas bibliográficas sobre projeto, construção, operação e práticas de manutenção das estradas, volumes e cargas do tráfego e sistemas de gerência de manutenção;
- uma série de *workshops* usando a técnica do painel de Delfos (grupo de especialistas em um determinado assunto, que juntos conduzem discussões até chegarem a um consenso e a documentam), com o propósito de prepararem um manual preliminar para a identificação e classificação de defeitos;
- Discussões com pessoal de universidades locais, estaduais e federais;
- Inspeções *in-situ* para levantamento dos tipos de defeitos nas estradas não pavimentadas, como eles se manifestam e quais as estratégias de manutenção necessárias para combatê-los.

A partir destas etapas o manual foi elaborado, contendo os tipos de defeitos encontrados nas estradas não pavimentadas, seus níveis de severidade e a maneira de medi-los.

### **5.2.2. Fase 2 – Validação de campo e desenvolvimento dos valores-dedução**

A fase 2 consistiu de uma série de levantamentos direcionados à validação do manual de campo, que forneceram as informações necessárias para definir e descrever os tipos de defeitos e os níveis de severidade a eles associados, como também os dados necessários para desenvolver os valores-dedução relacionados com cada defeito e

nível de severidade. O desenvolvimento das curvas de valores-dedução é detalhado a seguir.

### **5.2.3. Desenvolvimento das curvas de valor-dedução**

Devido à necessidade do método ser compatível com o Sistema PAVER, as curvas de valor-dedução dos defeitos corrugações, buracos e afundamento nas trilhas de roda e valor-dedução total em estradas de asfalto foram usados como ponto de partida para o desenvolvimento das curvas de valor-dedução dos vários defeitos das estradas não pavimentadas. Com base nestas curvas e no julgamento dos engenheiros envolvidos, um conjunto inicial de curvas de valores-dedução foi desenvolvido.

Para validar as curvas desenvolvidas, foram selecionadas 12 (doze) unidades amostrais de 30 m de comprimento para avaliações e medições. O grupo designado para o levantamento inicial era composto de oito pessoas que, individualmente, através de observações qualitativas, classificaram as seções numa escala de 0 (zero) a 100 (cem). Cada membro do grupo também avaliou de forma quantitativa (através de medições) os defeitos em cada unidade amostral para que as classificações pudessem ser calculadas com base nos valores-dedução iniciais.

Os dados provenientes das medições foram analisados e os URClis calculados, mas apesar destes valores serem consistentes com relação à estimativa visual do grupo, eles eram significativamente maiores. Desta maneira, os valores-dedução foram reduzidos proporcionalmente de forma a se igualarem às classificações visuais. A partir de um processo de análise de regressão, um novo grupo de curvas de valores dedução ajustadas foi desenvolvido, as quais foram usadas em levantamentos subsequentes. Outra técnica também utilizada foi a de usar um valor médio e o julgamento dos engenheiros para determinar o melhor ajuste para os dados e então extrapolá-los entre níveis de severidade baixo, médio e alto dentro de um defeito.

Ao todo, sete levantamentos de campo foram realizados em instalações militares ou em áreas próximas, sendo representativas de vários tipos de solos, agregados de

superfície, condições ambientais e graus de manutenção. Esses levantamentos produziram uma grande base de dados para comparação entre as classificações visuais e as geradas pelos valores-dedução, de forma que as curvas foram então sendo ajustadas até se chegar às curvas aceitáveis. Neste método, a mesma série de curvas de valores-dedução corrigidos desenvolvida para estradas de asfalto é utilizada.

O desenvolvimento deste método em locais cujas condições são muito diferentes das encontradas no Brasil ocasiona o aparecimento de certas restrições que não podem passar despercebidas e merecem uma atenção especial na forma de uma adaptação para que erros sucessivos na caracterização das rodovias sejam evitados.



## **6. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**

---

Neste item são descritas as etapas para o estudo das modificações necessárias, de acordo com a região, ao método proposto pelo *U. S. Army Corps of Engineers* para a classificação de estradas não pavimentadas. Este método foi escolhido por apresentar, segundo estudo realizado por ODA (1995) e VIVIANI (1998), algumas limitações que prejudicaram a caracterização final das estradas não pavimentadas avaliadas nesses trabalhos.

Durante a elaboração de todo o processo procurou-se, sempre que possível, se aproximar da técnica utilizada no desenvolvimento dos métodos do PCI e URCI. O procedimento experimental envolveu duas tentativas, a primeira (Fase 1) sofreu algumas modificações necessárias para melhorar a obtenção de dados, gerando desta forma a segunda etapa, designada por Fase 2. Ambos os procedimentos, descritos a seguir, abrangeram uma avaliação de campo subjetiva e objetiva com um painel de avaliadores em algumas estradas municipais não pavimentadas de São Carlos.

### **6.1. PLANEJAMENTO DO PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL**

#### **6.1.1. Seleção das Estradas**

De início, foi estabelecido que as estradas selecionadas para o estudo deveriam ser de fácil localização, possuir uma boa variedade de solos e serem próximas à cidade. Baseando-se nas descrições das estradas utilizadas nos trabalhos de ODA (1995) e VIVIANI (1998), cinco estradas foram selecionadas e utilizadas durante todo o trabalho.

### 6.1.1.1. Estradas selecionadas

A cada estrada selecionada foi atribuída uma denominação. Suas localizações e extensões foram observadas cuidadosamente com a finalidade de que, em estudos futuros, estas estradas possam ser localizadas com facilidade. A seguir lista-se a denominação de cada estrada, bem como sua localização e extensão aproximada.

#### *a. Estrada 01 – SCA 237 + SCA 436*

Possui aproximadamente 4,5 km de extensão e tem seu início localizado na SP-318, que liga São Carlos a Ribeirão Preto, ao lado do Bar Tutóia do Vale, após cerca de 6,2 km da rotatória localizada no km 236 da Rodovia Washington Luís (SP 310). A estrada começa com um pequeno trecho pavimentado de aproximadamente 1 km de extensão, passando pela entrada do Condomínio Tibaia de São Fernando e do Condomínio Quinta da Felicidade.

A porção não pavimentada (início do trecho estudado) inicia-se quase em frente à entrada da Chácara Nossa Senhora de Fátima. Após um percurso de aproximadamente 2,7 km a partir do ponto inicial do trecho, encontra-se uma bifurcação à direita que conduz à Represa do 29. Seguindo em frente, após uma extensão de aproximadamente 1,8 km, chega-se ao término do trecho no ponto de encontro deste com a estrada municipal pavimentada que liga Água Vermelha a Santa Eudóxia. Os primeiros quilômetros até a bifurcação correspondem, segundo ODA (1995), à estrada municipal SCA 237 e os quilômetros restantes, após a bifurcação, correspondem à estrada SCA 436, sendo por este motivo a estrada designada de SCA 237 + SCA 436.

#### *b. Estrada 02 – SCA 237/Represa do 29*

A estrada inicia-se na bifurcação junto à estrada 01 e possui uma extensão de aproximadamente 6,9 km. Seu término encontra-se na Represa do 29, próximo ao Bar do 29 (Bar e Mercearia Ivan), num ponto de cruzamento com outras estradas não

pavimentadas. De acordo com ODA (1995), esta estrada é a continuação da estrada municipal SCA 237.

*c. Estrada 03 – SCA 020/Represa do 29*

A estrada inicia-se próximo à entrada da Fazenda Sapé, no término de uma extensão pavimentada de aproximadamente 5,4 km (marcada a partir do Auto Posto Fagá) correspondente à estrada SCA 020. Após um percurso de 4,9 km do início, passa-se sob a antiga passagem da linha do trem e mais à frente encontram-se as antigas estações ferroviárias Babilônia e Floresta, esta última é atualmente uma fábrica de rações da Fazenda Sapé. A quilometragem total desta estrada, que termina em frente ao Bar do 29, é de 12,3 km, aproximadamente.

*d. Estrada 04 – SCA 453/Luperplás*

O ponto inicial considerado para esta estrada, que compreende uma extensão de aproximadamente 7,0 km, está situado no trecho pavimentado da estrada da Babilônia (SCA 020), a aproximadamente 200 m antes do prédio da Congregação Cristã. O término da estrada foi considerado em frente a Luperplás – Indústria de plástico, pois a partir deste ponto trata-se de uma área urbana.

*e. Estrada 05 - Parque Itaipú/SP 215 – SP 215*

O ponto inicial da estrada 05 foi considerado próximo ao Condomínio Parque Itaipú, na Rodovia SP 215 (que liga São Carlos a Descalvado) e compreende uma extensão total de aproximadamente 9,4 km. Seguindo pela estrada cruza-se com uma estrada pavimentada que sai defrente da Fazenda Copacabana (próxima à Rodovia SP 215). O término desta estrada localiza-se no ponto onde ela encontra a Rodovia SP 215. Segundo ODA (1995), esta estrada não possui denominação oficial.

### 6.1.2. Definições

Antes de abordar o procedimento seguido durante o trabalho de campo é importante esclarecer algumas definições que serão usadas a partir daqui com uma certa frequência.

- a. *Trechos*: Porções limitadas nas estradas selecionadas de extensão igual a 2 km (Fase 1) e 300m (Fase 2).
- b. *Unidades amostrais (UAs)*: Porções dos trechos escolhidas como as mais representativas de defeitos com 30 m de comprimento.
- c. *Valor-dedução (VD)*: Valor que representa numericamente o efeito que um defeito produz no estado da superfície da estrada.
- d. *Valor-dedução total (VDT)*: Soma dos valores-dedução de todos os defeitos existentes na unidade amostral.
- e. *Valor-dedução proveniente das notas atribuídas ao defeito*: média de notas atribuídas diretamente ao defeito pelo grupo de avaliação.
- f. *Valor-dedução proveniente das notas atribuídas às unidades amostrais*: média de notas dos avaliadores atribuídas subjetivamente às unidades amostrais, subtraída de 100 (valor máximo da escala de classificação).
- g. *Valor-dedução proveniente das notas atribuídas ao trecho*: média de notas dos avaliadores atribuídas subjetivamente aos trechos, subtraída de 100 (valor máximo da escala de classificação).
- h. *Nível de severidade*: representa a gravidade do defeito; pode ser de nível alto, médio e baixo.

- i. *ICENP*: Índice de condição da superfície das estradas não pavimentadas que varia numa escala de 0 (zero) a 100 (cem) pontos, onde o valor zero indica que a condição da superfície da estrada está péssima e o valor 100 indica que a condição superficial da estrada está excelente. Este indicador é equivalente ao URCI do método de classificação de estradas não pavimentadas de EATON et al. (1987a).
- j. *ICENP<sub>EATON</sub>*: índice de condição das estradas não pavimentadas calculado com base no procedimento sugerido no método de classificação de estradas não pavimentadas de EATON et al. (1987a).
- k. *ICENP<sub>PAINEL</sub>*: índice de condição das estradas não pavimentadas igual à média de notas atribuídas pelo painel de avaliadores nas avaliações subjetivas a cada trecho e unidade amostral selecionados para o experimento.

### **6.1.3. Fase 1**

#### **6.1.3.1. Divisão das estradas em trechos**

A necessidade de divisão das estradas em porções menores, aqui denominadas de trechos, se dá pela observação da não uniformidade das características das estradas não pavimentadas. A partir de uma analogia à recomendação existente na norma do DNER-PRO-007/94 para pavimentos flexíveis sobre o comprimento máximo admitido para a realização de avaliações subjetivas, estabeleceu-se que nesta fase os trechos usados no levantamento deveriam ter no máximo 2 km de extensão. Estes trechos foram marcados consecutivamente nas estradas selecionadas.

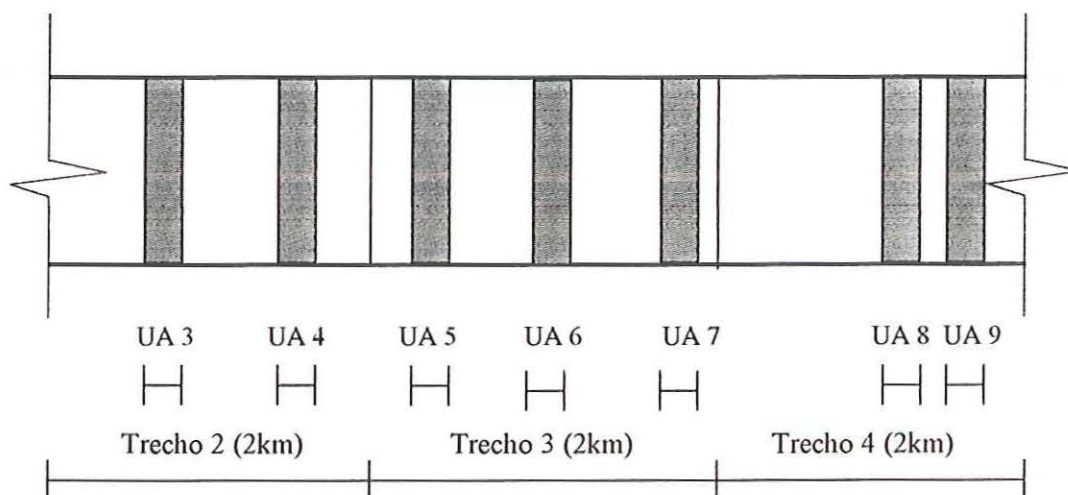
#### **6.1.3.2. Divisão dos trechos em unidades amostrais**

“Uma unidade amostral é considerada a menor porção da rede de estradas” (EATON et al., 1987a). A cada trecho estabeleceram-se duas unidades amostrais, observadas como as mais representativas de defeitos, com 30 m de comprimento, podendo ser escolhida mais uma caso existisse necessidade. A quantidade de unidades amostrais

dentro de um trecho foi estabelecida de acordo com EATON et al. (1987a), o qual menciona que a cada 1,6 km apenas duas unidades amostrais são necessárias, mas se este tamanho for inferior a 800 m apenas uma é suficiente. Na Tabela 6.1 estão relacionados todos os trechos e unidades amostrais percorridos e na Figura 6.1 está o esquema de divisão das estradas não pavimentadas desta fase.

TABELA 6.1. Relação de trechos e unidades amostrais existentes em cada estrada selecionada na Fase 1.

Estrada	Trecho	Unidade Amostral	Datas da seleção	Datas de avaliação
1	1 a 3	1 a 7	08/04/00	12/04/00
2	4 a 7	8 a 15	08/04/00	13/04/00
3	8 a 14	16 a 29	04/04/00	15/04/00
4	15 a 18	30 a 37	08/04/00	15/04/00
5	19 a 23	38 a 46	08/04/00	16/04/00



*Legenda:*




-  Estrada selecionada
-  Trechos (2 km)
-  Unidades amostrais (30 m)

FIGURA 6.1. Esquema de divisão das estradas não pavimentadas na Fase 1.

### 6.1.3.3. Escolha do painel de avaliação

O experimento contou com a formação de um painel de 4 avaliadores do Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos – USP, uma mulher e três homens que, treinados, foram às estradas selecionadas para realizarem

as avaliações. Essa determinação do painel não levou em consideração as características dos membros relativas ao sexo, idade, profissão ou experiência de condução de veículos, admitindo-se que, de um modo geral, tais características não representam significativa influência.

#### **6.1.3.4. Treinamento do painel de avaliação**

Os membros do painel receberam um treinamento com o objetivo de informá-los sobre os tipos de defeitos que podem ocorrer nas estradas não pavimentadas, bem como os níveis de severidade a eles associados.

Um guia foi formulado com todas as informações sobre o procedimento em campo e os tipos de defeitos que poderiam ser encontrados, seus níveis de severidade e forma de medi-los. Este guia foi fornecido aos membros para uma prévia leitura e numa posterior reunião foi esclarecido como o levantamento seria realizado em campo, as condições necessárias para tal (considerar apenas o trecho ou unidade amostral sendo avaliada, não se distrair durante a avaliação, não revelar suas notas a outro avaliador etc.) e as dúvidas existentes.

Neste guia, alguns ajustes nas informações retiradas do trabalho de ODA (1995) sobre os defeitos precisaram ser feitos de acordo com a situação encontrada no campo em um preliminar reconhecimento das estradas. Sendo desta forma que alguns níveis de severidade e a maneira de medir os defeitos foram atribuídos, bem como o reconhecimento de mais um tipo de defeito – as trincas de retração, que são trincas encontradas na superfície de estradas de solo argiloso que quando secos contraem formando blocos aproximadamente retangulares; esse tipo não se trata de um defeito relacionado ao tráfego, embora este possa aumentar sua severidade.

## 6.1.4. Fase 2

### 6.1.4.1. Seleção de trechos

Nesta fase optou-se por selecionar novos segmentos de comprimento inferior ao dos trechos utilizados na Fase 1, que por serem muito longos dificilmente eram homogêneos. Esses novos trechos possuíam uma extensão igual a 300m e foram selecionados como os que apresentavam o estado mais crítico dentro da estrada, mas com características visivelmente homogêneas ao longo de todo comprimento do trecho, sendo também que as características da extensão da estrada imediatamente antes não eram muito diferentes daquelas da porção a ser avaliada. A localização aproximada dos trechos está representada no mapa da Figura 6.2.

### 6.1.4.2. Divisão dos trechos em unidades amostrais

Nesta fase, as unidades amostrais foram marcadas consecutivamente dentro de cada trecho conservando o mesmo comprimento adotado na Fase 1 (30 m). Dessa forma cada trecho possuiria 10 unidades amostrais. Este tipo de divisão baseou-se numa das sugestões de inspeção mencionadas por SHAHIN & KOHN (1979) e está representada na Figura 6.3. A seguir apresenta-se na Tabela 6.2 uma relação de todos os trechos e unidades amostrais percorridos nas avaliações de campo nesta fase.

TABELA 6.2. Relação de trechos e unidades amostrais existentes em cada estrada selecionada na Fase 2.

<b>Estrada</b>	<b>Trecho</b>	<b>Unidade Amostral</b>	<b>Datas da seleção</b>	<b>Datas de avaliação</b>
1	1, 2 e 3	1 a 30	16/06/00	11/07/00
2	4 e 5	31 a 50	21/06/00	11/07/00
3	6, 7, 8 e 9	51 a 90	23/06/00	18/07/00
4	10 e 11	91 a 110	26/06/00	13/07/00
5	12, 13 e 14	111 a 140	26/06/00	13/07/00



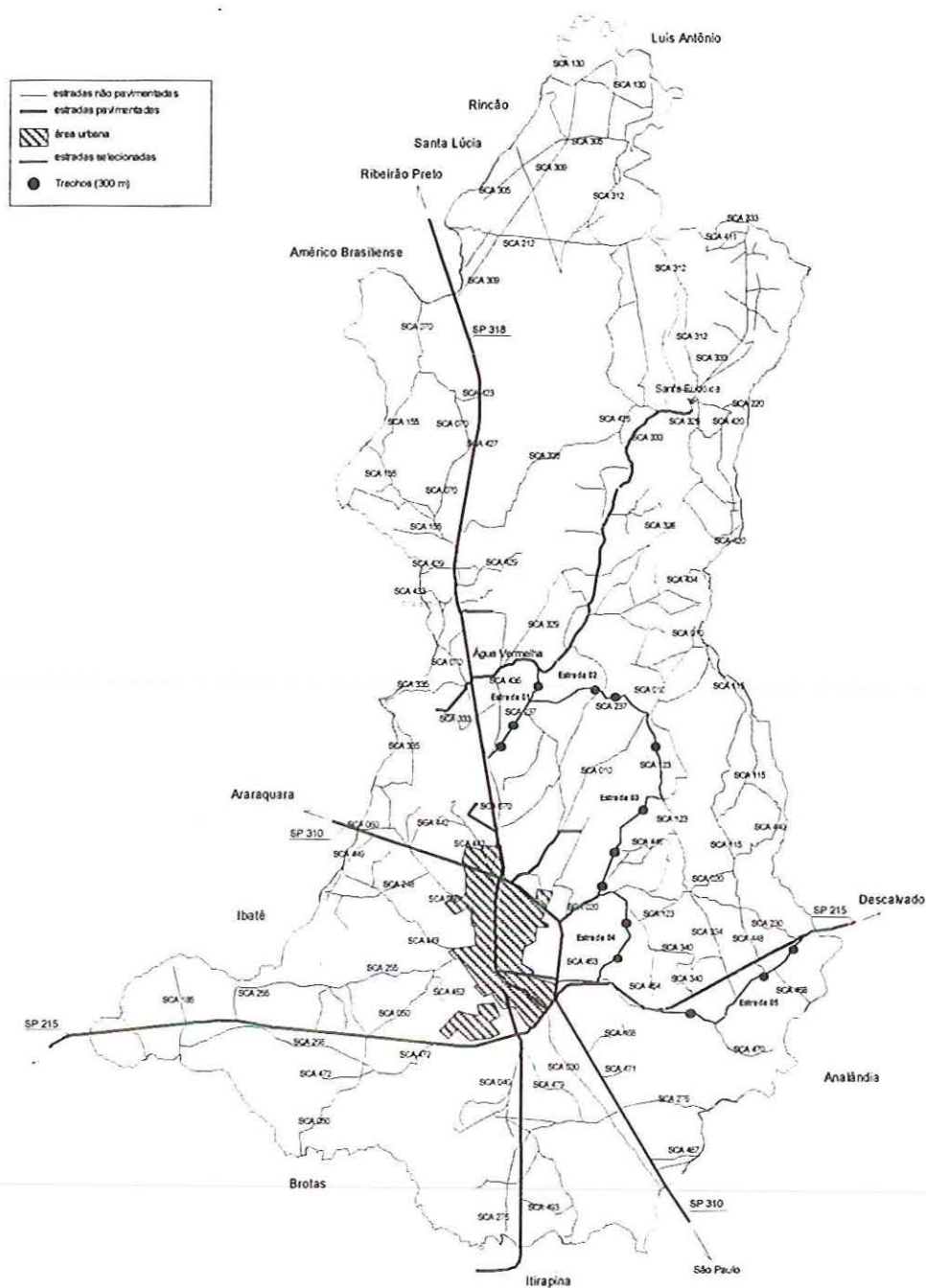
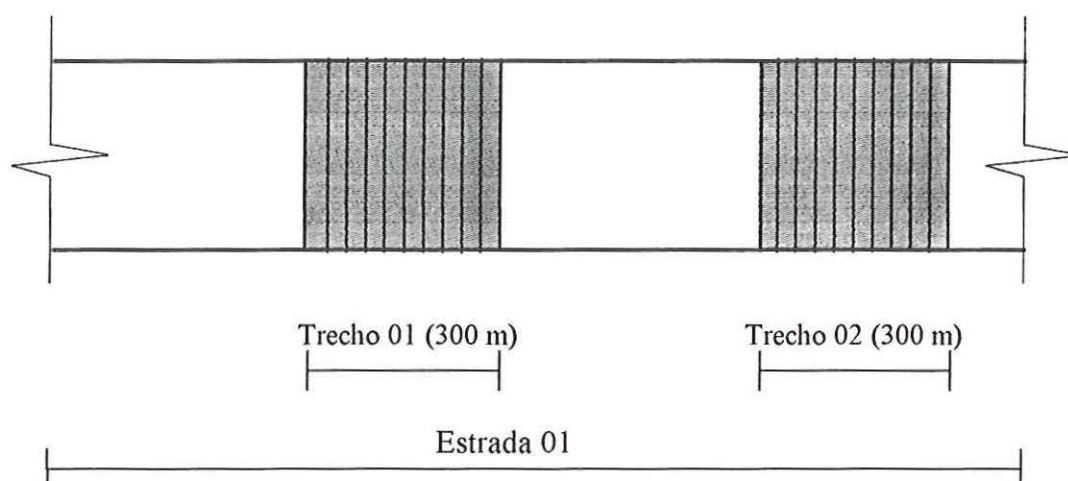


FIGURA 6.2. Mapa sem escala de estradas não pavimentadas (adaptado de ODA, 1995) com a localização dos trechos experimentais.



*Legenda:*

- Estrada selecionada
- ▨ Unidade amostral (30m)

FIGURA 6.3. Esquema de divisão das estradas não pavimentadas na Fase 2.

#### 6.1.4.3. Escolha do painel de avaliação

O painel de avaliação também sofreu modificações. Nesta fase foi resolvido ampliar o número de avaliadores para 7 (sete) a fim de que o intervalo de confiança fosse melhorado, como também para se aproximar mais do número de avaliadores utilizado durante o desenvolvimento do método de classificação de estradas não pavimentadas relatado em EATON (1988). Assim como na fase anterior, não foram consideradas as características de sexo, idade, profissão ou experiência de condução de veículos dos avaliadores. Todos os avaliadores pertenciam ao Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos – USP.

#### 6.1.4.4. Treinamento do painel de avaliação

Da mesma forma que o procedimento da Fase 1 os avaliadores receberam um treinamento para estabelecer os critérios da avaliação. O guia foi reformulado e entregue aos avaliadores da segunda fase para uma prévia leitura, esclarecendo-se após o novo procedimento de campo a ser seguido. No novo guia de avaliação dois tipos de defeitos verificados com pouca ou nenhuma frequência durante a Fase 1

foram retirados – os defeitos atoleiro e pista escorregadia. O guia reformulado encontra-se no Anexo B.

## 6.2. O LEVANTAMENTO DE CAMPO

### 6.2.1. Fase 1

#### 6.2.1.1. Seleção das unidades amostrais

Após a divisão de cada estrada em trechos consecutivos de no máximo 2 km de comprimento, num total de 23 trechos, apenas dois dos avaliadores percorreram cada um em um veículo a uma velocidade constante de 40 km/h escolhendo, criteriosamente, as unidades amostrais observadas como as mais representativas de defeitos daquele trecho, registrando-as em uma ficha conforme segue na Figura 6.4.

SELEÇÃO DAS UNIDADES AMOSTRAIS							
1. Estrada:				6. Data:			
2. Localização:				7. Avaliador:			
3. Extensão:				8. Período Climático:			
4. Velocidade:							
5. Tráfego:							
Unidade Amostral	Seção	Ida (km)	Rampa (%)	Unidade Amostral	Seção	Ida (km)	Rampa (%)
01				16			
02				17			
03				18			
04				19			
05				20			
06				21			
07				22			
08				23			
09				24			
10				25			
11				26			
12				27			
13				28			
14				29			
15				30			

FIGURA 6.4. Folha utilizada na seleção das unidades amostrais da Fase 1.

Os 30 m de cada unidade amostral foram medidos com uma trena e seu início e fim delimitados por piquetes de madeira, de forma a permitir que numa posterior inspeção o mesmo ponto fosse localizado. A rampa de cada unidade amostral também foi determinada aproximadamente com o auxílio de um clinômetro.

#### **6.2.1.2. Inspeção nos trechos e unidades amostrais**

Todos os avaliadores, com o guia de campo em mãos, foram às estradas selecionadas em um único veículo para o início da avaliação. As avaliações pelo painel foram divididas em duas etapas: a avaliação subjetiva dos trechos e a avaliação subjetiva e objetiva das unidades amostrais.

A primeira etapa da avaliação consistiu do percurso de todos avaliadores em um mesmo veículo (Fiat Uno) nos trechos selecionados, a uma velocidade de aproximadamente 40 km/h, onde o condutor do veículo (também avaliador) avisou para o restante dos avaliadores o ponto inicial e final do trecho. Durante o percurso, os avaliadores observaram a qualidade de viagem daquele trecho e lhe deram uma nota que representasse a condição da superfície, conforme a escala da Tabela 6.3. Na Figura 6.5 é apresentada a ficha individual usada para o registro dos dados durante a avaliação subjetiva dos trechos nesta fase.

Na segunda etapa da avaliação os avaliadores foram conduzidos ao ponto inicial de cada unidade amostral e a percorreram a pé, procurando observar a condição superficial em que ela se encontrava. Cada avaliador atribuiu-lhe, de acordo com sua percepção, uma nota que descrevia o estado desta superfície, usando para tanto a mesma escala utilizada para classificar o trecho (Tabela 6.3). Esta nota era registrada numa folha individual específica, conforme a apresentada nas Figuras 6.6, 6.7 e 6.8.

TABELA 6.3. Escala de classificação para o trecho e unidade amostral utilizada na Fase 1.

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

FOLHA DE AVALIAÇÃO SUBJETIVA DOS TRECHOS		
1. Estrada:		
2. Trecho:	5. Data:	
3. Hodômetro:	6. Avaliador:	
4. Velocidade:	7. Condições climáticas:	
8. Escala de notas para classificar o trecho:		
100		Excelente
85		Muito boa
70		Boa
55		Regular
40		Ruim
25		Muito ruim
10		Péssima
0		
9. Nota para o trecho:		

FIGURA 6.5. Ficha para avaliação subjetiva dos trechos na Fase 1.

<b>FOLHA DE INSPECÇÃO NAS UNIDADES AMOSTRAIS</b>				
1. Estrada:				
2. Trecho:		7. Área da unidade:		
3. Unidade amostral:		8. Data:		
4. Hodômetro:		9. Avaliador:		
5. Largura da unidade:		10. Condições climáticas:		
6. Comprimento da unidade:		11. Drenagem: Sim ( ) Não ( )		
12. Escala de notas para classificar a unidade amostral quanto a condição da superfície:				
13. Nota para a unidade amostral:				
14. Escala de notas para classificar os defeitos quanto a seu efeito nas condições da superfície:				
15. Defeitos:				
15.1. Seção Transversal Inadequada: calha ( ) mista e encaixada ( ) abaulada encaixada ( )				
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m)	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta

FIGURA 6.6. Folha 01 do formulário individual de inspeção dos defeitos nas unidades amostrais.

15.2. Ondulações/Corruções:				
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m <sup>2</sup> )	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta
15.3. Poeira:				
Nota para o defeito	Altura da nuvem de poeira (m)	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta
15.4. Buracos/Panelas:				
Nota para o defeito	Quantidade de buracos/panelas	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta
15.5. Afundamento nas trilhas de roda:				
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m <sup>2</sup> )	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta
15.6. Segregação de agregados:				
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m)	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta
15.7. Areiões:				
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m)	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta

FIGURA 6.7. Folha 02 do formulário individual de inspeção dos defeitos nas unidades amostrais.

15.8. Atoleiro:				
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m <sup>2</sup> )	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta

15.9. Pista escorregadia:				
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m <sup>2</sup> )	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta

15.10. Erosões:				
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m <sup>2</sup> )	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta

15.11. Facão:				
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m)	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta

15.12. Trincas de retração:				
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m <sup>3</sup> )	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta

FIGURA 6.8. Folha 03 do formulário individual de inspeção dos defeitos nas unidades amostrais.

Após todos os avaliadores terem determinado suas notas para a unidade, eles verificaram os defeitos ocorrentes na unidade, tendo como base a lista de defeitos apresentada no guia. De acordo com a Tabela 6.4, os avaliadores atribuíram ao mesmo defeito uma nota individual que refletia o seu efeito no estado atual da superfície da estrada.



TABELA 6.4. Escala de classificação para os defeitos.

Notas	Efeito do defeito na condição da estrada
0-15	Nenhum ou quase nenhum
16-30	Muito pequeno
31-45	Pequeno
46-60	Regular
61-75	Ruim
76-90	Muito ruim
91-100	Grave, péssimo

Após a atribuição das notas, o defeito em questão era medido apenas por dois dos 4 avaliadores com auxílio de uma trena, uma régua de pedreiro e um metro. As dimensões do defeito eram anotadas numa folha individual de inspeção, igual a apresentada nas Figuras 6.6, 6.7 e 6.8, ao lado da nota atribuída para aquele defeito. Sua severidade também era verificada de acordo com o guia de avaliação, sendo simultaneamente registrada na mesma folha de inspeção, logo após a coluna para o registro de suas dimensões. Durante a verificação das medidas e dos níveis de severidade do defeito, teve-se o cuidado para que todos os avaliadores registrassem na sua folha de avaliação as mesmas dimensões e níveis de severidade do defeito.

A escala utilizada para a classificação dos defeitos foi retirada a partir do gráfico do índice de condição para estradas não pavimentadas (ICENP) do método de EATON et al. (1987a), mais precisamente dos intervalos de classificação da curva de ajuste para unidades amostrais com nenhum ou apenas um valor-dedução maior que 5. Os valores usados na escala são os intervalos de valor-dedução total (VDT) correspondentes aos do ICENP, já que estes se originaram de notas atribuídas por um painel de avaliadores desde o método do PCI.

Esta curva foi usada a partir da hipótese de representar o efeito que apenas um defeito, independente do tipo e severidade, tem na classificação da unidade em que ele se encontra. Cada classificação foi então relacionada ao suposto efeito causado pelo defeito naquela superfície, ou seja, por exemplo, para uma superfície considerada como excelente supõe-se que o defeito nela existente não produz nenhum efeito, ou quase nenhum, na sua condição. A observação dos intervalos está demonstrada na Figura 6.9.

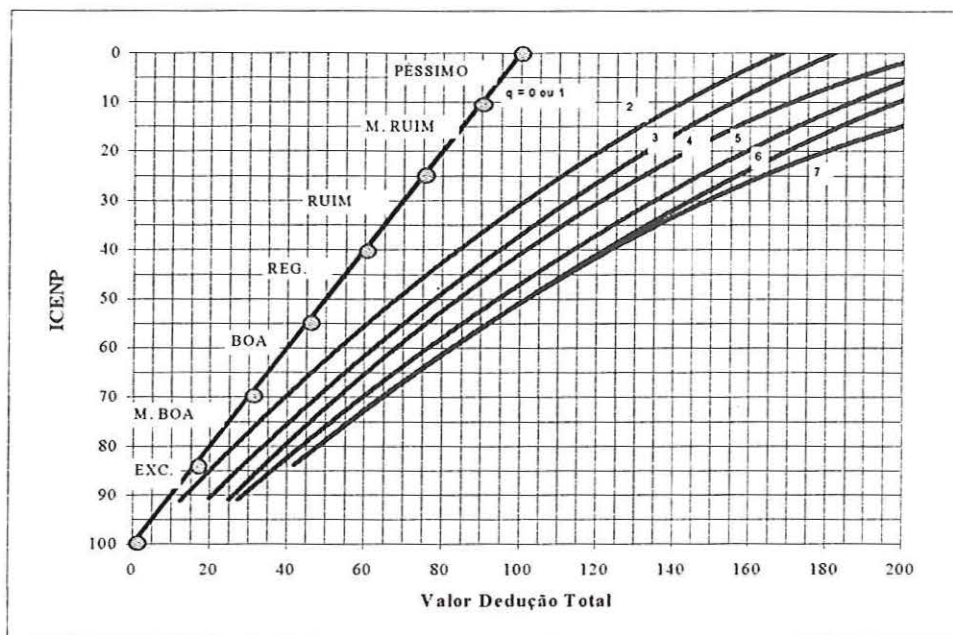


FIGURA 6.9. Gráfico com os limites de classificação para estradas com  $q = 0$  ou  $1$ .

## 6.2.2. Fase 2

### 6.2.2.1. Seleção e divisão dos trechos experimentais

Nesta fase alguns trechos de 300 m de extensão, visivelmente homogêneos e considerados como os mais problemáticos, foram selecionados nas estradas não pavimentadas e demarcados no ponto inicial e final por um piquete de madeira com a extremidade pintada de vermelho. A cada seleção a quilometragem correspondente ao início do trecho era registrada e este era imediatamente subdividido em 10 unidades amostrais consecutivas com 30 m de comprimento, as quais foram demarcadas por piquetes de madeira sem nenhum tipo de pintura. A rampa de cada unidade amostral também foi verificada com o auxílio do clinômetro. A folha utilizada na seleção está representada na Figura 6.10. Neste procedimento foram avaliados 14 trechos, contabilizando 140 unidades amostrais.

FOLHA PARA SELEÇÃO DOS TRECHOS												
1. Estrada:												
2. Extensão:						5. Data:						
3. Velocidade:						7. Avaliador:						
4. Tráfego:						8. Período Climático:						
Trecho	Ida (km)	Volta (km)	Rampas das Unidades Amostrais (%)									
			01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10												

FIGURA 6.10. Folha utilizada na seleção dos trechos da Fase 2.

#### 6.2.2.2. Inspeção nos trechos e unidades amostrais

A maneira utilizada para a inspeção de campo nesta segunda fase foi a mesma da primeira. Ou seja, a primeira etapa consistiu do percurso dos avaliadores nos trechos selecionados em um mesmo veículo – desta vez num Volkswagen Kombi - a uma velocidade constante de 40 km/h, sendo que durante o percurso os avaliadores fizeram uma avaliação subjetiva, ou seja, observaram a qualidade de viagem daquele trecho e forneceram uma nota a ele que representasse a condição da superfície, conforme a escala da Tabela 6.5. A ficha individual usada para registrar a nota é apresentada na Figura 6.11.

TABELA 6.5. Escala de classificação para o trecho e unidade amostral utilizada na Fase 2.

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

FOLHA DE AVALIAÇÃO SUBJETIVA DOS TRECHOS	
1. Estrada:	
2. Trecho:	5. Data:
3. Hodômetro:	6. Avaliador:
4. Velocidade:	7. Condições climáticas:
8. Escala de notas para classificar o trecho:	
9. Nota para o trecho:	

FIGURA 6.11. Ficha individual para avaliação subjetiva dos trechos na Fase 2.

Na segunda etapa foi feita a avaliação subjetiva e objetiva das unidades amostrais, onde os avaliadores partiam do ponto inicial de cada unidade amostral percorrendo-a a pé, observando a condição da superfície e atribuindo-lhe uma nota que descrevesse sua opinião quanto ao estado da superfície de cada uma das unidades. Na Figura 6.12 está a folha individual usada para a avaliação subjetiva das unidades amostrais.

Após a classificação das unidades amostrais, os defeitos identificados em cada unidade foram verificados da mesma forma que na Fase 1. Os 7 (sete) avaliadores atribuíram para cada defeito notas para o seu efeito na condição atual da estrada, e apenas dois dos avaliadores fizeram a medição de cada defeito julgado. O nível de severidade dos defeitos foram estipulados em comum acordo entre os avaliadores com base na lista de defeitos reformulada no guia de avaliação apresentado no Anexo B. Novamente nesta fase tomou-se o cuidado para que todos os avaliadores registrassem na sua folha individual de avaliação os mesmos dados referentes às dimensões e níveis de severidade do defeito. Nas Figuras 6.13 e 6.14 são

apresentadas as folhas individuais modificadas para esta segunda fase. Vale ressaltar que nesta fase o motorista do veículo não fez parte do painel de avaliação.

<b>FOLHA DE AVALIAÇÃO SUBJETIVA DAS UNIDADES AMOSTRAIS</b>	
1. Estrada:	
2. Trecho:	4. Data:
3. Unidade amostral:	5. Avaliador:
6. Escala de notas para classificar a unidade amostral quanto a condição da superfície:	
7. Nota para a unidade amostral:	

FIGURA 6.12. Folha individual de avaliação das unidades amostrais.

FOLHA DE INSPEÇÃO DE DEFEITOS NAS UNIDADES AMOSTRAIS																												
1. Estrada:																												
2. Trecho:		7. Data:																										
3. Unidade amostral:		8. Avaliador:																										
4. Largura da unidade (m):		9. Condições climáticas:																										
5. Comprimento da unidade (m):		10. Drenagem:																										
6. Área da unidade (m <sup>2</sup> ):		Sim ( )		Não ( )																								
11. Escala de notas para classificar os defeitos quanto a seu efeito nas condições da superfície:																												
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 10%;">100</td> <td style="width: 5%; border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td style="width: 85%;">Efeito grave, péssimo</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">90</td> <td style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td>Efeito muito ruim</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">75</td> <td style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td>Efeito ruim</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">60</td> <td style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td>Efeito regular</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">45</td> <td style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td>Efeito pequeno</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">30</td> <td style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td>Efeito muito pequeno</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">15</td> <td style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; text-align: center;"> </td> <td>Nenhum efeito ou quase nenhum</td> </tr> </table>					100		Efeito grave, péssimo	90		Efeito muito ruim	75		Efeito ruim	60		Efeito regular	45		Efeito pequeno	30		Efeito muito pequeno	15			0		Nenhum efeito ou quase nenhum
100		Efeito grave, péssimo																										
90		Efeito muito ruim																										
75		Efeito ruim																										
60		Efeito regular																										
45		Efeito pequeno																										
30		Efeito muito pequeno																										
15																												
0		Nenhum efeito ou quase nenhum																										
12. Defeitos:																												
12.1. Seção Transversal Inadequada: calha ( ) mista e encaixada ( ) abaulada encaixada ( )																												
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m)	Severidade do defeito																										
		Baixa	Média	Alta																								
12.2. Ondulações/Corrugações:																												
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m <sup>2</sup> )	Severidade do defeito																										
		Baixa	Média	Alta																								
12.3. Poeira:																												
Nota para o defeito	Altura da nuvem de poeira (m)	Severidade do defeito																										
		Baixa	Média	Alta																								
12.4. Buracos/Paneas:																												
Nota para o defeito	Quantidade de buracos/paneas	Severidade do defeito																										
		Baixa	Média	Alta																								

FIGURA 6.13. Frente da folha individual para inspeção de defeitos utilizada na Fase 2.

12.5. Afundamento nas trilhas de roda:				
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m <sup>2</sup> )	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta

12.6. Segregação de agregados:				
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m)	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta

12.7. Areiões:				
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m)	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta

12.8. Erosões:				
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m <sup>2</sup> )	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta

12.9. Facão:				
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m)	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta

12.10. Trincas de retração:				
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m <sup>2</sup> )	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta

FIGURA 6.14 Verso da folha individual para inspeção de defeitos utilizada na Fase 2.

## **7. RESULTADOS OBTIDOS E CONCLUSÕES PARCIAIS**

---

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos no procedimento experimental e algumas conclusões. O processo para obtenção dos resultados envolveu principalmente a determinação de valores-dedução, ou seja, valores de ponderação do defeito para uma determinada severidade e densidade na amostra. Os valores-dedução foram obtidos de duas maneiras: a partir das médias de notas atribuídas pelos avaliadores diretamente a cada defeito e pelas médias de notas dadas às unidades amostrais e trechos experimentais subtraídas de 100. A homogeneidade e coerência na atribuição de notas pelo painel de avaliação também foi observada.

### **7.1. ALGUNS RESULTADOS DA FASE 1**

#### **7.1.1. Gráficos de valores-dedução**

A partir da construção de gráficos de valores-dedução para cada defeito surgiu a necessidade de alguns ajustes no procedimento experimental que possibilitassem a aquisição de um número maior de dados. A maneira usada para seleção das unidades amostrais no levantamento de campo desta fase, embora estivesse de acordo com o procedimento usado por EATON et al. (1987a), resultou num número de dados muito pequeno para uma análise inicial. Este fato pode ser observado, por exemplo, nos gráficos da Figura 7.1. Todos os gráficos de valores-dedução resultantes desta fase estão reunidos no Anexo C.



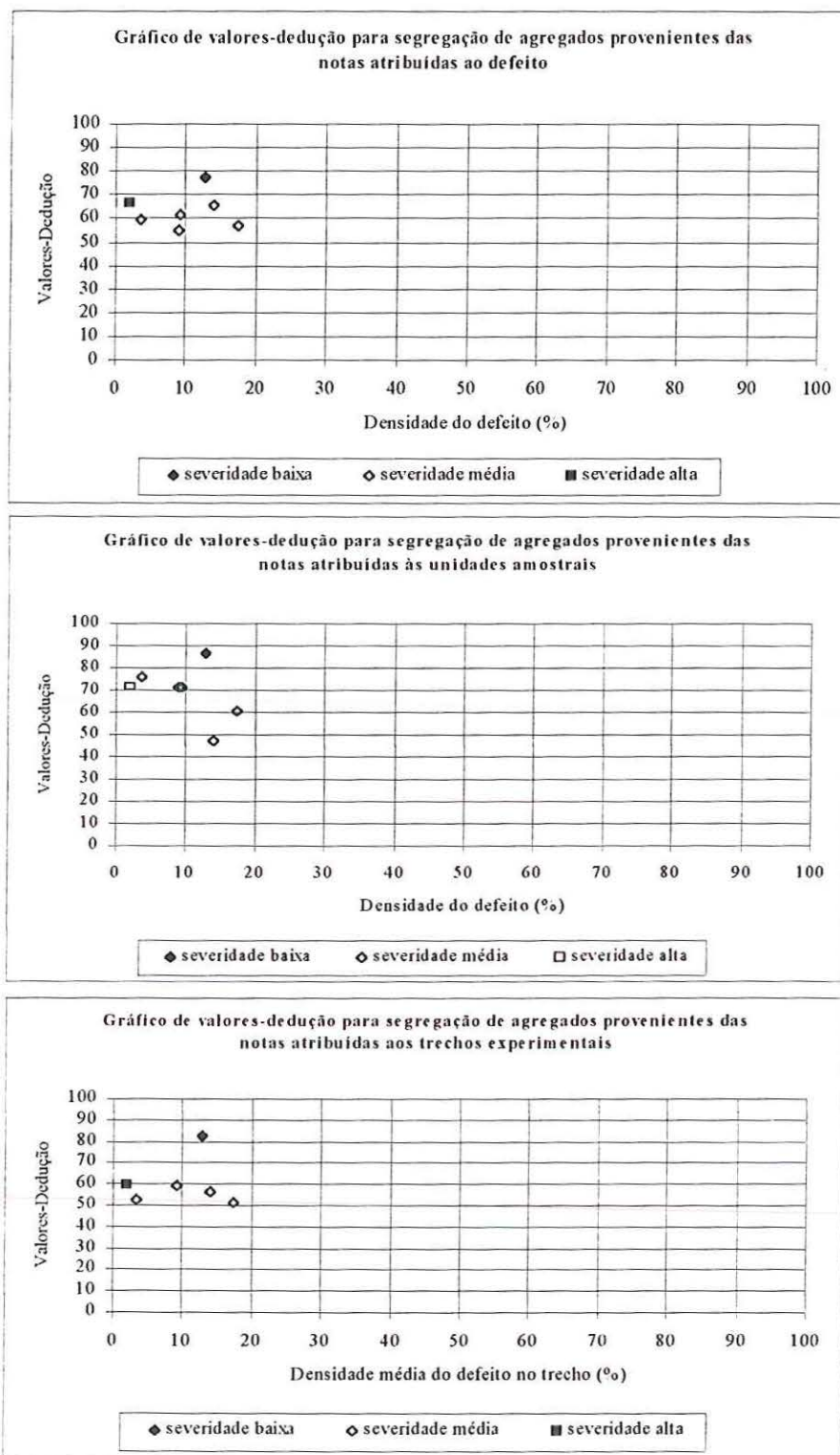


FIGURA 7.1. Gráficos de valores-dedução para o defeito segregação de agregados da Fase I.

### 7.1.2. Análise do desempenho dos avaliadores

A análise da homogeneidade de avaliação de cada membro do painel nesta fase foi realizada com base na análise feita por PEREIRA & DELANNE (1999). Nesta análise, os autores consideraram tolerável um desvio em relação à média de aproximadamente 10% da escala utilizada em suas avaliações (escala de 9 valores).

A homogeneidade foi verificada pela comparação entre as notas individuais e a média de notas do painel (4 avaliadores) para os defeitos, unidades amostrais e trechos, observando-se o desvio absoluto médio de cada avaliador relativo a tal média. Na Tabela 7.1. estão os desvios absolutos médios resultantes de cada defeito para cada avaliador; na Figura 7.2 faz-se uma comparação gráfica da média desses desvios em cada defeito.

TABELA 7.1. Desvios absolutos médios dos avaliadores para cada defeito da Fase 1.

Tipos de defeitos	Severidade	Desvios absolutos médios dos avaliadores				
		01	02	03	04	Média
Seção transversal inadequada	Baixa	10,1	11,0	9,3	8,4	9,7
	Média	5,9	7,4	5,7	6,2	6,3
	Alta	6,0	9,0	6,4	6,7	7,0
Ondulações/Corrugações	Alta	1,3	13,6	17,7	5,1	9,4
Poeira	Baixa	6,4	8,1	10,0	8,4	8,2
	Média	10,4	6,7	11,3	22,9	12,8
	Alta	11,8	11,8	11,8	35,3	17,7
Buracos/Panelas	Baixa	8,3	8,3	7,9	8,1	8,2
	Média	8,4	8,2	5,9	6,1	7,2
	Alta	0,3	0,3	4,7	4,3	2,4
Afundamento nas trilhas de rodas	Baixa	3,9	9,5	7,7	5,1	6,6
	Média	7,6	10,5	9,6	8,3	9,0
Segregação de agregados	Baixa	2,5	7,5	2,5	12,5	6,3
	Média	3,0	6,5	7,2	8,4	6,3
	Alta	3,5	1,5	3,5	5,5	3,5
Arcião	Baixa	7,7	8,9	1,4	2,7	5,2
	Média	7,8	11,0	5,2	3,0	6,8
Atoleiro	Baixa	9,6	13,2	6,8	4,1	8,4
Erosão	Baixa	6,1	11,5	6,6	8,9	8,3
	Média	6,0	7,6	7,7	8,5	7,5
	Alta	4,1	4,9	4,2	5,9	4,8
Facão	Baixa	10,8	9,2	4,2	2,8	6,8
	Média	0,0	8,5	9,0	1,5	4,8
	Alta	8,3	9,7	10,0	5,9	8,5
Trincas de retração	Baixa	9,0	13,6	6,5	9,1	9,6
	Média	6,0	5,5	7,4	9,2	7,0
	Alta	11,0	11,0	4,0	4,0	7,5

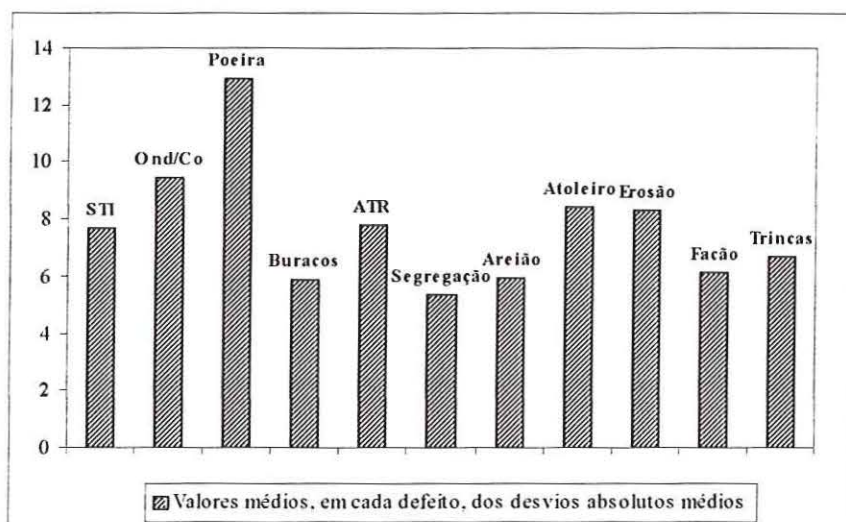


FIGURA 7.2. Comparação gráfica da média de desvios absolutos médios resultante em cada defeito da Fase I.

De uma forma geral, percebe-se pela Figura 7.2 que os avaliadores tenderam a desvios absolutos médios maiores no defeito poeira. Tal fato pode ser considerado como reflexo principal dos elevados desvios do avaliador 04 neste defeito. Os defeitos facão, buracos e areião têm médias semelhantes. Considerando aceitável um desvio absoluto médio de no máximo 10% da escala adotada na avaliação (0 a 100 pontos), verificou-se haver homogeneidade na avaliação dos defeitos, excetuando o defeito poeira, visto que em média os desvios absolutos médios não ultrapassaram 10 pontos.

Na Tabela 7.2 estão os desvios absolutos médios resultantes na avaliação dos trechos e unidades amostrais. De acordo com os dados, tais avaliações também são consideradas homogêneas.

TABELA 7.2. Desvios absolutos médios dos avaliadores nas avaliações dos trechos e unidades amostrais na Fase I.

Avaliações	Desvios absolutos médios dos avaliadores			
	01	02	03	04
Trechos	4.2	7.5	7.2	5.6
Unidades amostrais	6.1	6.5	6.0	7.0

Nas Tabelas 7.3 e 7.4, mostram-se os valores da variância média, desvio padrão médio e coeficiente de variação médio verificado nas avaliações.

TABELA 7.3. Resumo das variâncias médias, desvios padrões médios e coeficientes de variação médios das notas atribuídas aos defeitos na Fase 1.

Tipos de defeitos	Severidade	Variância média	Desvio padrão médio	Coefficiente de variação médio
Seção transversal inadequada	Baixa	180,8	12,9	0,41
	Média	90,6	8,4	0,16
	Alta	97,0	9,2	0,12
Ondulações/Corrugações	Alta	185,4	13,3	0,19
Poeira	Baixa	156,3	10,9	0,67
	Média	308,3	17,2	0,42
	Alta	638,3	24,6	0,41
Buracos/Panelas	Baixa	134,5	10,3	0,32
	Média	120,1	9,4	0,20
	Alta	13,6	3,7	0,06
Afundamento nas trilhas de rodas	Baixa	84,4	8,7	0,15
	Média	132,6	11,1	0,14
Segregação de agregados	Baixa	75,0	8,7	0,11
	Média	82,8	8,5	0,15
	Alta	19,0	4,4	0,07
Areião	Baixa	97,1	7,0	0,15
	Média	106,8	9,2	0,18
Atoleiro	Baixa	168,1	11,3	0,24
Erosão	Baixa	130,6	10,8	0,20
	Média	113,9	9,7	0,14
	Alta	41,8	6,4	0,08
Facão	Baixa	75,6	8,7	0,28
	Média	53,3	7,2	0,23
	Alta	140,7	10,9	0,18
Trincas de retração	Baixa	201,1	13,0	0,34
	Média	107,9	9,7	0,21
	Alta	91,3	9,6	0,13

TABELA 7.4. Resumo das variâncias médias, desvios padrões médios e coeficientes de variação médios das notas atribuídas aos trechos e unidades amostrais na Fase 1.

Avaliações	Variância média	Desvio padrão médio	Coefficiente de variação médio
Trechos	74,3	8,2	0,21
Unidades amostrais	81,5	8,4	0,25

Em média, a variância e os desvios padrões para cada tipo de avaliação (defeitos, trechos e unidades amostrais) se mostraram aceitáveis levando-se em consideração a quantidade de intervalos da escala de avaliação.

## 7.2. RESULTADOS DA FASE 2

Neste item são apresentados detalhadamente os resultados desta fase experimental. No Anexo D podem ser encontradas todas as notas atribuídas pelo painel de avaliação nesta fase.

### 7.2.1. Unidades amostrais

Durante o procedimento experimental cada unidade amostral recebeu uma nota de cada um dos avaliadores. São, portanto, 980 notas, sete para cada uma das 140 unidades amostrais, mostradas na Figura 7.3. A numeração das unidades amostrais (UA) é a que foi originalmente atribuída, isto é, não há, por enquanto, qualquer ordenação dos resultados. Aparecem ainda na figura as médias das notas dos sete avaliadores, para cada unidade amostral.

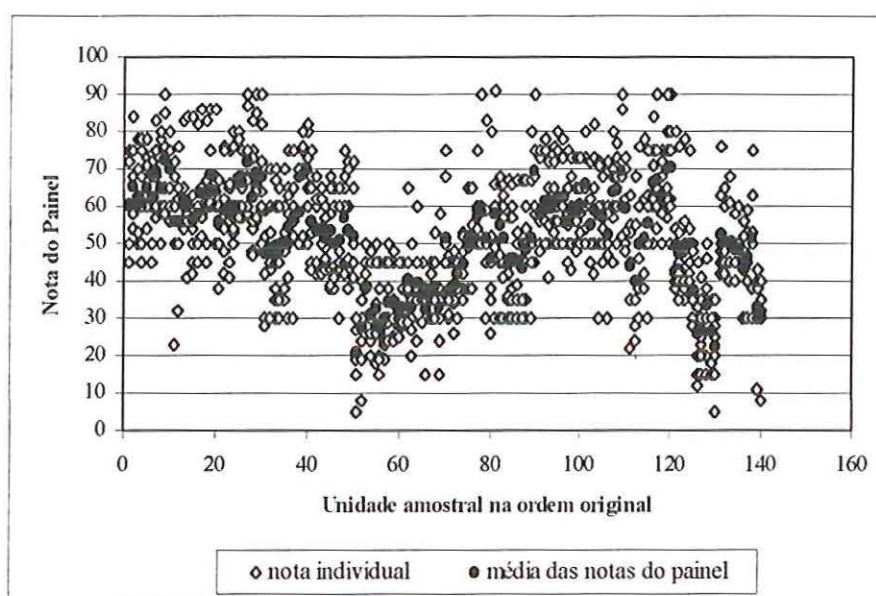


FIGURA 7.3. Gráfico de notas atribuídas às unidades amostrais da Fase 2.

Considerando-se que cada unidade amostral teria uma nota ideal que caracterizaria seu estado, e que as unidades amostrais observadas abrangem uma gama relativamente ampla de condições da superfície, tais unidades podem ser ordenadas de acordo com as notas. A média das notas dos sete avaliadores foi escolhida como parâmetro para tal ordenação. A partir da ordenação dos dados, de acordo com a média, resulta o gráfico da Figura 7.4, onde no eixo das abscissas estão as unidades amostrais numa ordem diferente da original. Esse artifício permite visualizar a linha das médias, que é crescente à direita.

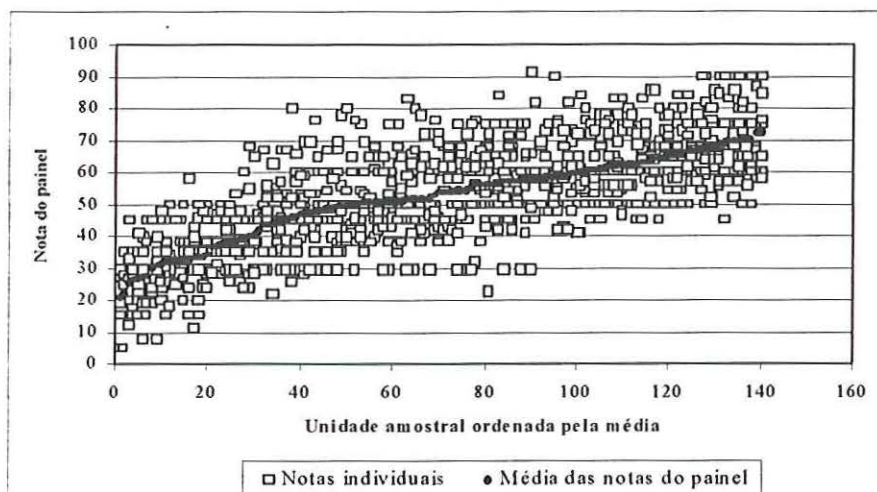


FIGURA 7.4. Gráfico de notas atribuídas às unidades amostrais da Fase 2 ordenadas pela média de notas dos avaliadores.

De posse da média das 980 notas (Média Geral = 51,89) é possível transformar o conjunto de dados, retificando a curva das médias e fazendo-a assumir a forma  $y = 51,89$  para todo o intervalo das unidades amostrais. A obtenção dos dados transformados para cada unidade amostral foi calculado a partir da “distância” (em unidade de nota) entre a média de notas dos 7 avaliadores e a média geral. Para a geração das notas transformadas a distância resultante em cada unidade amostral foi somada ou subtraída de cada uma das sete notas desta mesma unidade amostral. No gráfico da Figura 7.5 estão as 980 notas transformadas.

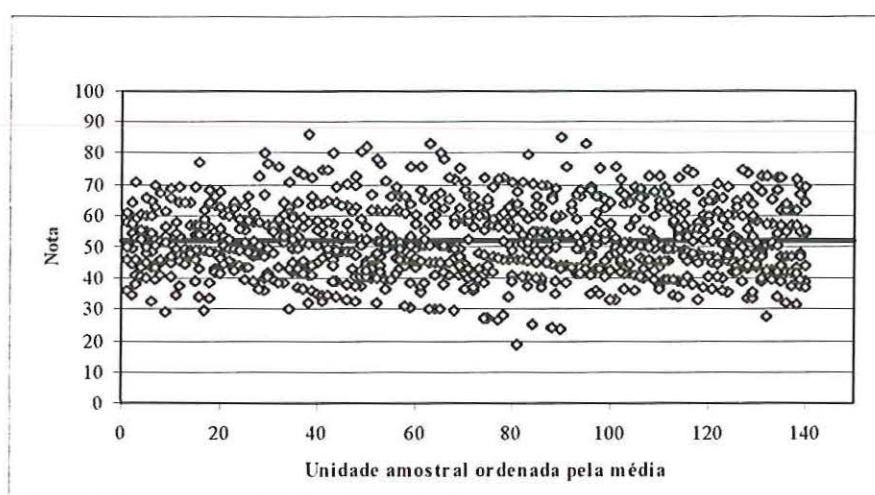


FIGURA 7.5. Gráfico das notas transformadas das unidades amostrais da fase 2 ordenadas pela média de notas dos 7 avaliadores.

Na Tabela 7.5 estão os resultados das estatísticas descritivas do conjunto de dados originais e transformados.

TABELA 7.5. Resultados da análise estatística do conjunto de dados originais e transformados das 140 unidades amostrais da Fase 2.

Função Estatística	Dados originais	Dados transformados
Média	51,89	51,89
Mediana	50,00	50,46
Moda	50,00	49,46
Desvio padrão	16,42	10,90
Variância	269,62	118,7876
Curtose	-0,40	-0,1600
Assimetria	-0,0408	0,3006
Mínimo	5	18,75
Máximo	91	86,03
Intervalo	86	67,28

A adoção desses procedimentos de transformação dos dados justifica-se pela admissão da existência de uma relação funcional entre o estado de cada unidade amostral e a nota a ele atribuída. Toma-se a hipótese, portanto, que os dados originais não se referem a uma amostra de uma população em que as variações em torno da média são devidas ao acaso, mas sim refletem a relação funcional procurada.

A partir deste ponto a análise das notas das unidades amostrais toma como partida os dados transformados. Note-se que, como para cada unidade amostral as distâncias entre as notas são mantidas, as duas médias são idênticas. O desvio padrão é menor para os resultados transformados, uma vez que deixa de refletir a variação das médias dos sete avaliadores. Com o objetivo de melhor visualizar os desvios em torno da média as mesmas informações contidas na Figura 7.5 podem ser organizadas conforme se mostra na Figura 7.6.

A boa distribuição dos dados em torno da média e a conformação com a curva normal (para a mesma média e o mesmo desvio padrão) são mostradas na Figura 7.7. Nota-se a ligeira assimetria para os valores próximos da média e ainda a presença de maiores desvios à direita, para valores acima de dois desvios padrões, sendo esta última característica facilmente visualizada na Figura 7.6.

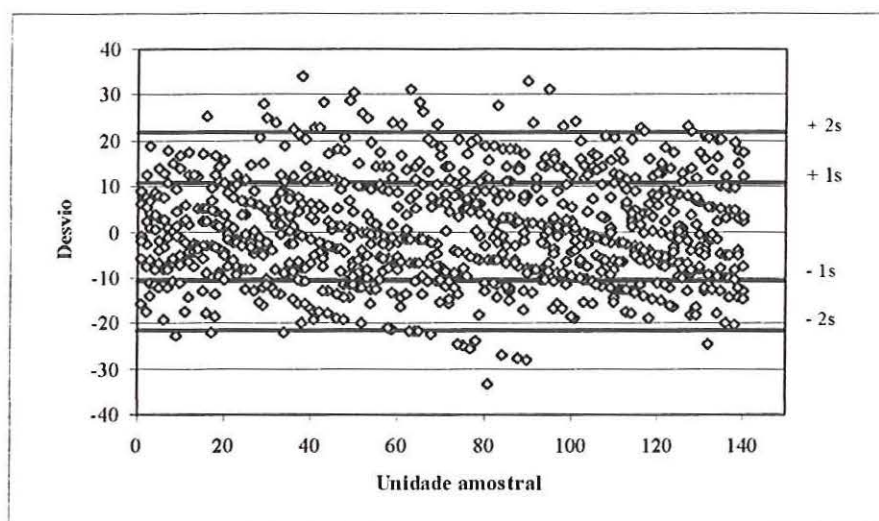


FIGURA 7.6. Gráfico dos desvios em torno da média para os dados transformados das unidades amostrais da Fase 2.

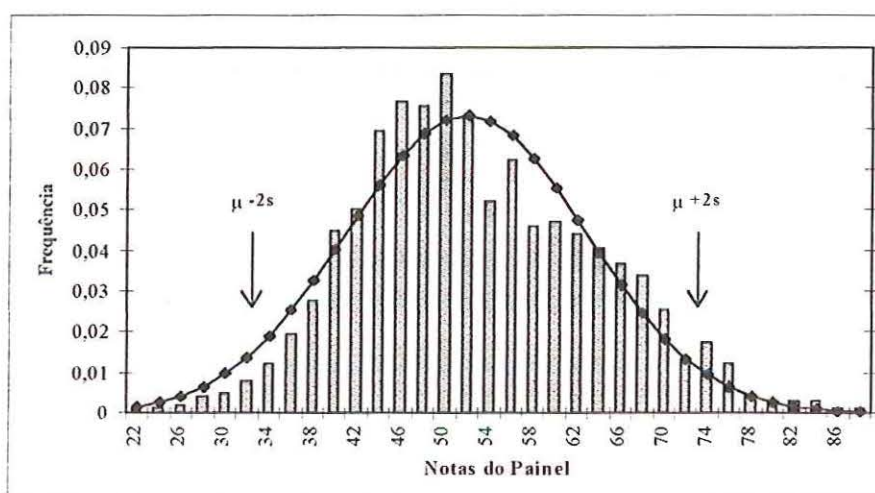


FIGURA 7.7. Distribuição de frequência para as unidades amostrais da Fase 2.

A curtose negativa dos dados transformados, como se observou na Tabela 7.5, de valor igual a  $-0,16$  indica um achatamento da curva de frequência dos dados. Isso reflete o valor relativamente alto do desvio padrão (praticamente 11), para amostra com variação de 67,28 pontos, com máximo de 86,03 e mínimo de 18,75. Entretanto, devido à natureza do problema abordado, acredita-se que os desvios em torno da média das notas de cada unidade amostral não estão surpreendentemente altos. Ressalta-se que essa afirmação tem um caráter apenas especulativo e não se baseia em análise de dados. Representa o “sentimento” do autor e do orientador sobre a avaliação subjetiva de trechos de estradas de terra.



Ainda para se examinar a coerência e dispersão dos dados originais da avaliação das unidades amostrais constrói-se um gráfico com as médias em abscissas e as notas individuais em ordenadas, obtendo-se a Figura 7.8. O valor do coeficiente de determinação  $R^2$  igual a 0,5594 e respectivo coeficiente de correlação  $R$  igual a 0,75 representa uma medida da dispersão dos dados deste defeito.

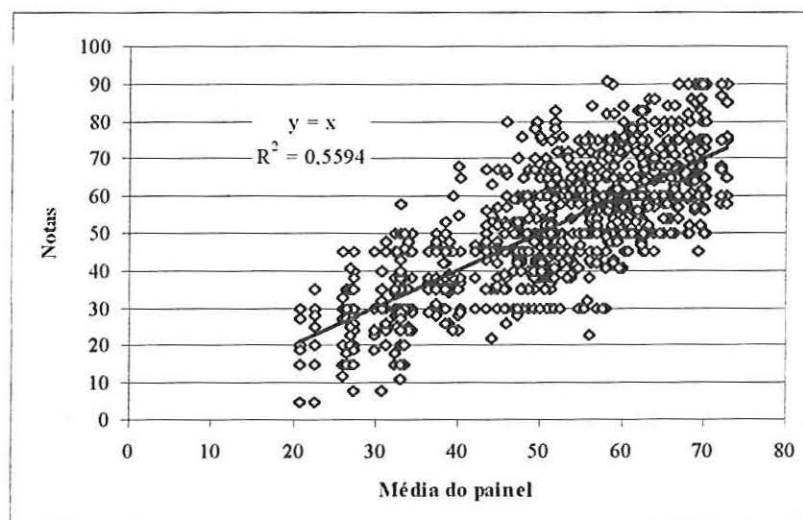


FIGURA 7.8. Gráfico de correlação entre todas as notas de cada unidade amostral da Fase 2 e suas respectivas médias.

### 7.2.1.1. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador

Para cada um dos sete avaliadores foi feita a análise das notas atribuídas, comparando as suas próprias notas com a média dos outros seis. Na Tabela 7.6 são apresentadas as principais estatísticas dos sete conjuntos de seis avaliadores. Na Tabela 7.7 são apresentadas as principais estatísticas de cada avaliador em relação à média do conjunto dos outros seis.

TABELA 7.6. Dados estatísticos para comparação do desempenho de cada avaliador, na atribuição de notas às unidades amostrais, com relação aos sete conjuntos de seis avaliadores.

Conjunto dos demais avaliadores	2, 3, 4, 5, 6, 7	1, 3, 4, 5, 6, 7	1, 2, 4, 5, 6, 7	1, 2, 3, 5, 6, 7	1, 2, 3, 4, 6, 7	1, 2, 3, 4, 5, 7	1, 2, 3, 4, 5, 6
Número de observações	840	840	840	840	840	840	840
Média	51,88	51,04	53,11	51,60	52,05	51,97	51,60
Desvio absoluto médio	8,77	8,47	8,83	8,41	8,43	8,95	8,97
Desvio Padrão	10,88	10,52	10,92	10,40	10,40	11,08	11,09
Coeficiente de variação	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20	0,21	0,21

TABELA 7.7. Dados estatísticos para comparação do desempenho de cada avaliador, na atribuição de notas às unidades amostrais, em relação à média dos outros seis avaliadores.

Avaliador	1	2	3	4	5	6	7
Número de observações	140	140	140	140	140	140	140
Desvio total positivo *	667,67	1242,67	87,00	989,83	767,50	553,17	733,67
Desvio total negativo *	650,17	409,67	1281,67	700,50	919,17	631,33	449,00
Desvio médio positivo *	4,77	8,88	0,62	7,07	5,48	3,95	5,24
Desvio médio negativo *	4,64	2,93	9,15	5,00	6,57	4,51	3,21
Desvio absoluto médio *	9,41	11,80	9,78	12,07	12,05	8,46	8,45
Média	52,00	56,99	44,58	53,66	50,96	51,41	53,64
Desvio Padrão	12,01	12,71	8,14	14,57	14,65	10,63	10,39
Coefficiente de variação	0,23	0,22	0,18	0,27	0,29	0,21	0,191

\* Em relação ao conjunto dos demais avaliadores. Para cada um dos avaliadores os desvios são calculados em relação à média das notas dos outros seis avaliadores, atribuídas a cada unidade amostral.

Na Figura 7.9 apresenta-se um diagrama de barras onde podem ser comparados os desvios que cada avaliador apresenta em torno da média do conjunto dos outros seis.

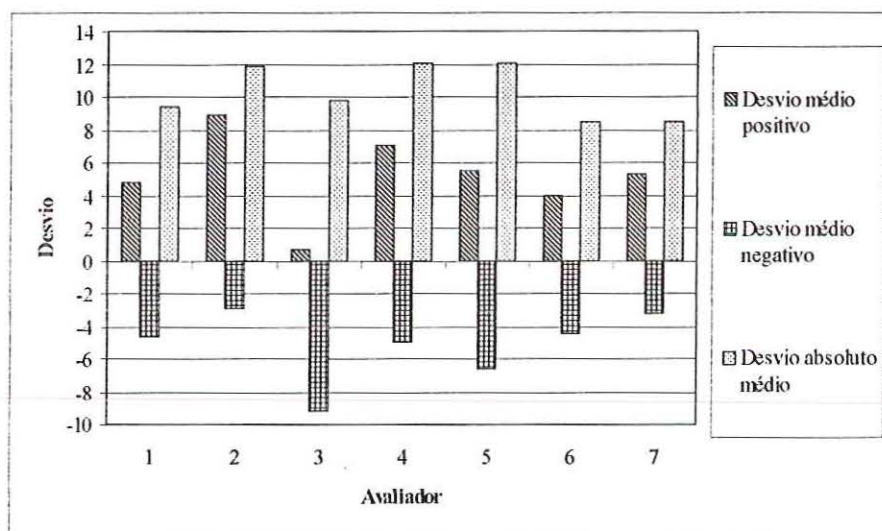


FIGURA 7.9. Diagrama dos desvios de cada avaliador da atribuição de notas às unidades amostrais na Fase 2.

A partir deste diagrama percebe-se que o avaliador 03 tem um acentuado desvio negativo, ou seja, a maioria de suas notas estão abaixo da média; enquanto que o avaliador 02, embora em escala um pouco menor, tende para as notas mais altas. Os avaliadores 06 e 07 têm os melhores equilíbrios entre desvios positivos e negativos e, além disso, apresentam os menores valores de desvio absoluto médio, medida que

inclui tanto os desvios positivos quanto os negativos. O avaliador 01 também mostra equilíbrio entre desvios positivos e negativos mas tem um desvio médio absoluto ligeiramente superior aos dos avaliadores anteriores. Os avaliadores 04 e 05, apesar de certo equilíbrio entre desvios positivos e negativos, mostram os valores mais altos de desvio absoluto médio. Nota-se que a maioria dos avaliadores mostrou homogeneidade na avaliação, tendo em vista um valor máximo tolerado para desvios absolutos médios de 10% da escala adotada na avaliação.

Um outro aspecto a ser considerado na comparação entre os avaliadores é a distribuição dos desvios, para cada unidade amostral, em torno da média atribuída pelos outros avaliadores. A visualização dessa distribuição, em conjunto com os desvios relativos, permitirá identificar tendências particulares de cada avaliador.

Vale lembrar que as médias das notas dos 7 avaliadores, feitas para cada unidade amostral, serviram como base para a ordenação das unidades e o cálculo dos dados transformados. Gráficos com as distribuições de frequência dos desvios dos avaliadores e com as notas atribuídas por cada avaliador em relação à média das outras seis notas estão representadas a partir da Figura 7.10 até a Figura 7.16.

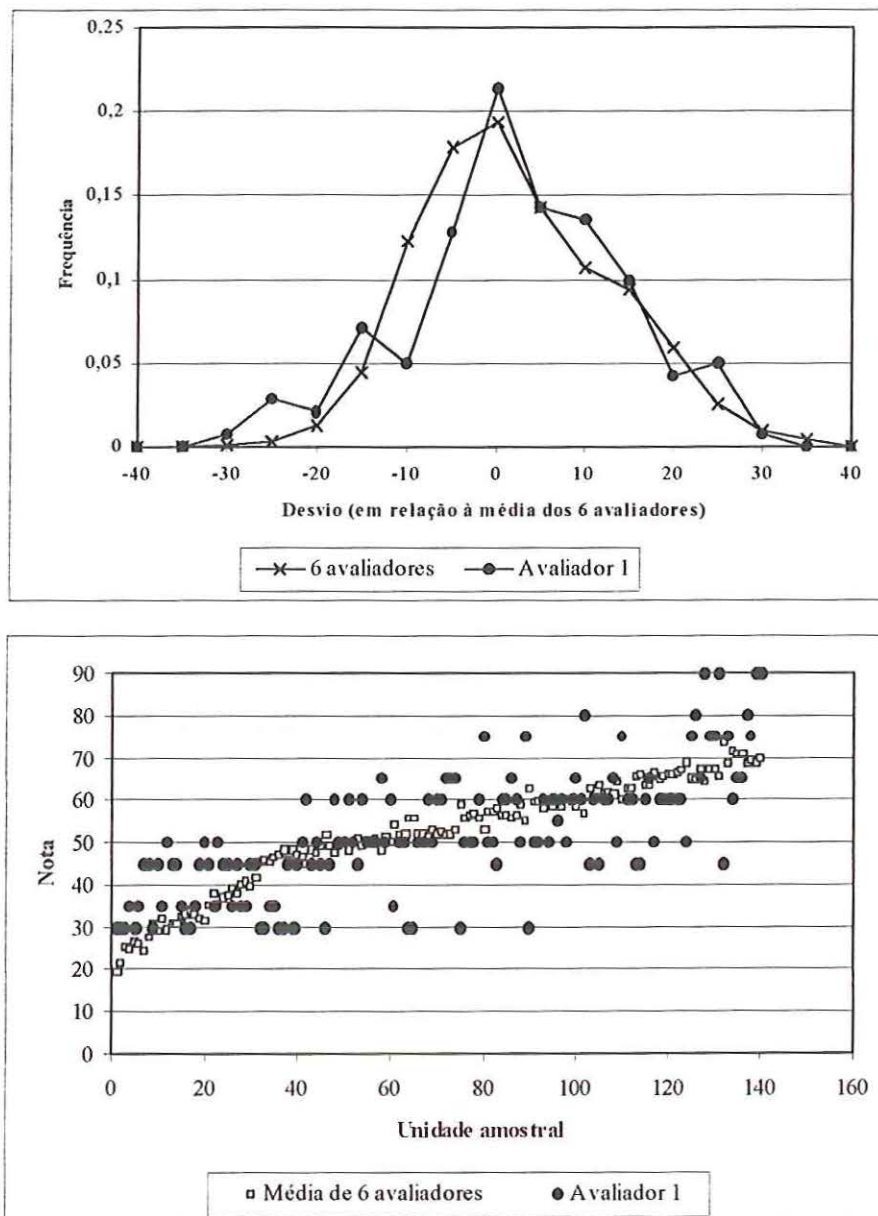


FIGURA 7.10. Gráficos com as distribuições de frequência dos desvios e com as notas atribuídas pelo avaliador 01 em relação à média das outras seis notas para as unidades amostrais da Fase 2.

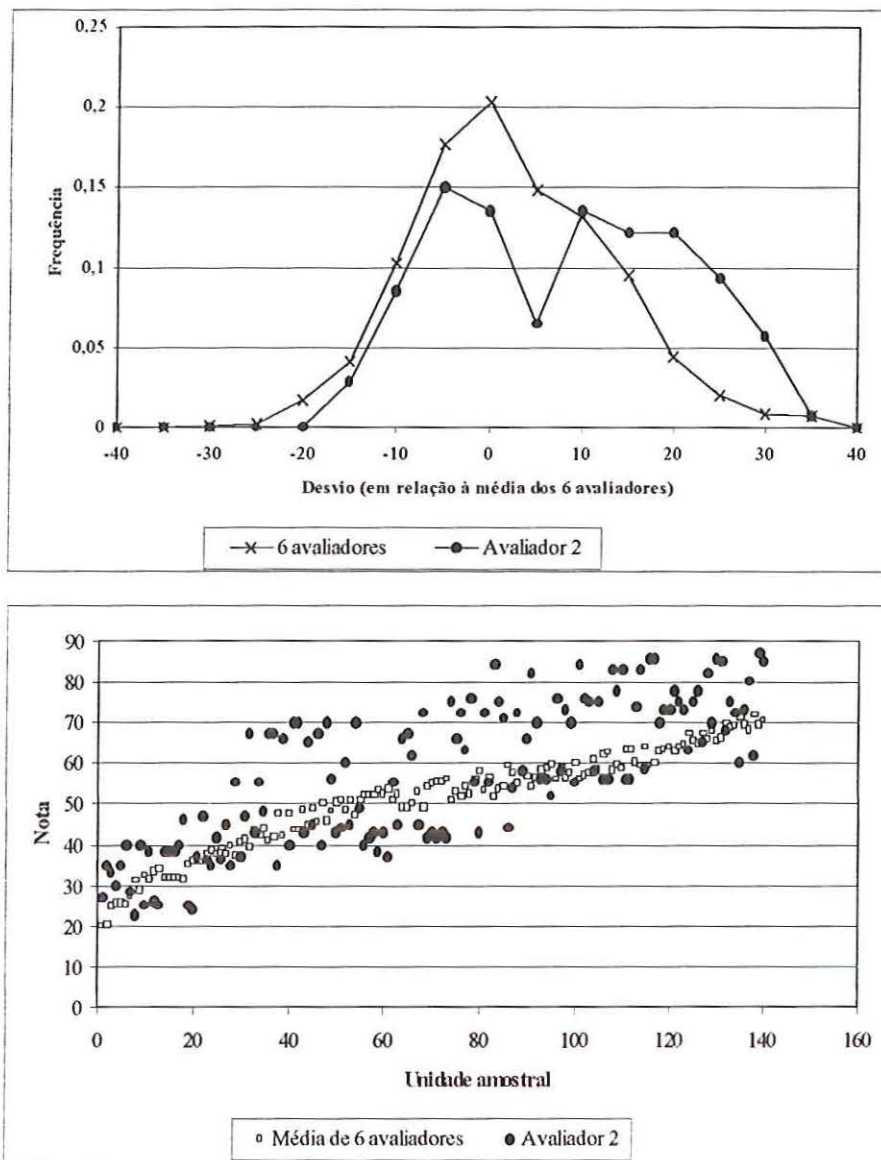


FIGURA 7.11. Gráficos com as distribuições de frequência dos desvios e com as notas atribuídas pelo avaliador 02 em relação à média das outras seis notas para as unidades amostrais da Fase 2.

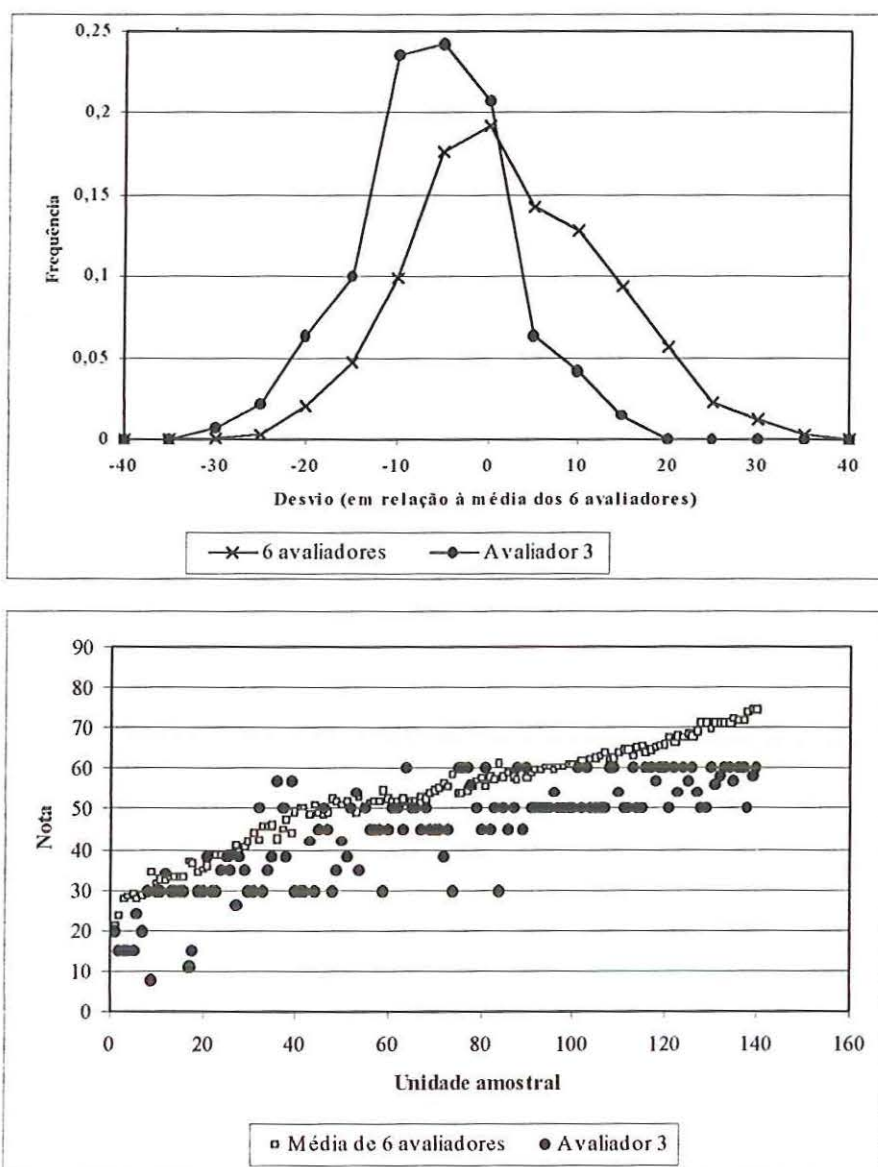


FIGURA 7.12. Gráficos com as distribuições de frequência dos desvios e com as notas atribuídas pelo avaliador 03 em relação à média das outras seis notas para as unidades amostrais da Fase 2.

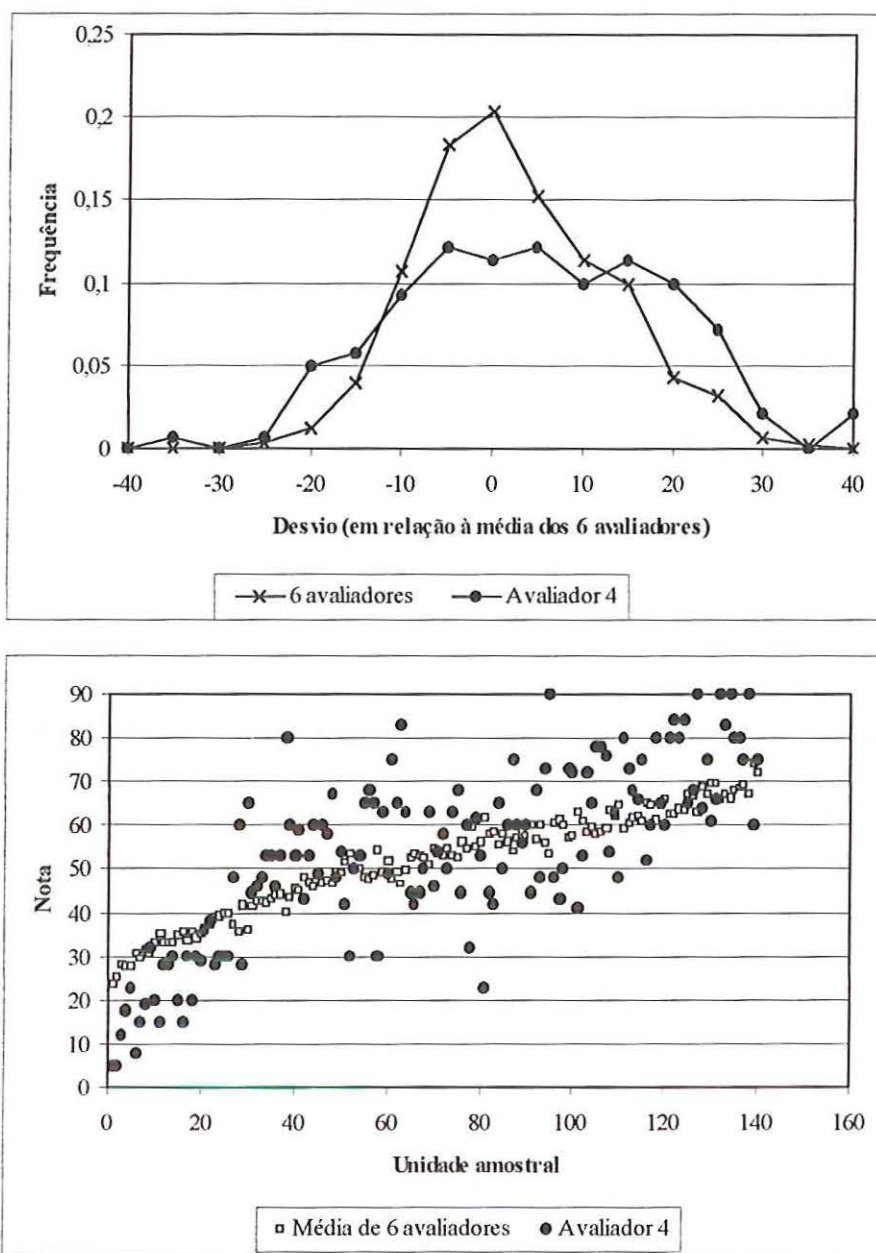


FIGURA 7.13. Gráficos com as distribuições de frequência dos desvios e com as notas atribuídas pelo avaliador 04 em relação à média das outras seis notas para as unidades amostrais da Fase 2.

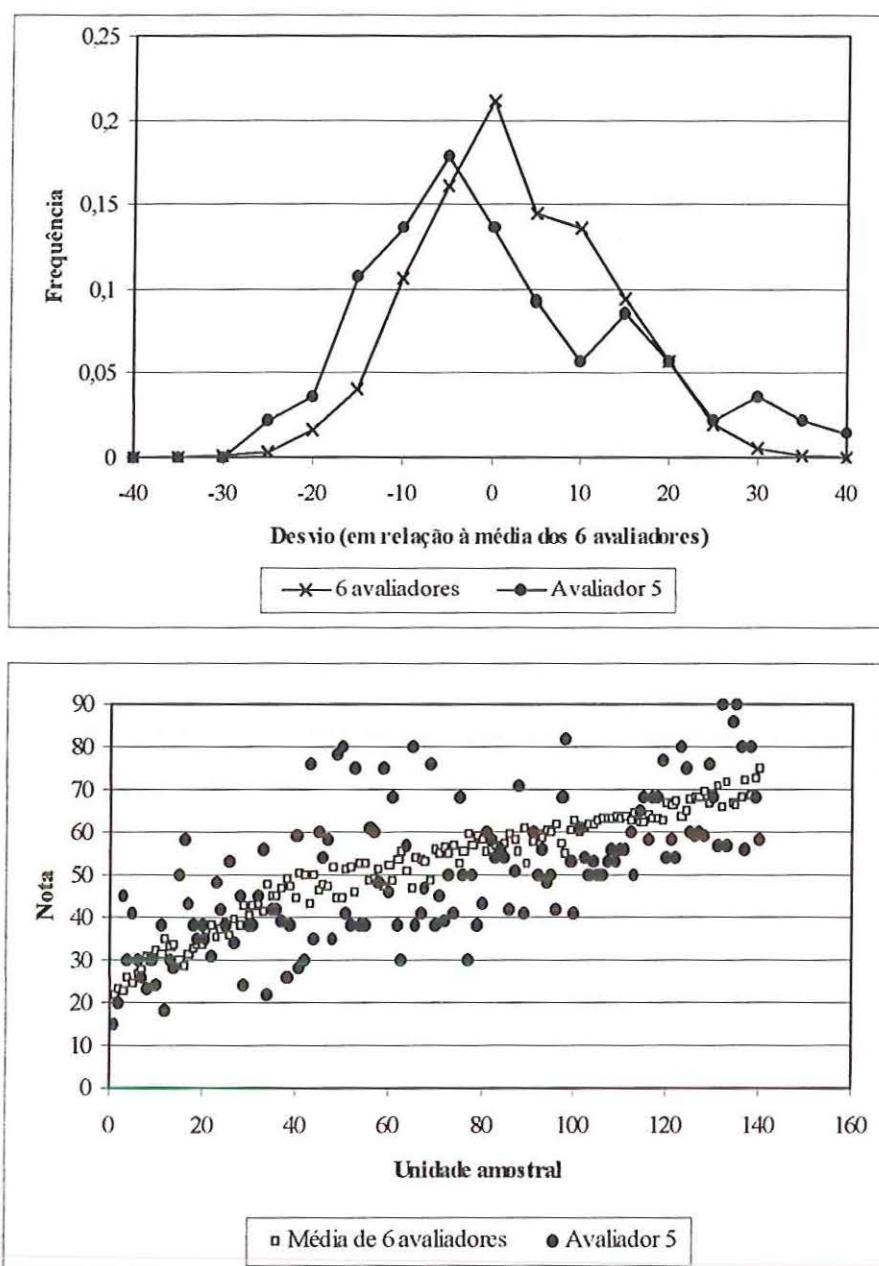


FIGURA 7.14. Gráficos com as distribuições de frequência dos desvios e com as notas atribuídas pelo avaliador 05 em relação à média das outras seis notas para as unidades amostrais da Fase 2.



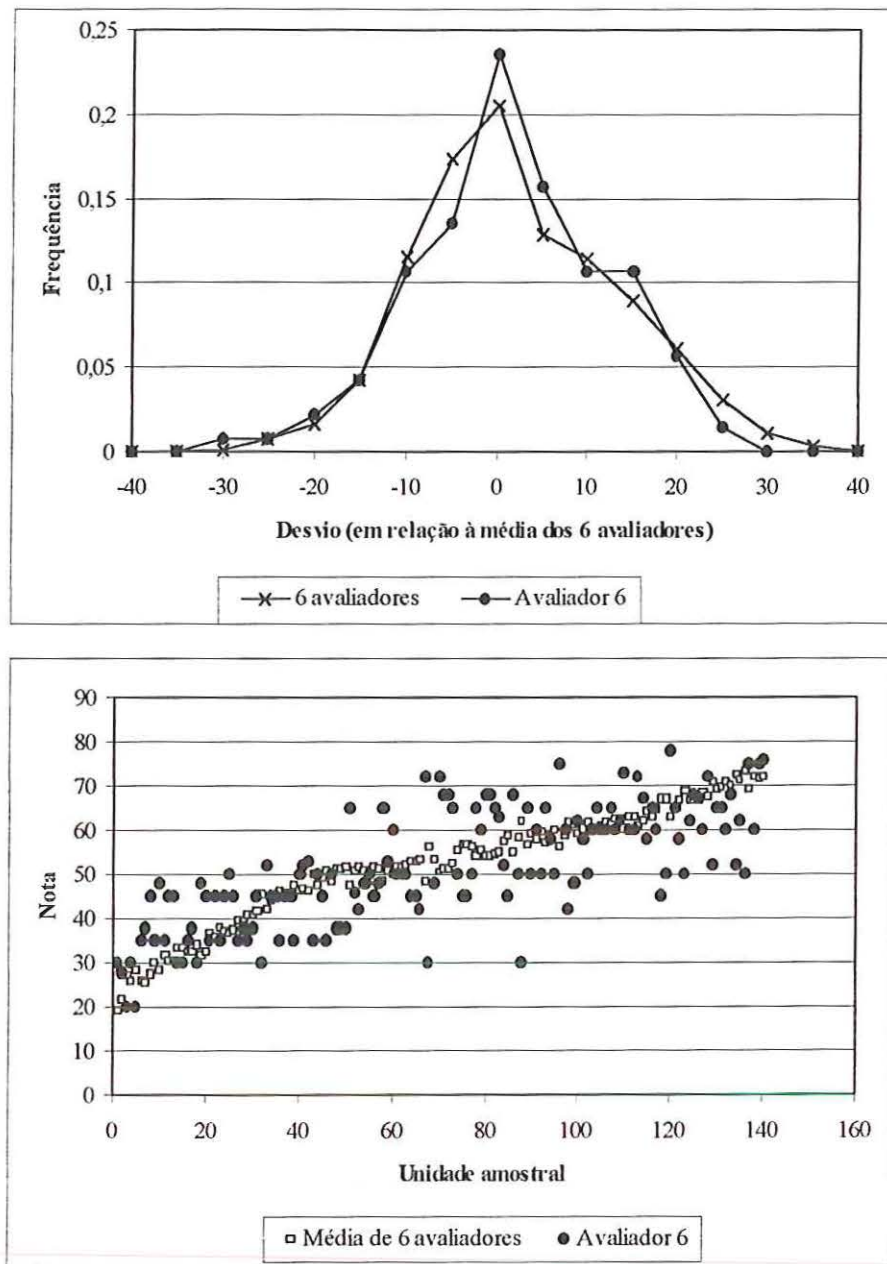


FIGURA 7.15. Gráficos com as distribuições de frequência dos desvios e com as notas atribuídas pelo avaliador 06 em relação à média das outras seis notas para as unidades amostrais da Fase 2.

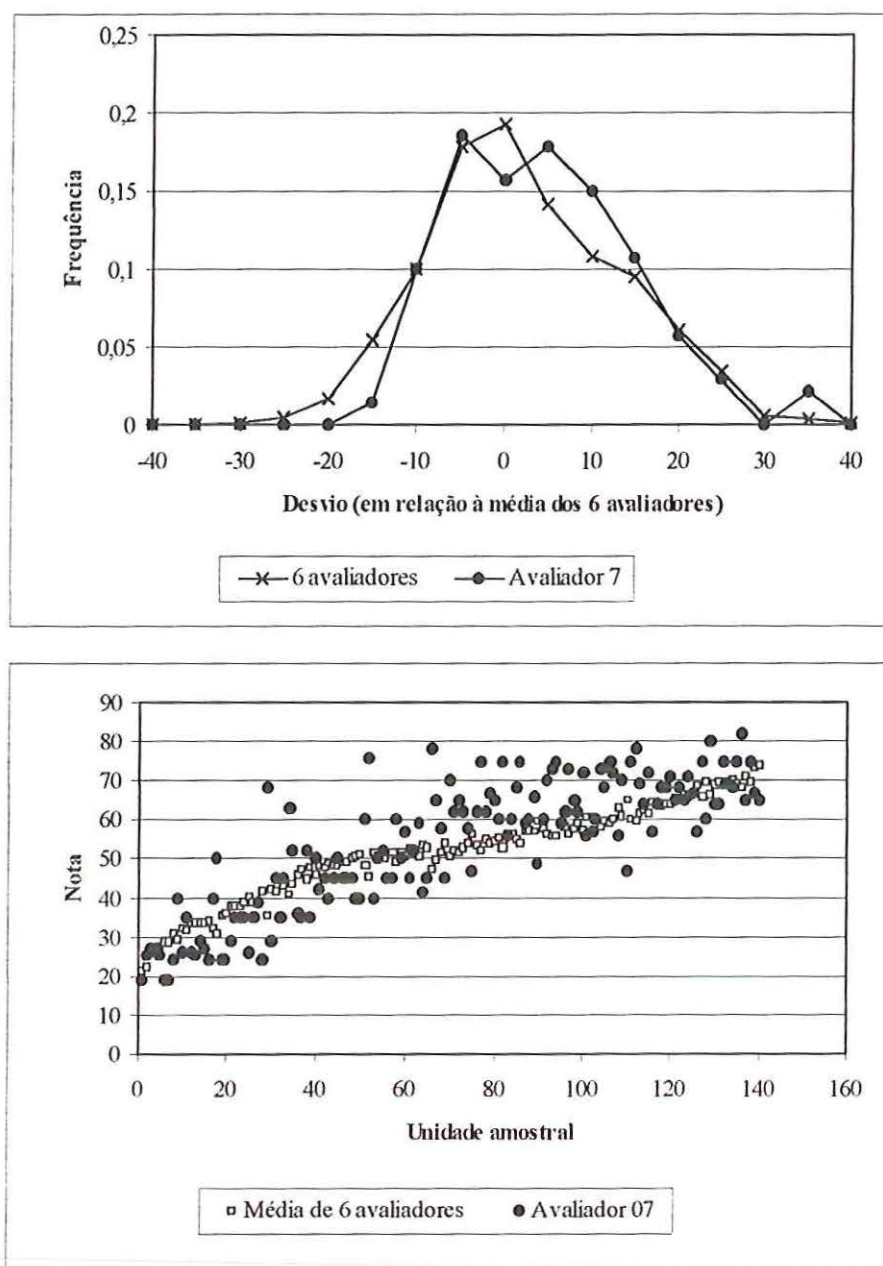


FIGURA 7.16. Gráficos com as distribuições de frequência dos desvios e com as notas atribuídas pelo avaliador 07 em relação à média das outras seis notas para as unidades amostrais da Fase 2.

A partir da análise dos gráficos mostrados da Figura 7.10 até a Figura 7.16 são apresentadas a seguir, para cada avaliador, as seguintes conclusões:

- *Avaliador 01*: A distribuição de frequências dos desvios deste avaliador é bem centrada em relação ao conjunto dos outros seis avaliadores, com variância e desvio padrão da mesma ordem. As médias e os valores de maior frequência são

praticamente coincidentes. Os resíduos têm uma tendência muito leve para o sinal positivo (maiores que a média dos outros seis) na região das notas baixas (menores que 35);

- *Avaliador 02:* A distribuição de frequências dos desvios deste avaliador possui média à direita em relação ao conjunto dos outros seis avaliadores, proveniente dos desvios positivos. A variância e o desvio padrão são ligeiramente maiores, com maiores frequências nos desvios maiores. Os resíduos mostram uma tendência acentuada para lado positivo (maiores que a média dos outros seis) na região das notas acima de 40.
- *Avaliador 03:* A distribuição de frequências dos desvios do avaliador 03 tem média e valor de maior frequência menores em relação ao conjunto dos outros seis avaliadores localizada à esquerda, onde os desvios são negativos. Possui variância e desvio padrão menores. Os resíduos mostram que a tendência acentuada para lado negativo se dá em toda a faixa de notas. Embora com tendência para notas mais baixas, o desvio padrão do avaliador 03 é o menor observado e a distribuição de frequências tem uma boa forma: bastante simetria e pouca dispersão. A média do avaliador 03 é significativamente menor que a média do conjunto.
- *Avaliador 04:* A distribuição de frequências dos desvios do avaliador tem valor de maior frequência pouco definido, com variância e desvio padrão maiores. A média é ligeiramente maior que a do conjunto dos outros seis avaliadores. Nota-se na distribuição uma boa simetria mas uma considerável dispersão. Na região das notas baixas inferiores a 40, os resíduos têm uma tendência muito leve para o sinal negativo (menores que a média dos outros seis). No restante do intervalo a distribuição dos resíduos é relativamente uniforme.
- *Avaliador 05:* Para este avaliador a distribuição de frequências dos desvios apresenta-se com uma média próxima a do conjunto dos outros seis avaliadores, com variância e desvio padrão ligeiramente semelhantes. O valor de maior frequência do avaliador 05 está à esquerda e é menor que a moda dos outros 6

avaliadores. Sua distribuição apresenta certa assimetria, com maior densidade à direita do valor de maior frequência, à semelhança da distribuição dos 6 avaliadores. As notas estão razoavelmente bem distribuídas em torno da linha das médias.

- *Avaliador 06*: Distribuição de frequências dos desvios com média e valor de maior frequência praticamente coincidentes com as do conjunto dos outros seis avaliadores. Variância e desvio padrão muito semelhantes. As notas estão bem distribuídas em torno da linha das médias, sem tendências notáveis.
- *Avaliador 07*: Este avaliador possui uma distribuição de frequências dos desvios com média e valor de maior frequência próximos do conjunto dos outros seis avaliadores. Sua variância e desvio padrão são semelhantes. As notas estão bem distribuídas em torno da linha das médias mas há uma tendência para desvios positivos.

Na avaliação das unidades amostrais verifica-se que a maioria dos avaliadores tem tendência a atribuir notas acima da média. A partir dos dados da Tabela 7.7 construiu-se a Figura 7.17 para efeito de uma comparação gráfica com as médias, desvios e coeficientes de variação calculados.



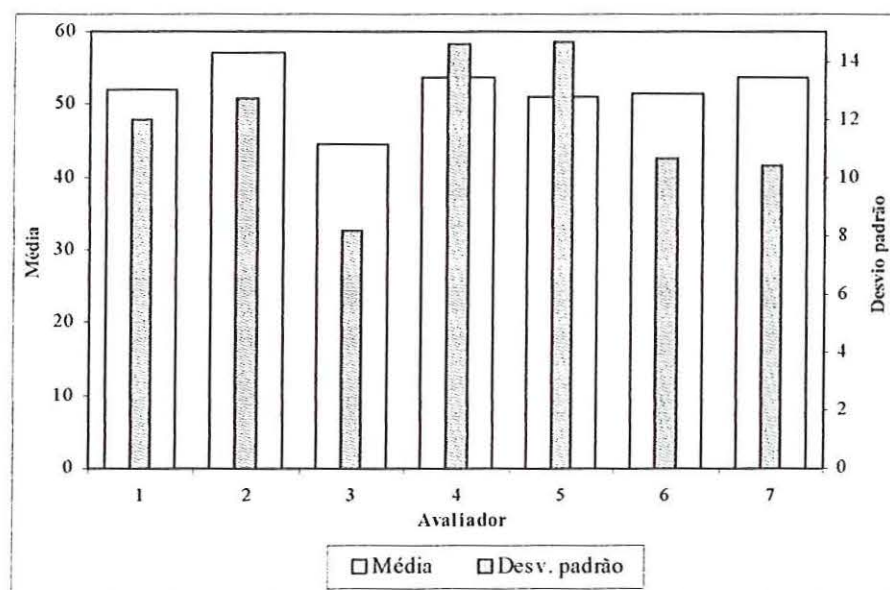


FIGURA 7.17. Comparação gráfica entre média, desvios padrões e coeficientes de variação dos avaliadores na avaliação das unidades amostrais da Fase 2.

Neste gráfico, em virtude da relação de escalas, quando a barra de desvio padrão ultrapassa a barra de média, o coeficiente de variação ultrapassa 0,25.

Do exame da Tabela 7.7 e da Figura 7.17 pode-se notar que a média do avaliador 03 é sensivelmente menor que a média dos outros avaliadores, confirmando o acentuado desvio negativo observado anteriormente. Apesar disso, o desvio padrão das suas notas é menor que os demais e ele apresenta o menor coeficiente de variação. O valor relativo do coeficiente de variação pode ser estimado através da distância que separa o topo das duas barras – de desvio padrão e de média, sabendo-se que quando coincidirem, o coeficiente de variação vale 0,25. Pelo gráfico conclui-se que para os avaliadores 06 e 07 o coeficiente de variação é da mesma ordem que o coeficiente para o avaliador 03. Os avaliadores 04 e 05, embora tenham boas médias, apresentam os maiores valores de coeficiente de variação. Nota-se que a maioria dos avaliadores possui desvio padrão acima do valor tolerado (10% da escala de avaliação).

Considerando apenas a média e o desvio padrão de cada avaliador, podem ser feitos testes de hipótese para verificar se as notas de cada um dos avaliadores são iguais, estatisticamente, às notas do conjunto dos outros 6 avaliadores.

Para essa análise adota-se a hipótese que as 6 médias (cada uma calculada com as notas atribuídas pelo avaliador nas 140 unidades amostrais) representem uma amostra da população das médias e que o desvio padrão da amostra das médias represente o desvio padrão da população das médias. Essa última hipótese não tem muito amparo, uma vez que o desvio padrão não deveria ser estimado através de amostra tão pequena e interna ao próprio experimento.

Compara-se então a média amostral, com a média de cada avaliador. O procedimento pode ser melhor entendido pelo exame da Tabela 7.8 onde estão apresentados todos os elementos usados no cálculo. Para o cálculo da probabilidade da distribuição  $t$  foi adotado grau de liberdade igual a 5. Uma alternativa para a obtenção de um desvio padrão mais aceitável será feita mais adiante.

Da comparação realizada conclui-se que os avaliadores cujo desempenho mais fugiu da média dos demais avaliadores foram os de número 02 e 03. Os números apontados na última coluna indicam que para o avaliador 02 há 7% de probabilidade de se obter ao acaso uma média igual à sua, ou seja, igual a 56,99, de uma população representada pela amostra de 6 elementos, com média amostral de 51,04 e desvio padrão de 3,359. Para o avaliador 03 a situação é mais grave: há apenas 0,6% de probabilidade de se obter um valor de 44,58 de um universo em que a média amostral é 53,11 e desvio padrão 2,208.

Mas mesmo levando-se em conta a fragilidade das hipóteses adotadas para a presente análise, pode-se considerar aceitável o desempenho do avaliador 02 e inaceitável o do avaliador 03, confirmando a suspeita baseada na análise visual qualitativa dos gráficos de desvios que estão nas Figuras 7.10 a 7.16.

TABELA 7.8. Comparações de médias e teste de hipóteses para cada avaliador das notas atribuídas às unidades amostrais.

Avaliador em análise	Média dos outros 6		Média das médias	Desvio Padrão das médias	Média do avaliador em análise	Comparação		
						t de student	Área monocaudal probabilidade	Porcentagem
01	02	56,99	51,87	4,165	52,00	0,030	0,488	48,8
	03	44,58						
	04	53,66						
	05	50,96						
	06	51,41						
	07	53,64						
06	01	52,00	51,97	4,159	51,41	0,135	0,449	44,9
	02	56,99						
	03	44,58						
	04	53,66						
	05	50,96						
	07	53,64						
05	01	52,00	52,05	4,141	50,96	0,262	0,402	40,2
	02	56,99						
	03	44,58						
	04	53,66						
	06	51,41						
	07	53,64						
07	01	52,00	51,60	4,079	53,64	0,500	0,319	31,9
	02	56,99						
	03	44,58						
	04	53,66						
	05	50,96						
	06	51,41						
04	01	52,00	51,60	4,077	53,66	0,506	0,317	31,7
	02	56,99						
	03	44,58						
	05	50,96						
	06	51,41						
	07	53,64						
02	01	52,00	51,04	3,359	56,99	1,771	0,068	6,8
	03	44,58						
	04	53,66						
	05	50,96						
	06	51,41						
	07	53,64						
03	01	52,00	53,11	2,208	44,58	3,863	0,006	0,6
	02	56,99						
	04	53,66						
	05	50,96						
	06	51,41						
	07	53,64						

Uma outra maneira de abordar a mesma questão, ou seja, de se analisar o desempenho do avaliador 03 e obter uma estimativa mais justa do desvio padrão é descrita a seguir:

- Toma-se o conjunto de dados transformados relativos a todos os avaliadores, exceto o avaliador em questão, o avaliador 03. São, portanto, 840 dados. Considera-se esse conjunto como satisfatoriamente representativo da população de notas transformadas (aqui reside a hipótese mais forte e discutível dessa abordagem);
- Sabe-se, por outro lado, que as 140 notas atribuídas pelo avaliador 03 têm certas estatísticas que a descrevem (média, desvio padrão etc.);
- Calcula-se a diferença entre a média do primeiro conjunto, que representa a população, e a média da amostra, considerada como sendo os dados do avaliador 03, e pergunta-se: *“Poderia ser obtida, ao acaso, uma amostra de 140 elementos do primeiro conjunto, que apresentasse a mesma diferença de médias? Qual é a probabilidade associada a esse evento?”*.

Uma indicação de resposta e avaliação grosseira da probabilidade pode ser obtida através da geração de conjuntos aleatoriamente escolhidos da “população” e comparação de pares de médias. Para tal foram gerados, com os 840 dados disponíveis, 30 (trinta) conjuntos compostos dos 840 dados ordenados aleatoriamente. Para cada um foram calculadas as médias de cada um dos 140 conjuntos - 6 médias para cada arranjo, perfazendo portanto 180 médias. Foram calculadas 1000 (mil) diferenças entre médias, tomando-se a primeira média de um arranjo e a segunda de outro arranjo. A distribuição das 1000 diferenças de médias é apresentada na Figura 7.18.



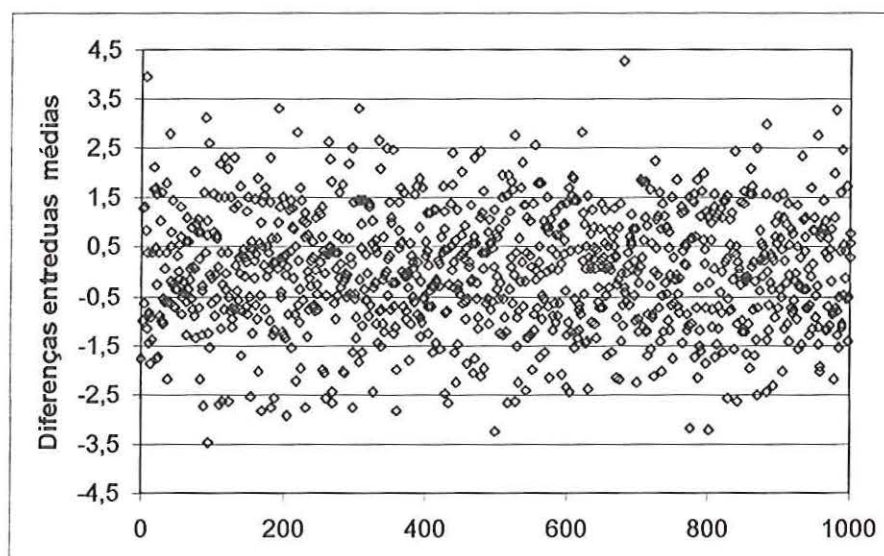


FIGURA 7.18. Gráfico com as 1000 diferenças entre as médias.

As estatísticas das diferenças entre médias, resumidas na Tabela 7.9 mostram que a média, mediana, curtose e a assimetria são próximas de zero. O desvio padrão é baixo, como era de se esperar.

TABELA 7.9. Resultado estatístico das 1000 diferenças entre as médias.

Função estatística	Valores
Média	0,0073
Mediana	0,0226
Desvio padrão	1,1991
Variância	1,4380
Curtose	-0,0192
Assimetria	0,0011
Intervalo	7,7607
Mínimo	-3,4738
Máximo	4,2869

Considerando o valor absoluto das diferenças, ou seja, as duas caudas da curva de distribuição, a contagem dos pontos em função da distância até a média pode ser resumida na Tabela 7.10 e Figura 7.19.

TABELA 7.10. Contagem dos desvios da média.

Desvio absoluto menor que	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5
Ocorrência (em 1000)	1	2	10	40	96	206	407	690
Porcentagem	0,1	0,2	1	4	9,6	20,6	40,7	69
Desvio absoluto menor que	4,00	3,50	3,19	3,00	2,77	2,62	2,5	2,38
Ocorrência (porcentagem)	0,1	0,2	0,5	1	2	3	4	5

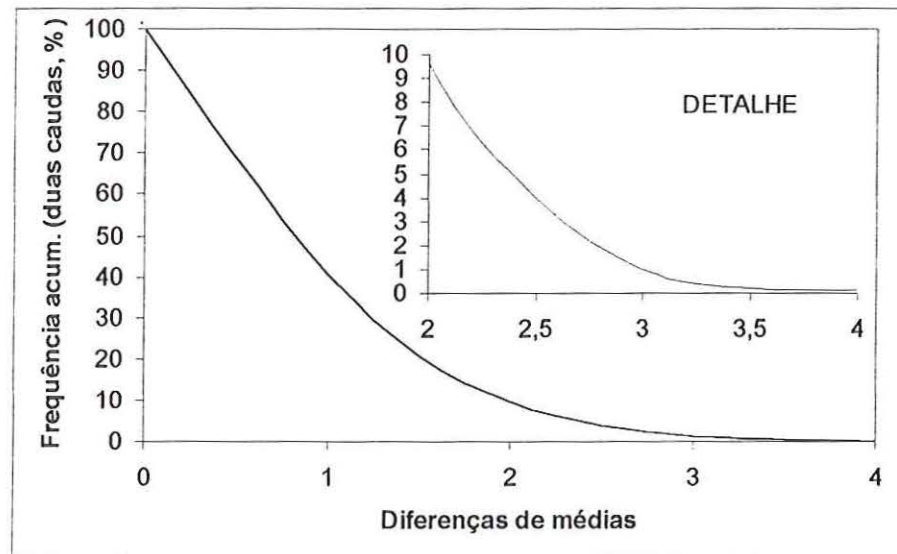


FIGURA 7.19. Representação gráfica da contagem dos desvios da média.

Em conclusão pode-se dizer que é muito pequena a probabilidade que o critério de avaliação praticado pelo avaliador 03 seja compatível com o critério empregado pelos demais avaliadores, isto é, a média das suas notas foge consideravelmente da média das notas dos demais avaliadores.

Avaliador 3		Avaliadores 1, 2, 4, 5, 6, 7		Diferença	Frequência observada
Média	44,58	Média	53,11	8,53	0 (menor que 0,1%)

Adotando-se como representativo da população em questão, o desvio padrão das diferenças, obtido através do processo descrito, pode-se ainda aplicar a análise estatística convencional e calcular o parâmetro  $Z_0$  :

$$Z_0 = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma} \rightarrow Z_0 = \frac{44,58 - 53,11}{1,1991} \rightarrow \boxed{Z_0 = 7,11}$$

Dando entrada em tabela de teste de significância obtém-se um valor muito próximo de zero, indicando que as notas do avaliador 03 não podem ser consideradas como pertencentes ao conjunto dos demais avaliadores.

É preciso ressaltar que não se sabe, a rigor, se as notas do avaliador 03 são mais corretas, ou seja, apropriadas para descrever o estado da unidade amostral, do que as notas dos demais avaliadores. Pode-se dizer apenas que há uma indicação de divergência ou não concordância de níveis atribuídos. A decisão de excluir esse avaliador do conjunto é de mérito do pesquisador. A análise estatística serve apenas de subsídio para essa decisão. Observe-se ainda que a situação do avaliador 02 é similar, mas com discrepâncias quantitativamente menores.

### 7.2.2. Trechos experimentais

No procedimento experimental foram selecionados 14 trechos experimentais sendo cada um desses trechos classificado, de acordo com uma nota que representasse o estado da sua superfície de rolamento, por cada um dos avaliadores. Desse procedimento resultou um total de 98 notas atribuídas, ou seja, sete para cada um dos 14 trechos. Na Figura 7.20 estão representadas as 98 notas ordenadas pela média das notas obtidas em cada trecho, assumindo desta maneira a média como a nota ideal para a caracterização do seu estado. Este procedimento permitiu visualizar a linha das médias que é crescente à direita.

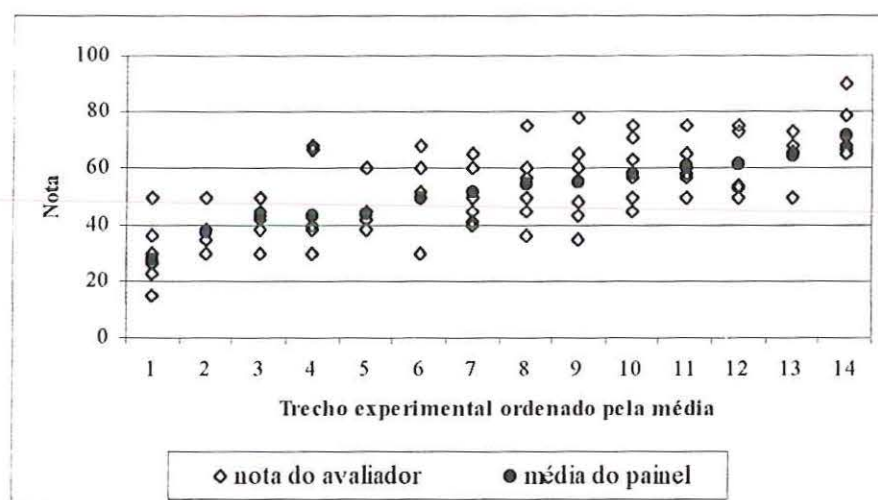


FIGURA 7.20. Gráfico de notas atribuídas aos trechos experimentais da Fase 2 ordenadas pela média de notas do painel.

Seguindo o mesmo procedimento realizado para as unidades amostrais, de posse da média geral das 98 notas atribuídas aos trechos, os dados foram transformados

fazendo a curva das médias assumir a forma  $y = 51,61$ . A transformação dos dados foi feita através do cálculo, em unidade de nota, do valor necessário para que a média das notas do painel (7 avaliadores) fosse igual a média do conjunto de notas.

O valor resultante em cada ponto foi somado ou subtraído de cada uma das 7 notas atribuídas naquele trecho, para que no final a média fosse igual a 51,61. Na Figura 7.21 está apresentado o novo conjunto de notas transformadas pela operação descrita. A partir dos dados transformados procede-se a uma análise descritiva a fim de comparar seu comportamento com o resultado de similar análise dos dados originais; os resultados numéricos podem ser vistos na Tabela 7.11.

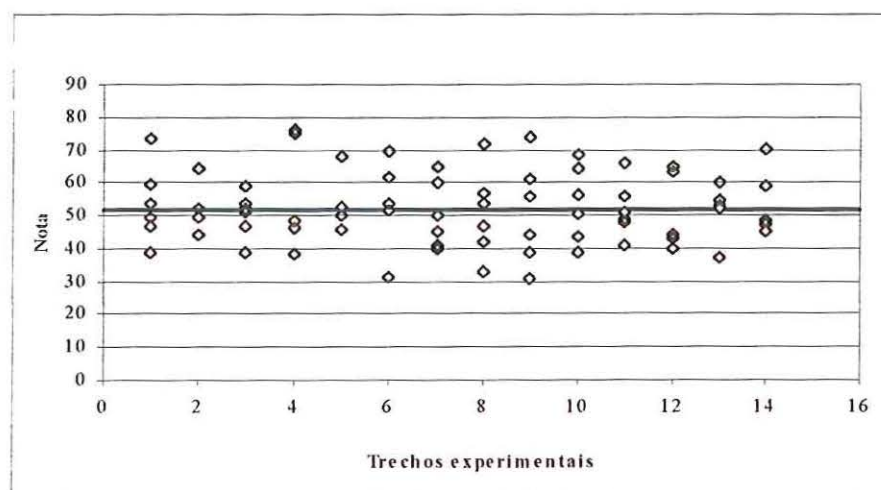


FIGURA 7.21. Gráfico das notas transformadas dos trechos experimentais da Fase 2 ordenadas pela média de notas dos 7 avaliadores.

TABELA 7.11. Resultados da análise estatística do conjunto de dados originais e transformados dos 14 trechos experimentais da Fase 2.

Função Estatística	Dados originais	Transformados
Média	51,61	51,61
Mediana	50,00	50,90
Moda	50,00	52,04
Desvio padrão	15,47	10,50
Variância	239,17	110,29
Curtose	-0,55	-0,35
Assimetria	-0,08	0,34
Mínimo	15,00	31,04
Máximo	90,00	76,32
Intervalo	75,00	45,28

Comparando os dados originais aos transformados verifica-se que o desvio padrão dos dados transformados é menor. Pela representação gráfica da distribuição de frequência e a curva normal (Figura 7.22) usando para ambos a mesma média e desvio padrão. Fica perceptível o significado de um coeficiente de inclinação igual a 0,34 para os dados transformados: uma ligeira assimetria com inclinação à direita ou positiva na curva de frequência; e ainda a curtose negativa igual a  $-0,35$  desses dados indica uma distribuição de frequência dos dados achatada, isso se dá pelo valor do desvio padrão (igual a 10,5). Representando certo sentimento sobre a avaliação subjetiva dos trechos avaliados, os desvios em torno da média das notas de cada trecho experimental são considerados dentro de um limite aceitável. A média da população dos dados originais (igual a 51,61) não se afasta muito da sua mediana (igual a 50,00), desta forma percebe-se que a distribuição de frequências não tem uma assimetria tão acentuada.

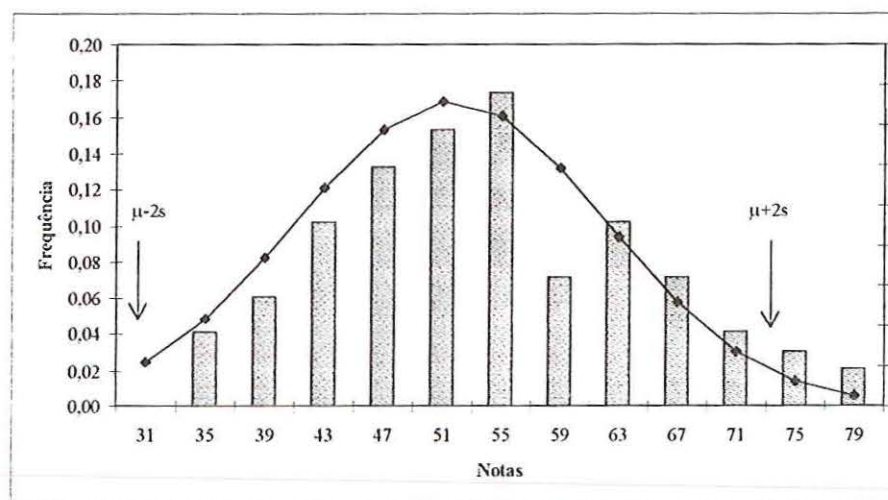


FIGURA 7.22. Distribuição de frequência para os trechos experimentais da Fase 2.

Verifica-se na Figura 7.23 a coerência e dispersão dos dados originais, calculando o coeficiente de correlação entre as médias de cada um dos trechos experimentais e as respectivas notas individuais. O valor de R (coeficiente de correlação) obtido é igual a 0,73, valor satisfatório.

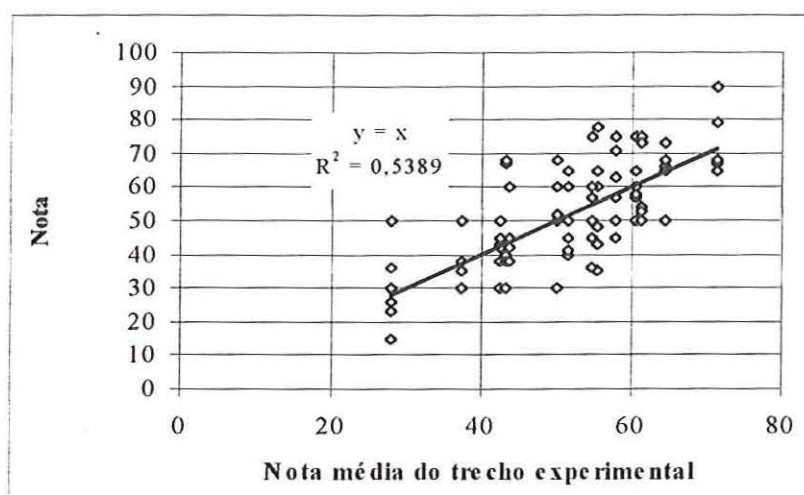


FIGURA 7.23. Gráfico de correlação entre todas as notas de cada trecho experimental da Fase 2 e suas respectivas médias.

#### 7.2.2.1. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador

Para cada um dos sete avaliadores foram comparadas as suas próprias notas com a média dos outros seis. Na Tabela 7.12, são apresentadas as principais estatísticas de cada avaliador em relação à média do conjunto dos outros seis; na Tabela 7.13, são apresentadas as principais estatísticas dos sete conjuntos de seis avaliadores.

TABELA 7.12. Dados estatísticos para comparação do desempenho de cada avaliador, na atribuição de notas aos trechos experimentais, em relação à média dos outros seis avaliadores.

Avaliador	1	2	3	4	5	6	7
Nº observações	14	14	14	14	14	14	14
Desvio total positivo*	63,67	20,67	17,33	83,83	24,67	90,67	176,33
Desvio total negativo*	66,67	110,00	72,83	61,17	114,00	50,50	2,00
Desvio médio positivo*	4,55	1,48	1,24	5,99	1,76	6,48	12,60
Desvio médio negativo*	4,76	7,86	5,20	4,37	8,14	3,61	0,14
Desvio absoluto médio*	9,31	9,33	6,44	10,36	9,90	10,08	12,74
Média	51,43	46,14	48,21	53,00	46,14	54,07	62,29
Desvio Padrão	11,34	9,86	6,88	12,92	11,76	13,20	9,17
Coefficiente de variação	0,22	0,21	0,14	0,24	0,25	0,24	0,15

\* Em relação ao conjunto dos demais avaliadores. Para cada um dos avaliadores os desvios são calculados em relação à média das notas dos outros seis avaliadores, atribuídas a cada unidade amostral.

TABELA 7.13. Dados estatísticos para comparação do desempenho de cada avaliador, na atribuição de notas aos trechos experimentais, com relação aos sete conjuntos de seis avaliadores.

Conjunto dos demais avaliadores	2, 3, 4, 5, 6, 7	1,3,4, 5,6,7	1,2,4, 5,6,7	1,2,3, 5,6,7	1,2,3, 4,6,7	1,2,3, 4,5,7	1,2,3, 4,5,6
Nº observações	84	84	84	84	84	84	84
Média	51,64	52,52	52,18	51,38	52,52	51,20	49,83
Desvio absoluto médio	8,35	8,33	8,95	8,16	8,18	8,08	7,53
Desvio Padrão	12,46	12,34	12,84	12,20	12,07	12,10	11,48
Coefficiente de variação	0,24	0,23	0,25	0,24	0,23	0,24	0,23

Os dados dos desvios de cada avaliador com relação à média dos outros seis avaliadores está representado graficamente na Figura 7.24.

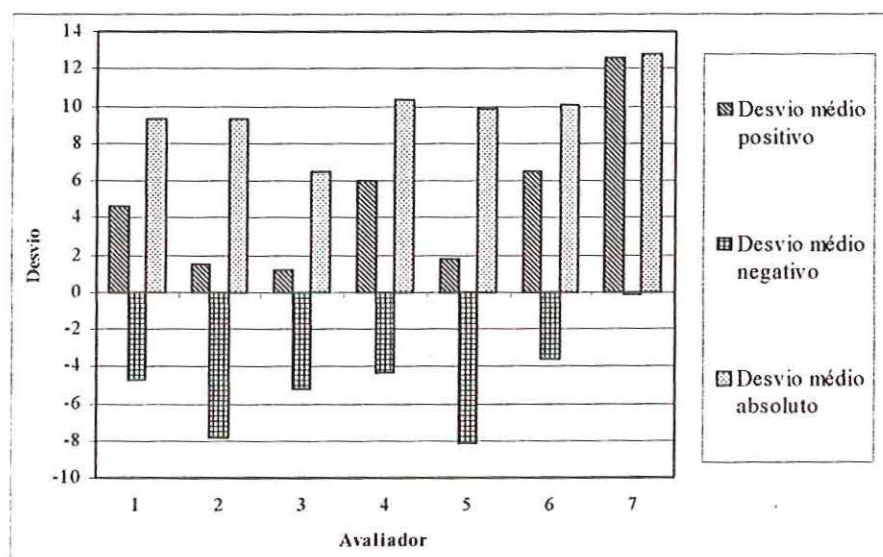


FIGURA 7.24. Diagrama dos desvios de cada avaliador na atribuição de notas aos trechos experimentais na Fase 2.

Percebe-se que o único que apresenta um certo equilíbrio entre os desvios negativos e positivos é o avaliador 01. O avaliador 07 apresenta um elevado desvio positivo (maioria de notas superiores à média), com o maior valor de desvio absoluto médio. Entre os avaliadores 04, 05 e 06 nota-se uma proximidade nos desvios absolutos médios, bem como entre os avaliadores 01 e 02. O avaliador 03 apresenta, entre todos os avaliadores, o menor desvio absoluto médio. A maioria dos avaliadores tendeu a notas inferiores à média. Na avaliação dos trechos a maioria dos avaliadores foi homogênea, com desvio absoluto médio inferior a 10% da escala adotada (10 pontos).

Ainda analisando comparativamente o desempenho de cada avaliador, no gráfico da Figura 7.25 são apresentados as médias, os desvios padrões e coeficientes de variação de cada avaliador .

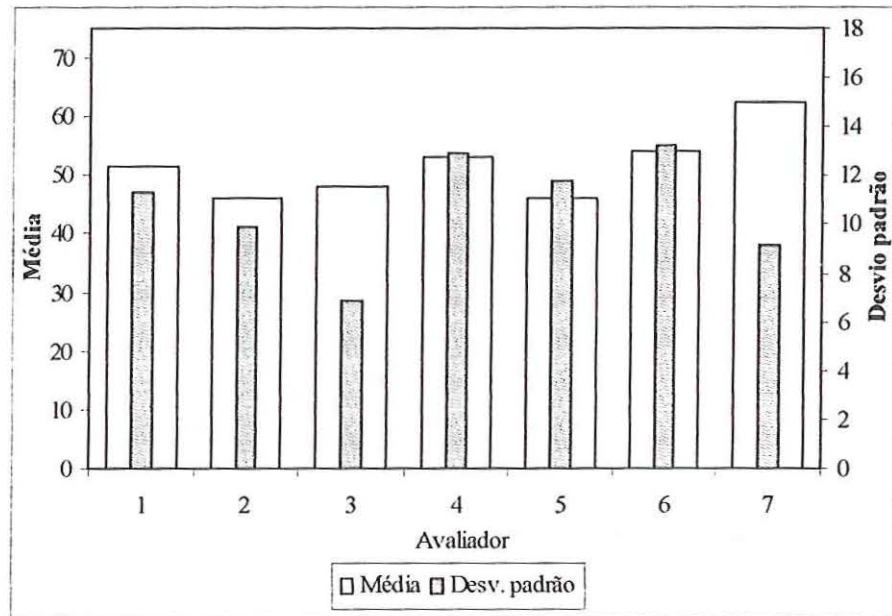


FIGURA 7.25. Comparação gráfica entre média, desvios padrões e coeficientes de variação dos avaliadores na avaliação dos trechos experimentais da Fase 2.

Analisando a Figura 7.25 e a Tabela 7.12, nota-se que o avaliador 07 possui a maior média do grupo, espelhando o acentuado desvio positivo, além de, junto ao avaliador 03, apresentar os menores desvios padrões. Os avaliadores 04 e 06 apresentam coeficientes de variação de mesma ordem e o avaliador 05 possui o maior coeficiente dentre todos os avaliadores. O avaliador 01 apesar de apresentar a melhor média não possui um desvio padrão aceitável, ou seja, inferior a 10 pontos; o avaliador 02 apresenta um coeficiente de variação da mesma ordem do coeficiente do avaliador 01. Vale ressaltar que, devido à escala usada, quando a barra de desvio padrão ultrapassa a da média o coeficiente de variação é superior a 0,24; desta forma, quando coincidirem o coeficiente de variação é igual a 0,24. A maioria dos avaliadores teve um desvio padrão acima do valor máximo aceitável.

Prosseguindo a análise, com o objetivo de verificar se as notas de cada avaliador são estatisticamente iguais às notas dos conjuntos dos outros 6 avaliadores, procedeu-se a um teste de hipóteses. Os resultados estão apresentados na Tabela 7.14.



TABELA 7.14. Comparações de médias e teste de hipóteses para cada avaliador das notas atribuídas aos trechos experimentais.

Avaliador em análise	Média dos outros 6		Média das médias	Desvio Padrão das médias	Média do avaliador em análise	Comparação		
						t de student	Área monocaudal probabilidade	Porcentagem
2	1	51,43	52,52	5,631	46,14	1,134	0,154	15,4
	3	48,21						
	4	53,00						
	5	46,14						
	6	54,07						
	7	62,29						
5	1	51,43	52,52	5,631	46,14	1,134	0,154	15,4
	2	46,14						
	3	48,21						
	4	53,00						
	6	54,07						
	7	62,29						
3	1	51,43	52,18	6,000	48,21	0,661	0,269	26,9
	2	46,14						
	4	53,00						
	5	46,14						
	6	54,07						
	7	62,29						
1	2	46,14	51,64	6,220	51,43	0,034	0,487	48,7
	3	48,21						
	4	53,00						
	5	46,14						
	6	54,07						
	7	62,29						
4	1	51,43	51,38	6,184	53,00	0,262	0,402	40,2
	2	46,14						
	3	48,21						
	5	46,14						
	6	54,07						
	7	62,29						
6	1	51,43	51,20	6,106	54,07	0,470	0,329	32,9
	2	46,14						
	3	48,21						
	4	53,00						
	5	46,14						
	7	62,29						
7	1	51,43	49,83	3,477	62,29	3,583	0,008	0,8
	2	46,14						
	3	48,21						
	4	53,00						
	5	46,14						
	6	54,07						

Como no procedimento seguido para as unidades amostrais, para o cálculo da probabilidade da distribuição  $t$  foi adotado grau de liberdade igual a 5.

A partir dos resultados obtidos no teste de hipóteses, conclui-se que o avaliador cujo desempenho mais fugiu da média dos demais avaliadores na classificação dos trechos experimentais foi o avaliador 07. Este avaliador apresentou uma probabilidade muito baixa, igual a 0,8%, de se obter ao acaso uma média igual à sua (igual a 62,29), de uma população representada pela amostra de 6 elementos, com média amostral de 49,83 e desvio padrão de 3,477.

### **7.2.3. Comparação entre as classificações do painel e as obtidas pelo método de EATON et al. (1987a)**

As classificações das unidades amostrais e trechos atribuídas subjetivamente em campo ( $ICENP_{\text{PAINEL}}$ ) e as classificações das mesmas unidades e trechos obtidas pelo método de EATON et al. (1987a) -  $ICENP_{\text{EATON}}$  foram comparadas para verificar a correlação existente, pois para muitos pesquisadores a avaliação subjetiva, a partir da utilização de um painel de usuários, é o meio mais eficaz de avaliação da qualidade de viagem.

A qualidade de viagem captada pelos usuários, segundo POTTER et al. (1992), constitui a medida mais importante do desempenho de uma rede rodoviária, fornecendo respostas válidas para apoiar os órgãos responsáveis pela manutenção rodoviária. CAREY & IRICK (1960) afirmam que apenas o julgamento de um painel de usuários pode estabelecer o nível de serviço de uma estrada. As Figuras 7.26 e 7.27 contêm os gráficos resultantes desta comparação.

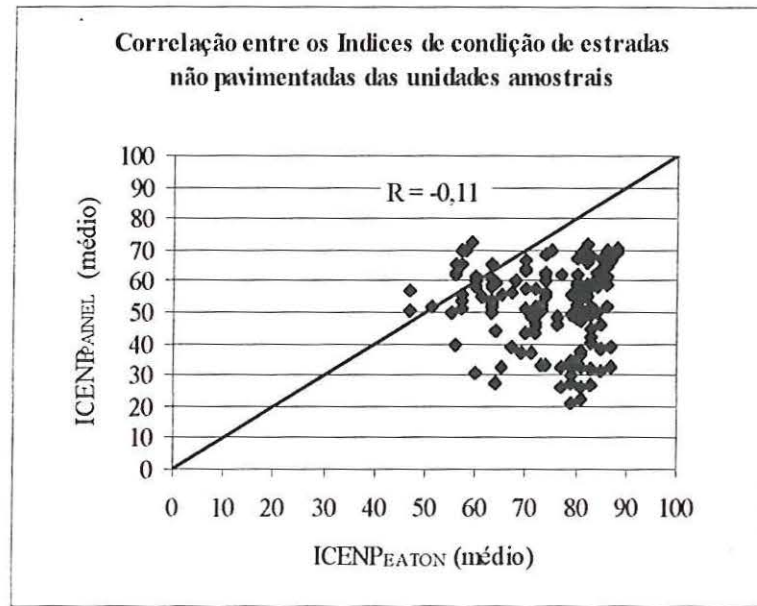


FIGURA 7.26. Gráfico com os valores médios de ICENP<sub>PAINEL</sub> e ICENP<sub>EATON</sub> das unidades amostrais da Fase 2.

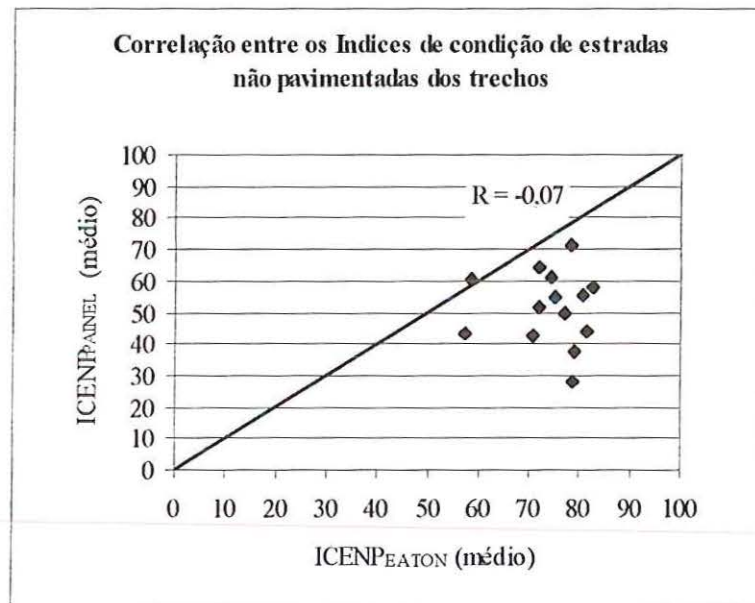


FIGURA 7.27. Gráfico com os valores médios de ICENP<sub>PAINEL</sub> e ICENP<sub>EATON</sub> dos trechos experimentais da Fase 2.

A correlação entre as classificações das unidades amostrais e trechos representadas nestes gráficos são muito baixas, o que reforça a afirmação de ODA (1995) sobre a necessidade de adaptação do método de EATON et al. (1987a) às condições encontradas nas estradas não pavimentadas brasileiras. No Anexo F são apresentadas as fichas de inspeção das unidades amostrais classificadas segundo o método de

EATON et al. (1987a). Na Tabela 7.15 os resultados das classificações dos trechos, a partir da média dos índices de condição de EATON et al. (1987a) das unidades amostrais, são apresentados resumidamente.

TABELA 7.15. Resumo dos resultados da avaliação das condições dos trechos pelo método de EATON et al. (1987a).

Trechos	ICENP <sub>EATON</sub>	Classificação
1	58,5	Boa
2	71,9	Muito boa
3	74,2	Muito boa
4	80,5	Muito boa
5	57,4	Boa
6	78,5	Muito boa
7	81,3	Muito boa
8	77,0	Muito boa
9	78,2	Muito boa
10	75,2	Muito boa
11	82,6	Muito boa
12	71,9	Muito boa
13	79,2	Muito boa
14	70,9	Muito boa

Lembrando que segundo EATON et al. (1987a) as classificações dos trechos de estradas não pavimentadas são obtidas a partir da média das classificações das unidades amostrais de cada trecho, foram calculados os ICENP<sub>PAINEL</sub> de cada trecho a partir das médias das notas atribuídas pelo painel às unidades amostrais contidas em cada um dos trechos (ICENP<sub>PAINEL2</sub>). Para verificar a representatividade das avaliações subjetivas do painel esses dados foram confrontados com os valores médios dos ICENP<sub>PAINEL</sub> atribuídos diretamente aos trechos (ICENP<sub>PAINEL1</sub>). A Figura 7.28 contém o resultado da correlação.

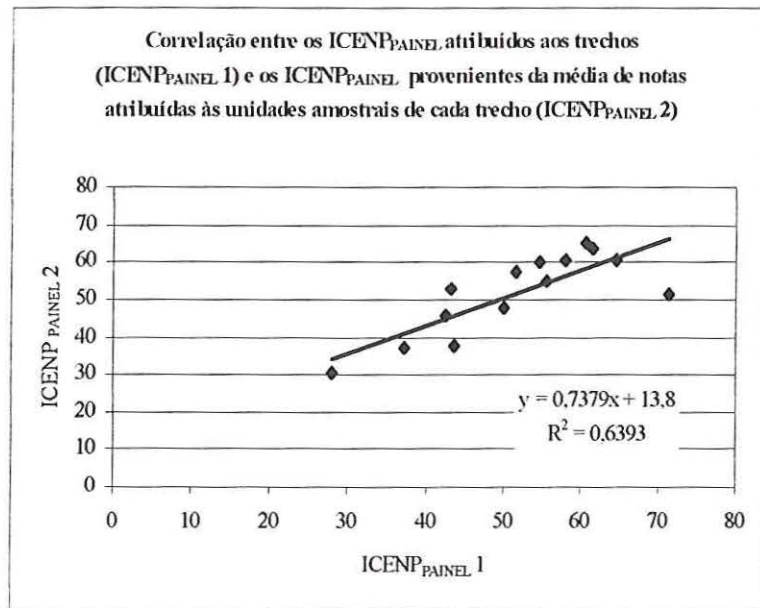


FIGURA 7.28. Gráfico de correlação entre os ICENP<sub>PAINEL</sub>.

As avaliações subjetivas das unidades amostrais e dos trechos se mostraram satisfatórias obtendo um coeficiente de determinação  $R^2$  igual a 0,6393 e respectivo coeficiente de correlação  $R$  entre os dados igual a 0,80, aproximadamente, o que significa dizer que o painel atribuiu coerentemente suas notas, sendo as notas atribuídas às unidades amostrais representativas das notas atribuídas aos respectivos trechos.

#### 7.2.4. Defeito seção transversal inadequada

A seção transversal inadequada, segundo EATON et al. (1987a), é o defeito resultante de uma superfície sem declividade transversal para conduzir a água para as valetas. Os níveis de severidade do defeito estão relacionados à quantidade de depressões existentes na superfície da estrada, quanto maior a quantidade de depressões maior será a severidade do defeito. Os níveis de severidade adotados no trabalho foram:

- *Baixo*: superfície praticamente plana, com nenhuma ou pouca ocorrência de defeitos;
- *Médio*: superfície em forma de bacia, com ocorrência moderada de defeitos;
- *Alto*: alta ocorrência de defeitos, com grandes depressões nas trilhas das rodas.

A percentagem do defeito numa determinada unidade amostral, ou seja, sua densidade, é determinada através da relação entre a medida longitudinal do defeito (medida paralelamente ao eixo da estrada) e a área da unidade amostral. Desta forma, o comprimento máximo do defeito será o mesmo da unidade amostral (30 m).

Durante o levantamento de campo conduzido neste trabalho a forma mais encontrada do defeito foi a seção encaixada do tipo calha. Este tipo de defeito foi observado em todas as unidades amostrais avaliadas, com o mesmo comprimento e sempre numa única severidade por unidade. Todos os níveis de severidade foram encontrados, sendo aproximadamente 70% das ocorrências de severidade baixa, 27% de severidade média e apenas 3 % de severidade alta. A seguir são apresentados os gráficos de valores-dedução para este defeito obtidos com os dados do levantamento de campo da Fase 2.

#### **7.2.4.1. Gráficos de valores-dedução**

Na Figura 7.29 são apresentados os gráficos de valores-dedução calculados a partir das notas atribuídas diretamente ao defeito, unidades amostrais e trechos. Nestes gráficos verifica-se que o defeito não apresentou uma densidade superior a 35 % nas unidades amostrais percorridas. Avaliando a forma adotada para estimar a densidade do defeito na unidade amostral, conclui-se que a densidade deste defeito só chegaria a 100% se a largura da estrada fosse igual a 1 metro, fato que não ocorreu durante o levantamento, a largura mínima encontrada foi igual a 3 m e a máxima igual a 11 m.

Nos gráficos de valores-dedução provenientes das notas atribuídas diretamente ao defeito e valores-dedução provenientes das notas atribuídas às unidades amostrais notam-se, em algumas densidades, a existência de vários pontos consecutivos. Isso se deve ao fato que, durante o levantamento de campo, foram localizados vários defeitos com a mesma extensão em unidades amostrais de mesma largura (já que os comprimentos eram fixos), porém recebiam notas diferentes, apesar de serem de mesma severidade, resultando em diferentes valores-dedução numa única severidade.

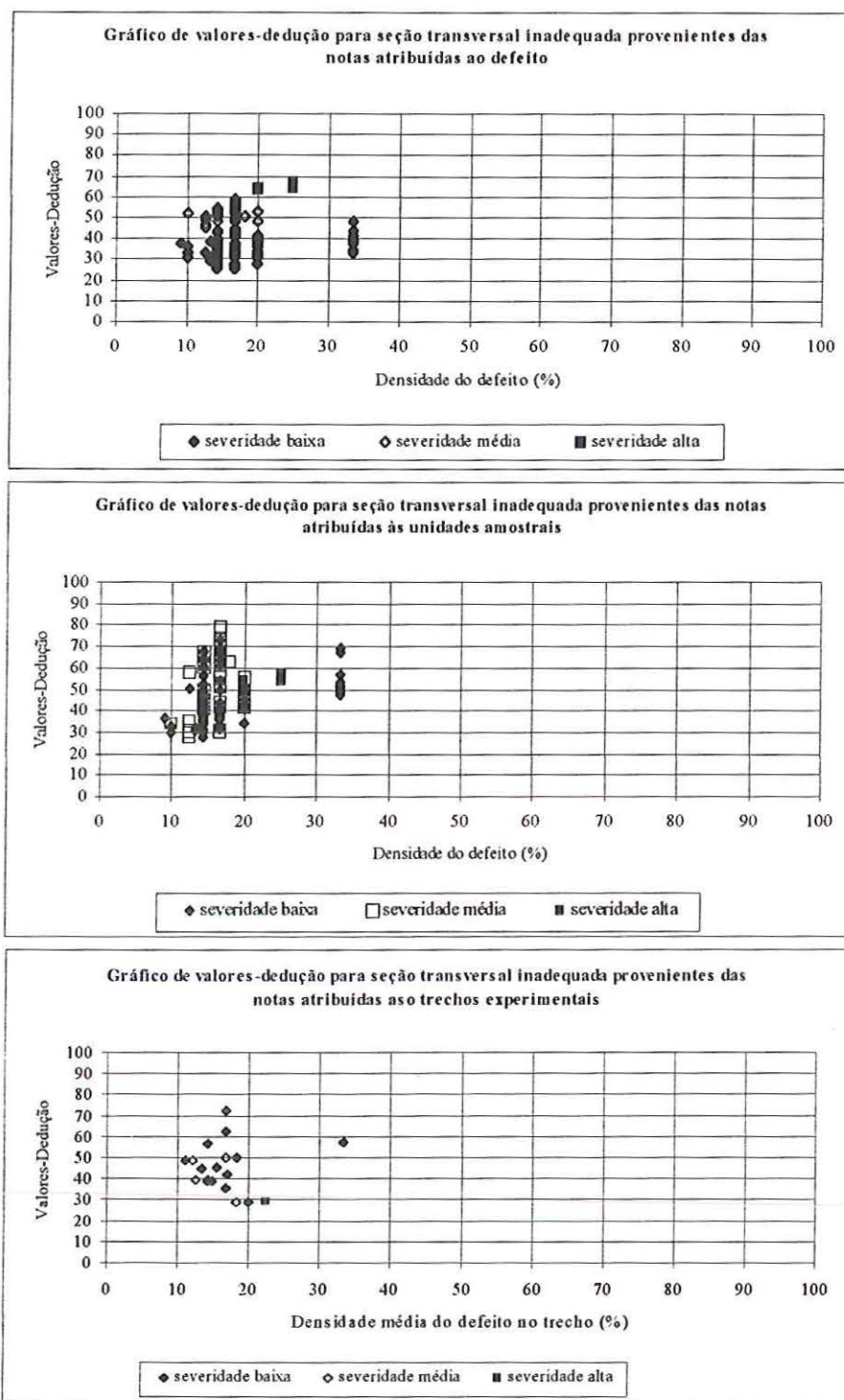


FIGURA 7.29. Gráficos de valores-dedução para o defeito seção transversal inadequada com dados da Fase 2.

No caso dos gráficos de valores-dedução provenientes das notas atribuídas diretamente ao defeito e valores-dedução provenientes das notas atribuídas às unidades amostrais, em decorrência das severidades serem únicas, cada ponto

representa uma unidade amostral. No caso do gráfico de valores-dedução provenientes das notas atribuídas aos trechos (relacionados à respectiva densidade média do defeito seção transversal inadequada ocorrente), cada ponto representa um trecho que possuía o defeito.

Às seções transversais inadequadas não foram atribuídos valores-dedução inferiores a 25 pontos. A construção de curvas de valores-dedução para cada severidade, similares às de EATON et al. (1987a), nos gráficos de valores-dedução apresentados anteriormente foi dificultada pela carência de densidades inferiores e superiores às encontradas neste levantamento, bem como pesos (valores-dedução) mais baixos.

A fim de se observar a coerência e dispersão da avaliação do defeito abordado, foram lançadas todas as médias das notas do painel para o defeito em abcissas e as correspondentes notas individuais na ordenada, resultando a Figura 7.30. Vale salientar que neste gráfico estão os dados de todas as severidades do defeito encontradas em campo. O valor do coeficiente de determinação  $R^2$  igual a 0,3598 e respectivo coeficiente de correlação  $R$  igual a 0,6 representa uma medida da dispersão dos dados deste defeito.

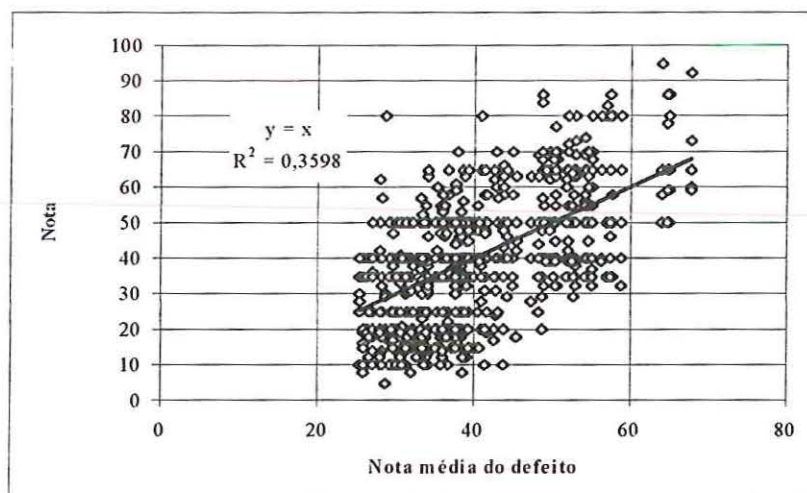


FIGURA 7.30. Gráfico de correlação entre todas as notas do defeito seção transversal inadequada da Fase 2 e suas respectivas médias.



#### 7.2.4.2. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador

Neste item para se fazer a análise do desempenho de cada um dos 7 avaliadores um exame de homogeneidade foi realizada, de forma similar à utilizada na Fase 1, sendo que desta vez a comparação das notas de cada avaliador foi feita com a média de notas dos outros 6 avaliadores. A dispersão (desvio absoluto médio) das notas dos avaliadores em relação ao valor tomado como o representativo do conjunto de observações – a média dos outros 6 avaliadores – foi observada.

Nas Figuras 7.31 a 7.33 a cada severidade do defeito encontrada em campo, estão representados graficamente os principais resultados estatísticos de cada avaliador com relação à média dos outros seis. Os dados numéricos de todos os defeitos encontrados no levantamento de campo estão reunidos no Anexo E. Vale ressaltar que na análise dos dados considerou-se aceitável desvio padrão e desvio absoluto médio de até 10% da escala utilizada na avaliação (escala de 100 pontos).

Na Figura 7.31 observa-se que os avaliadores 03 e 06 apresentam os melhores equilíbrios entre desvios positivos e negativos e bem como os menores desvios absolutos médios. O avaliador 07 tem acentuado desvio negativo (notas abaixo da média), apresentando maior valor de desvio absoluto médio (valor que inclui todos os desvios – tanto positivos quanto negativos). Os avaliadores 01, 02 e 04 tenderam a dar notas mais altas que a média, resultando nos maiores desvios positivos da avaliação do defeito a esta severidade, enquanto que o avaliador 05, juntamente aos avaliadores 06 e 07, tendem a atribuir notas inferiores à média.

Na mesma figura verifica-se que o avaliador 07 tem uma média individual bem inferior às médias dos outros avaliadores, confirmando o seu alto desvio negativo, e apresenta o maior coeficiente de variação. Note-se que o valor relativo do coeficiente de variação pode ser estimado pela distância que separa o topo das duas barras (média e desvio padrão), quando estas coincidirem, devido à escala adotada no gráfico, o coeficiente será igual a 0,30. Os avaliadores 01, 02, 03 e 06 apresentam os

menores coeficientes de variação - não inferiores a 0,25, sendo dentre os quatro que o avaliador 06 é o de menor desvio padrão.

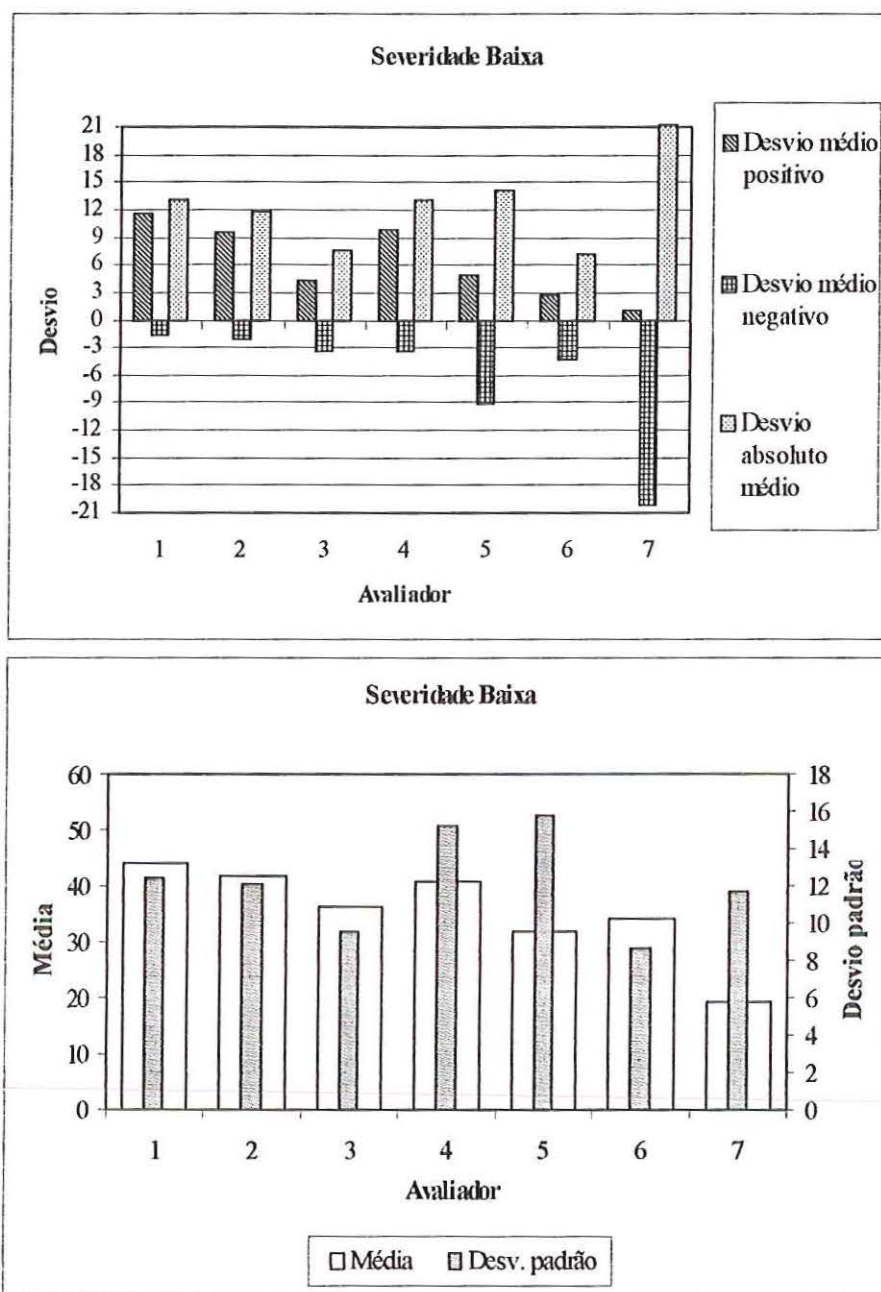


FIGURA 7.31. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito seção transversal inadequada de severidade baixa na Fase 2.

Conclui-se que, para o defeito a severidade baixa, a maioria dos avaliadores tenderam a notas maiores que a média, ou seja, foram rígidos atribuindo um efeito ao defeito superior ao considerado em média pelos outros seis avaliadores. O quesito

homogeneidade não foi satisfatório, pois a maioria dos avaliadores apresentou desvio absoluto médio superior ao valor máximo tolerado, bem como desvios padrões.

Da análise da Figura 7.32 com os dados do defeito com severidade média, observa-se que o avaliador 03 apresenta o melhor equilíbrio entre desvios negativos e positivos, sendo possuidor do menor desvio absoluto médio. O avaliador 07 apresenta elevado desvio negativo, enquanto que o avaliador 04 tende, em escala um pouco menor, para notas superiores à média (desvios positivos); ambos avaliadores apresentam os maiores desvios absolutos médios. Os avaliadores 02 e 05, com ligeira diferença, tendem para notas mais elevadas que a média. Já os avaliadores 01 e 06 tendem para notas inferiores à média.

No gráfico de médias e desvios padrões da mesma figura, o avaliador 07 possui a menor média, reflexo de suas notas baixas – inferiores à média, mas tem um dos menores desvios padrões. Os avaliadores 01, 02, 05 e 07 apresentam os maiores valores de coeficiente de variação. De acordo com a escala adotada para o gráfico, o valor do coeficiente de variação será superior a 0,20 quando a barra de desvio padrão ultrapassar a barra da média. Os avaliadores 04 e 06 apresentam coeficientes de variação de mesma ordem, sendo que este último avaliador possui o menor desvio padrão entre todos os avaliadores (não superior a 10 pontos).

Num âmbito geral, os avaliadores não apresentaram uma boa homogeneidade, com maior tendência a notas maiores que a média, e desvios padrões altos superiores a 10 pontos.

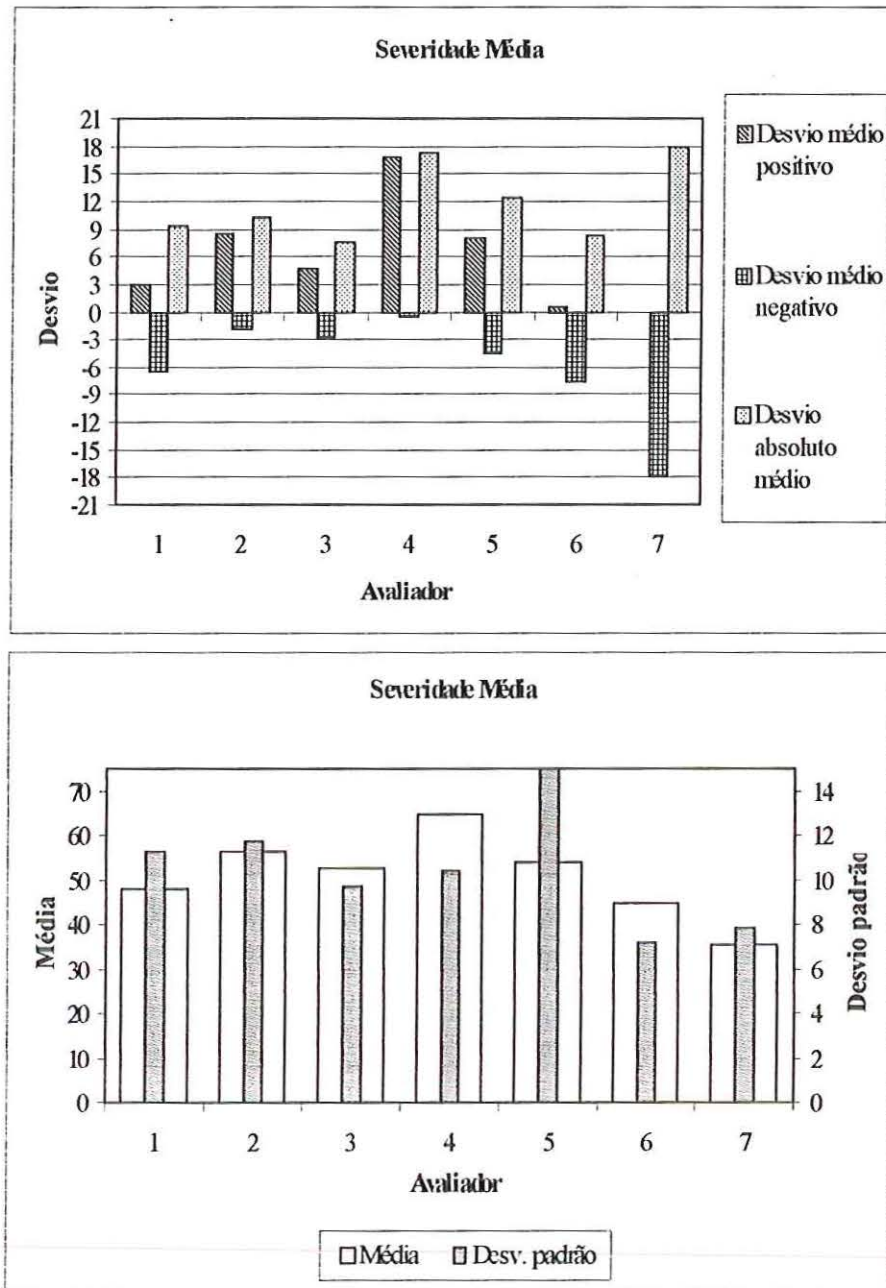


FIGURA 7.32. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito seção transversal inadequada de severidade média na Fase 2

Para o defeito a severidade alta (Figura 7.33) verifica-se que os avaliadores apresentam grandes desequilíbrios entre desvios positivos e negativos, embora os avaliadores 03 e 06 apresentem um certo, e coincidente, equilíbrio entre tais desvios e os menores desvios absolutos médios. Os avaliadores 04 e 05 apresentam apenas desvios positivos, tendo o avaliador 04 maior desvio absoluto médio. Nos avaliadores 01, 02 e 07 foram verificados apenas notas inferiores à média, com o

avaliador 07 apresentando o menor desvio absoluto médio dos três. Na avaliação verifica-se que houve boa homogeneidade entre os avaliadores, com maior tendência a notas inferiores à média.

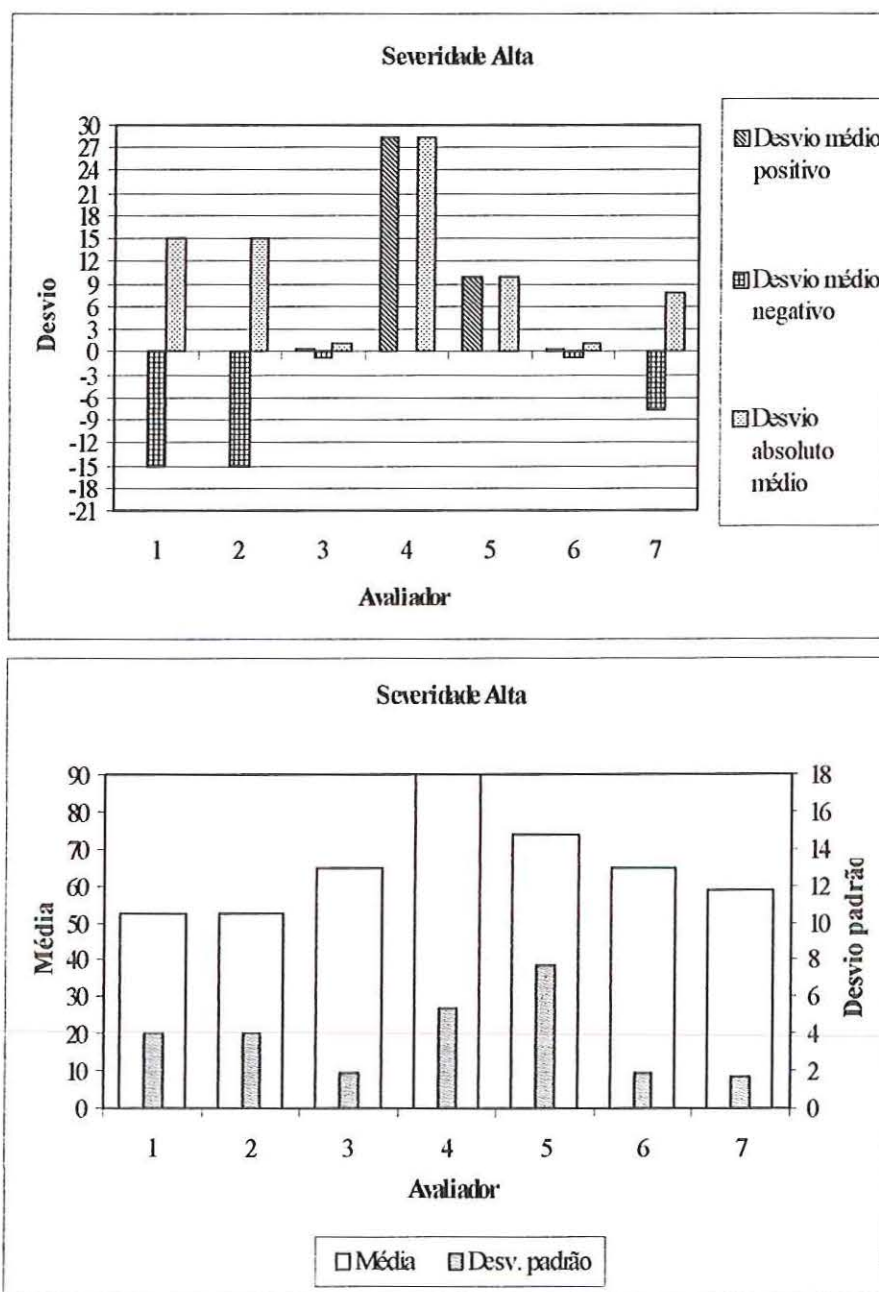


FIGURA 7.33. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito seção transversal inadequada de severidade alta na Fase 2

Do gráfico de médias e desvios padrões tem-se que todos os avaliadores apresentam coeficientes de variação bem baixos. Os avaliadores 03, 06 e 07 apresentam

coeficientes de variação de mesma ordem e os menores desvios padrões. Os desvios padrões dos avaliadores foram considerados baixos, inferiores a 10 pontos.

### **7.2.5. Defeito corrugações/ondulações**

As corrugações/ondulações são sulcos e vales regularmente espaçados na direção perpendicular ao tráfego, causados usualmente pelo tráfego e agregados soltos. Os sulcos geralmente são formados em rampas ou curvas, em áreas de aceleração e desaceleração, ou em áreas em que a estrada está fraca ou esburacada (EATON et al., 1987a).

A densidade do defeito corrugações/ondulações é estimada através da razão entre a área da superfície do defeito e a área da unidade amostral em que ele se encontra. Os níveis de severidade do defeito ondulações/corrugações são atribuídos em função das profundidades dos sulcos encontrados na superfície da estrada. No levantamento de campo os níveis de severidade do defeito não estavam bem definidos, havendo então uma certa dificuldade na separação entre níveis. Desta forma, optou-se por considerar o nível de severidade mais grave do defeito presente na unidade amostral. Os níveis de severidade adotados foram:

- *Baixo*: sulcos com profundidade inferior a 2,5 cm;
- *Médio*: sulcos com profundidade variando entre 2,5 a 7,5 cm;
- *Alta*: sulcos com profundidade superior a 7,5 cm.

Nas avaliações foram encontradas ondulações/corrugações apenas nos níveis de severidade baixo e médio. De 140 unidades amostrais avaliadas, apenas 25 unidades (aproximadamente 18%) continham o defeito com baixa severidade e 5 unidades amostrais continham o defeito com severidade média (3,6% das unidades amostrais avaliadas).

#### **7.2.5.1. Gráficos de valores-dedução**

Os gráficos de valores-dedução do defeito corrugações/ondulações estão apresentados na Figura 7.34.

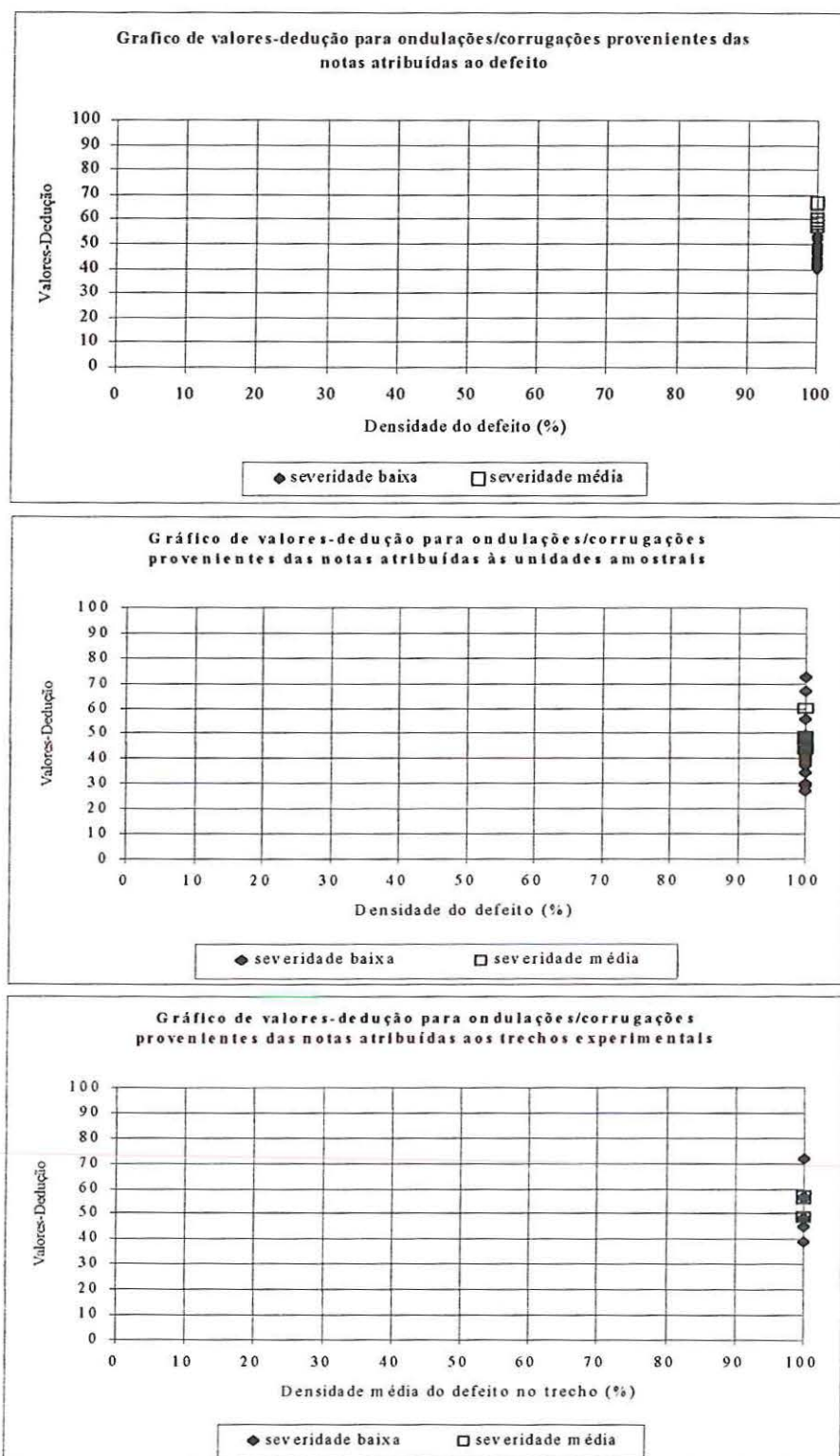


FIGURA 7.34. Gráficos de valores-dedução para corrugações/ondulações com dados da Fase 2.

Em nenhuma unidade amostral o defeito corrugações/ondulações apresentou densidade inferior a 100%. Este defeito foi medido separadamente, independentemente da existência de outros tipos de defeito. O fato das corrugações/ondulações estarem presentes em toda a unidade amostral dificultou a tentativa de construção de curvas de valores-dedução para ambas severidades.

A fim de se observar a coerência e dispersão da avaliação do defeito abordado, foram lançadas todas as médias das notas do painel para o defeito em abcissas e as correspondentes notas individuais nas ordenadas, resultando a Figura 7.35. Lembrando que neste gráfico estão os dados de todas as severidades do defeito encontradas em campo. O valor do coeficiente de determinação  $R^2$  igual a 0,1526 e respectivo coeficiente de correlação  $R$  igual a 0,4 representa uma medida da dispersão dos dados deste defeito.

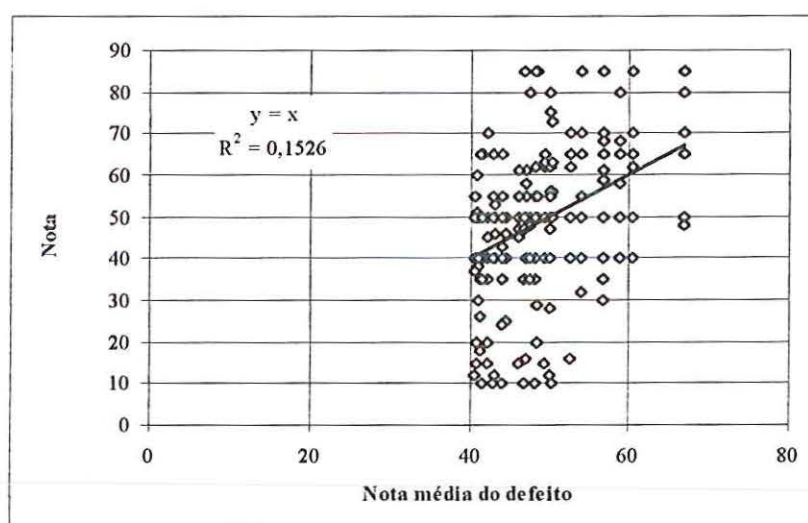


FIGURA 7.35. Gráfico de correlação entre todas as notas do defeito ondulações/corrugações da Fase 2 e suas respectivas médias.

#### 7.2.5.2. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador

Nos gráficos das Figuras 7.36 e 7.37 estão representados os resultados da comparação das notas atribuídas ao defeito ondulações/corrugações por cada um dos sete avaliadores com a média dos outros seis (valores numéricos do Anexo E).



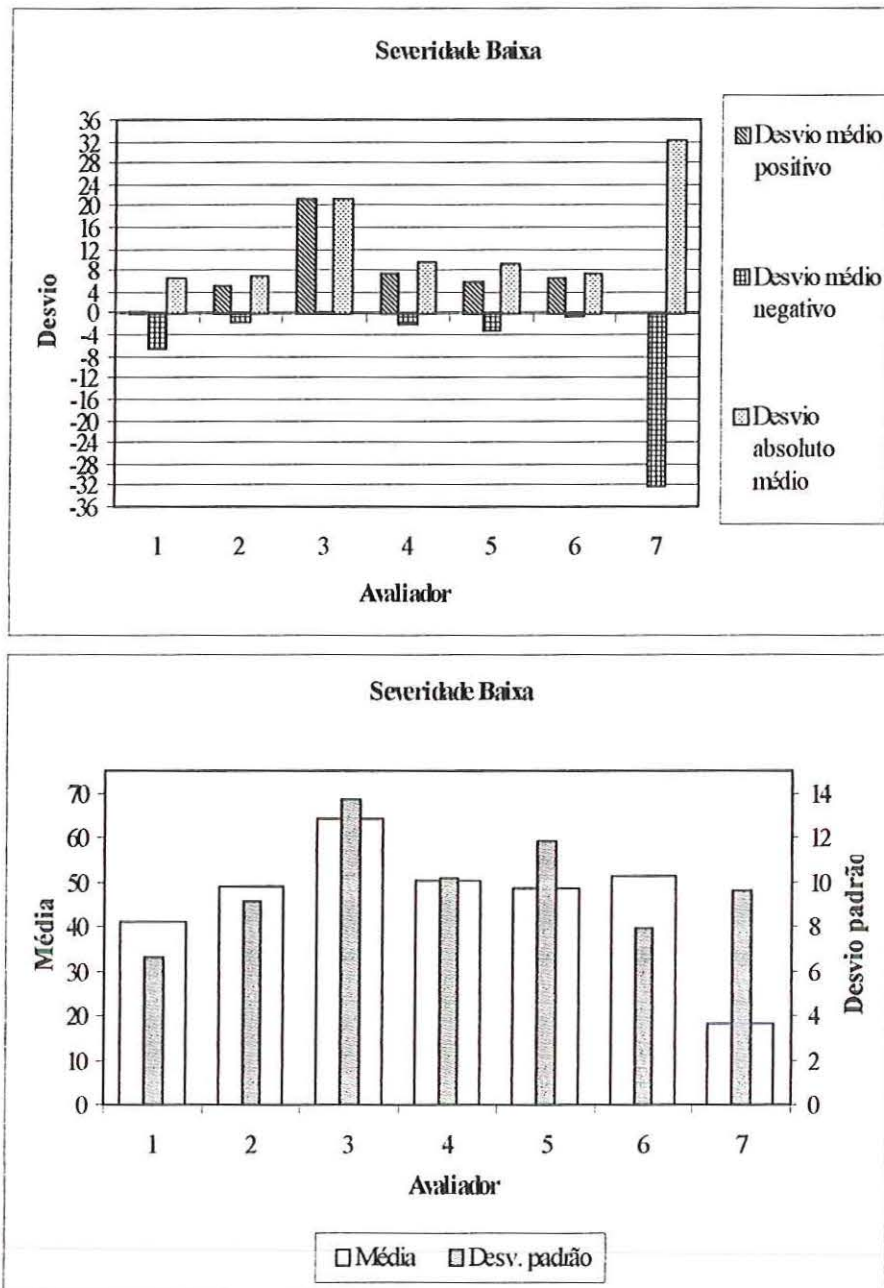


FIGURA 7.36. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito ondulações/corrugações de severidade baixa na Fase 2.

Observando os desvios dos avaliadores no defeito com severidade baixa na Figura 7.36, tem-se que o avaliador 07 apresenta apenas desvios negativos e em maior escala que todos, sendo o de maior desvio absoluto médio; em escala inferior, o avaliador 03 apresentou apenas desvios positivos, mas ainda apresentando um desvio absoluto médio superior a 11 pontos. Dos avaliadores, o que apresentou melhor equilíbrio entre desvios positivos e negativos foi o avaliador 05. Os avaliadores 04 e

06 apresentam tendências a notas altas (maiores que a média) de mesma ordem, enquanto que o avaliador 01 apresenta tendência inversa, mas de mesma proporção, e o menor desvio absoluto médio do painel. O avaliador 02 também apresenta tendência a notas acima da média, mas um dos menores desvios absolutos médios. A maioria dos avaliadores tenderam a notas superiores à média, e possuem boa homogeneidade.

Comparando as médias, desvios padrões e coeficientes de variação de cada avaliador, nota-se que o avaliador 07 apresenta a menor média, reflexo de sua notas inferiores à média dos outros 6 avaliadores, e possui o maior coeficiente de variação. De acordo com a relação entre as escalas adotadas no gráfico, o coeficiente de variação será igual a 0,20 quando as barras de desvio padrão e média coincidirem, como visto no avaliador 04 – e quando a barra de desvio ultrapassar a de média o coeficiente será maior que esse valor. Os avaliadores 03, 05 e 07 apresentam os maiores coeficientes de variação. Os avaliadores 01 e 06 apresentam os menores desvios padrões, bem como coeficientes de variação. De uma forma geral, os avaliadores não apresentaram desvios padrões tão elevados (inferiores a 10 pontos).

No defeito com severidade média (Figura 7.37) percebe-se que os avaliadores têm grande desequilíbrio entre desvios positivos e negativos. Os avaliadores 01 e 07 apresentaram apenas desvios negativos, com desvios absolutos médios superiores a 10 pontos. Já os avaliadores 03,04 e 05 apresentam apenas desvios positivos, sendo o avaliador 03 com o maior desvio absoluto médio. Os avaliadores 05 e 06 apresentam os menores desvios absolutos médios e tendência a notas acima da média. A maioria dos avaliadores apresentam desvios absolutos médios maiores que o tolerado, representando uma homogeneidade insatisfatória, com maior rigidez de avaliação explicada pela tendência a notas acima da média.

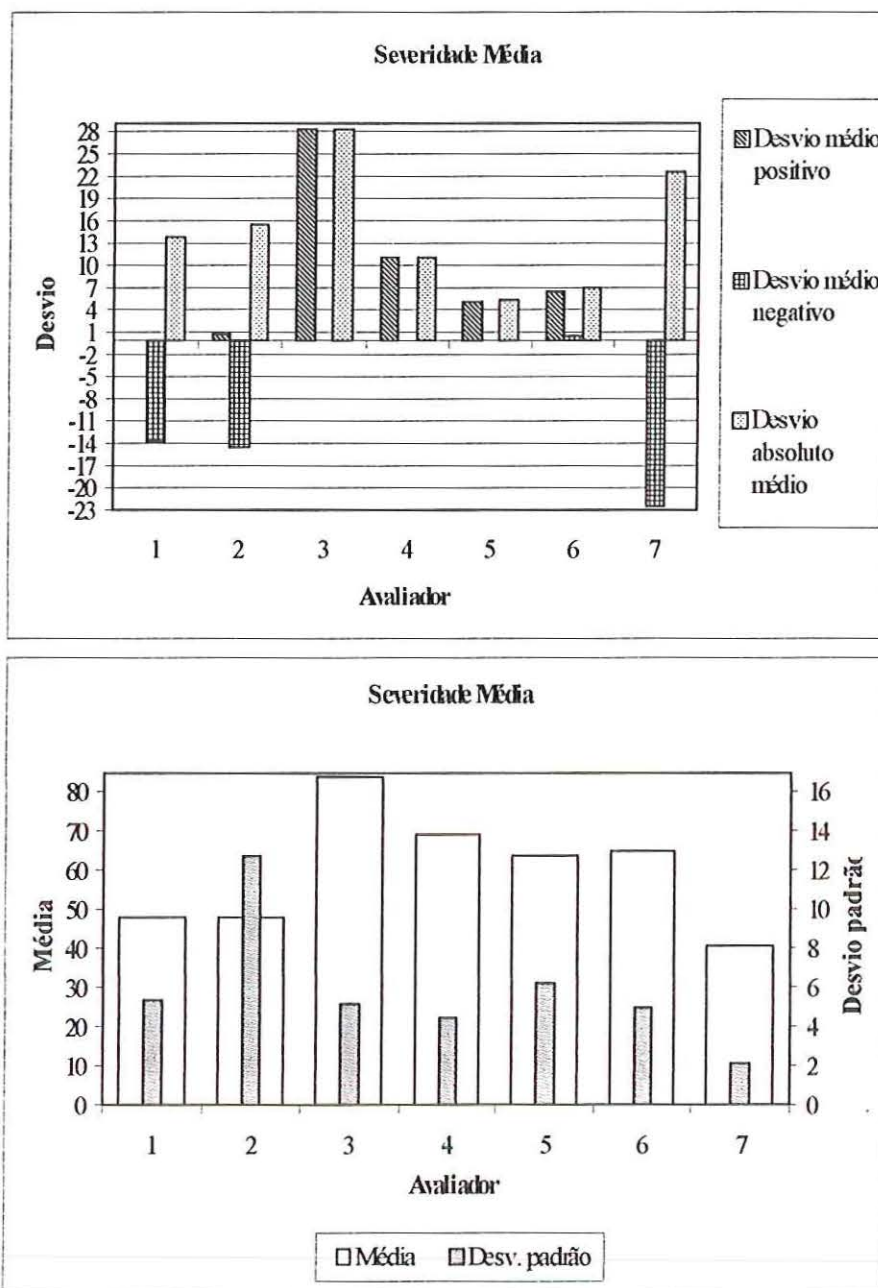


FIGURA 7.37. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito ondulações/corrugações de severidade média na Fase 2.

Em virtude das escalas adotadas no gráfico com médias e desvios padrões, o coeficiente de variação dos avaliadores assume valor superior a 0,20 quando a barra de desvio padrão ultrapassar a barra da média. Neste caso, o avaliador 02 apresenta o maior coeficiente de variação. O avaliador 07, refletindo suas notas mais baixas, possui a menor média, mas menor desvio padrão dentre os avaliadores. Embora o avaliador 03 possua a maior média devido suas notas altas, não apresenta grande

desvio padrão e conseqüentemente coeficiente de variação. O avaliador 04 possui coeficiente de variação igual ao do avaliador anterior. Os desvios padrões dos avaliadores não foram considerados altos, de uma maneira geral, pois não ultrapassaram 10 pontos. Os coeficientes de variação também se apresentaram bem baixos.

### 7.2.6. Defeito poeira

O defeito poeira em estradas não pavimentadas é ocasionado pelo desgaste da superfície da estrada pelo tráfego que faz com que as maiores partículas de solos aglutinantes se soltem. Com a passagem do tráfego, formam-se nuvens de poeira criando um perigo aos veículos e significantes problemas ambientais (EATON et al. (1987a).

Neste tipo de defeito a severidade foi determinada em função da visibilidade dos avaliadores. EATON et al. (1987a) considera, além da visibilidade, a altura da nuvem de poeira para determinar a severidade do defeito. No levantamento realizado, os avaliadores, em comum acordo, determinavam a severidade da nuvem de poeira levantada pelo veículo de avaliação dirigido a uma velocidade de 40 km/h, tomando como referência as seguintes instruções:

- *Baixo*: nuvem pouco densa, não obstrui a visibilidade;
- *Médio*: nuvem moderadamente densa, obstrui parcialmente a visibilidade e torna o tráfego lento;
- *Alto*: nuvem muito densa, obstrui severamente a visibilidade e torna o tráfego muito lento ou parado.

No campo, durante o período de levantamento, só foram encontradas nuvens com densidades baixas e em 71,4 % das unidades avaliadas. Devido esse defeito não ser avaliado pela densidade, não foram construídos gráficos de valores-dedução. Desta forma os valores-dedução médios atribuídos durante o levantamento foram comparados aos valores-dedução atribuídos ao defeito no método de EATON et al. (1987a) e estão na Tabela 7.16.

TABELA 7.16. Comparação dos valores-dedução médios atribuídos em campo ao valor-dedução atribuído por EATON et al. (1987a) para poeira com severidade baixa.

Avaliação	Valores-dedução médios de campo	Valor-dedução de Eaton
Defeitos	21,9	2
Unidades amostrais	44,2	
Trechos	47,0	

Como pode ser verificado, os valores-dedução atribuídos em campo são muito maiores que o de EATON et al. (1987a) para o defeito poeira com severidade baixa. Quanto à altura da nuvem de poeira, no campo a média das alturas observadas foi igual a 2,6 m. Para EATON et al. (1987a), as nuvens de poeiras classificadas como de baixa severidade são aquelas que não obstruem a visibilidade e possuem alturas inferiores a 1 m.

Durante o levantamento foi percebido ser muito difícil conciliar a altura com a visibilidade para ser atribuído um nível de severidade, pois nem sempre nuvens muito altas eram tão densas que obstruíssem parcial ou totalmente a visibilidade.

A coerência e dispersão da avaliação do defeito poeira pode ser observada pelo lançamento de todas as médias das notas do painel em abcissas e as correspondentes notas individuais na ordenada, resultando a Figura 7.38. O valor do coeficiente de determinação  $R^2$  igual a 0,2084 e respectivo coeficiente de correlação  $R$  igual a 0,46 representa uma medida da dispersão dos dados deste defeito.

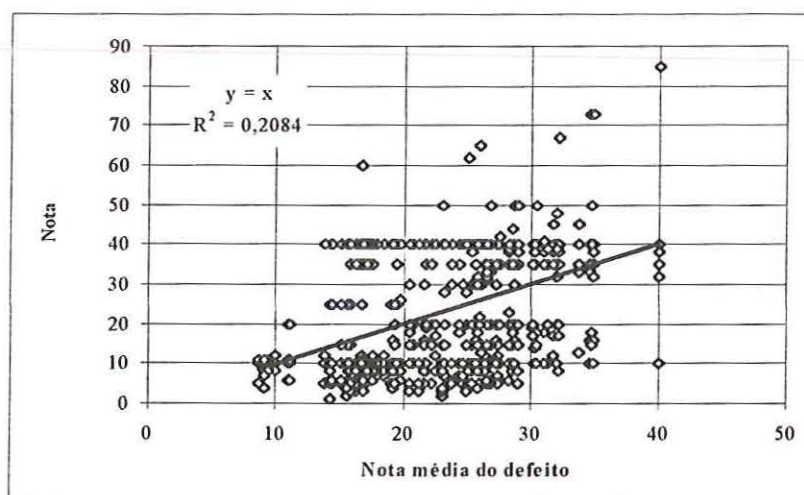


FIGURA 7.38. Gráfico de correlação entre todas as notas do defeito poeira da Fase 2 e suas respectivas médias.

### 7.2.6.1. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador

Na Figura 7.39 são apresentados gráficos para comparação do desempenho dos avaliadores (valores numéricos do Anexo E).

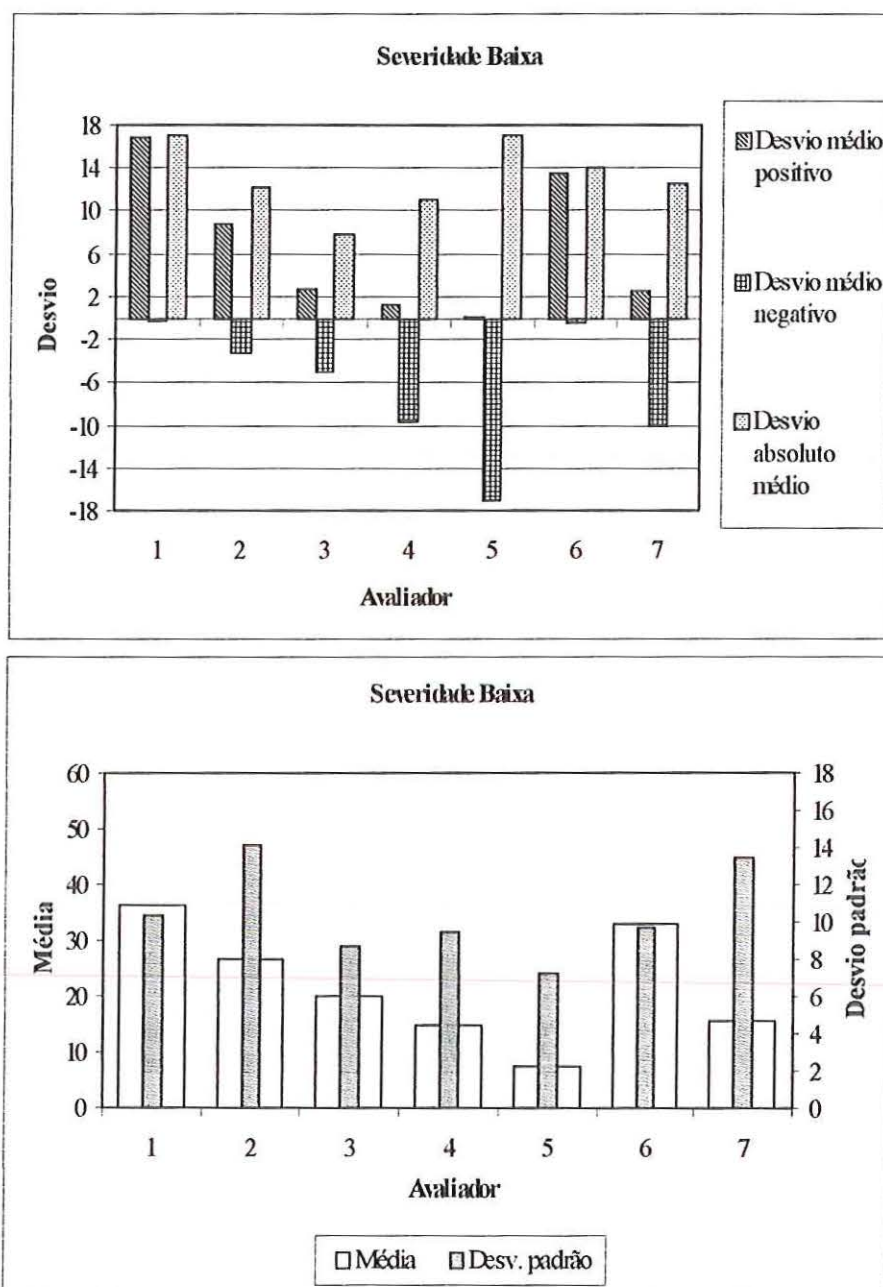


FIGURA 7.39. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito poeira de severidade baixa na Fase 2.

O defeito poeira, de forma geral, não apresentou boa homogeneidade de avaliação, pois os desvios absolutos médios, na maioria, foram superiores a 10 pontos. O avaliador 05 apresentou o maior desvio negativo; em escala ligeiramente menor, o avaliador 01 tende a notas acima da média e possui o maior desvio absoluto médio. O avaliador 03 apresentou o melhor equilíbrio entre desvios positivos e negativos, bem como menor desvio absoluto médio. Os avaliadores 04 e 07 tenderam a notas baixas e em escalas similares, apresentando desvios absolutos médios próximos, embora o avaliador 07 chegue a ultrapassar o valor tolerado; o avaliador 02 apresenta resultados parecidos mas em escala menor. O avaliador 06 apresenta tendência a notas mais altas que a média e possui um desvio absoluto médio superior a 10 pontos.

Verifica-se que os avaliadores 01 e 06 apresentaram os menores (de mesma ordem) coeficientes de variação. Note-se que quando a barra de desvio padrão ultrapassar a barra de média o coeficiente de variação é maior que 0,25. O avaliador 05 possui a menor média, confirmando o alto número de notas abaixo da média, além disso tem o menor desvio padrão.

Neste defeito a maioria dos avaliadores tenderam a notas inferiores à média, significando que, de uma forma geral, foram otimistas quanto ao efeito do defeito na superfície da estrada. O desvio padrão de cada avaliador, na maioria, está abaixo do máximo aceitável (10 pontos).

### **7.2.7. Defeito buracos/panelas**

Buracos ou panelas são depressões em forma de bacia na superfície da estrada produzidos pelo desgaste do tráfego em pequenas partes da superfície da estrada e crescem mais rapidamente pela umidade no seu interior (EATON et al., 1987a).

A severidade do defeito é atribuída em função do seu diâmetro (aproximado, pois dificilmente eles têm uma forma regular) e profundidade. Os níveis atribuídos neste trabalho estão na Tabela 7.17. Suas densidades são estimadas pela relação entre a

quantidade do defeito, de um determinado nível de severidade existente na unidade amostral avaliada, pela área desta mesma unidade amostral.

TABELA 7.17. Níveis de severidade para o defeito buracos/panelas.

DIÂMETRO MÉDIO (m)	PROFUNDIDADE (cm)			
	< 5	5 – 15	15 – 25	> 25
< 1,50	BAIXO	MÉDIO	MÉDIO	ALTO
1,50 – 2,50	BAIXO	MÉDIO	ALTO	ALTO
2,50 – 3,50	BAIXO	MÉDIO	ALTO	ALTO
> 3,50	BAIXO	MÉDIO	ALTO	ALTO

No campo, as três severidades foram encontradas; sendo 11,4% de nível baixo, 3,6% de nível médio e 1,4 % de severidade alta.

#### 7.2.4.1. Gráficos de valores-dedução

Os gráficos de valores-dedução desenvolvidos para este defeito estão na Figura 7.40.

As densidades encontradas em campo deste defeito foram muito baixas, não superiores a 13%. Os valores-dedução foram elevados, não inferiores a 25 pontos. A tentativa de construção de curvas de valores-dedução similares às de EATON et al. (1987a) para este defeito ficou prejudicada pela ausência de maiores densidades e pela atribuição de pesos muito altos aos defeitos com densidades baixas.

A coerência e dispersão da avaliação do defeito buracos/panelas pode ser observada pelo lançamento de todas as médias das notas do painel em abcissas e as correspondentes notas individuais na ordenada, resultando a Figura 7.41. O valor do coeficiente de determinação  $R^2$  igual a 0,4652 e respectivo coeficiente de correlação  $R$  igual a 0,70 representa uma medida da dispersão dos dados deste defeito.



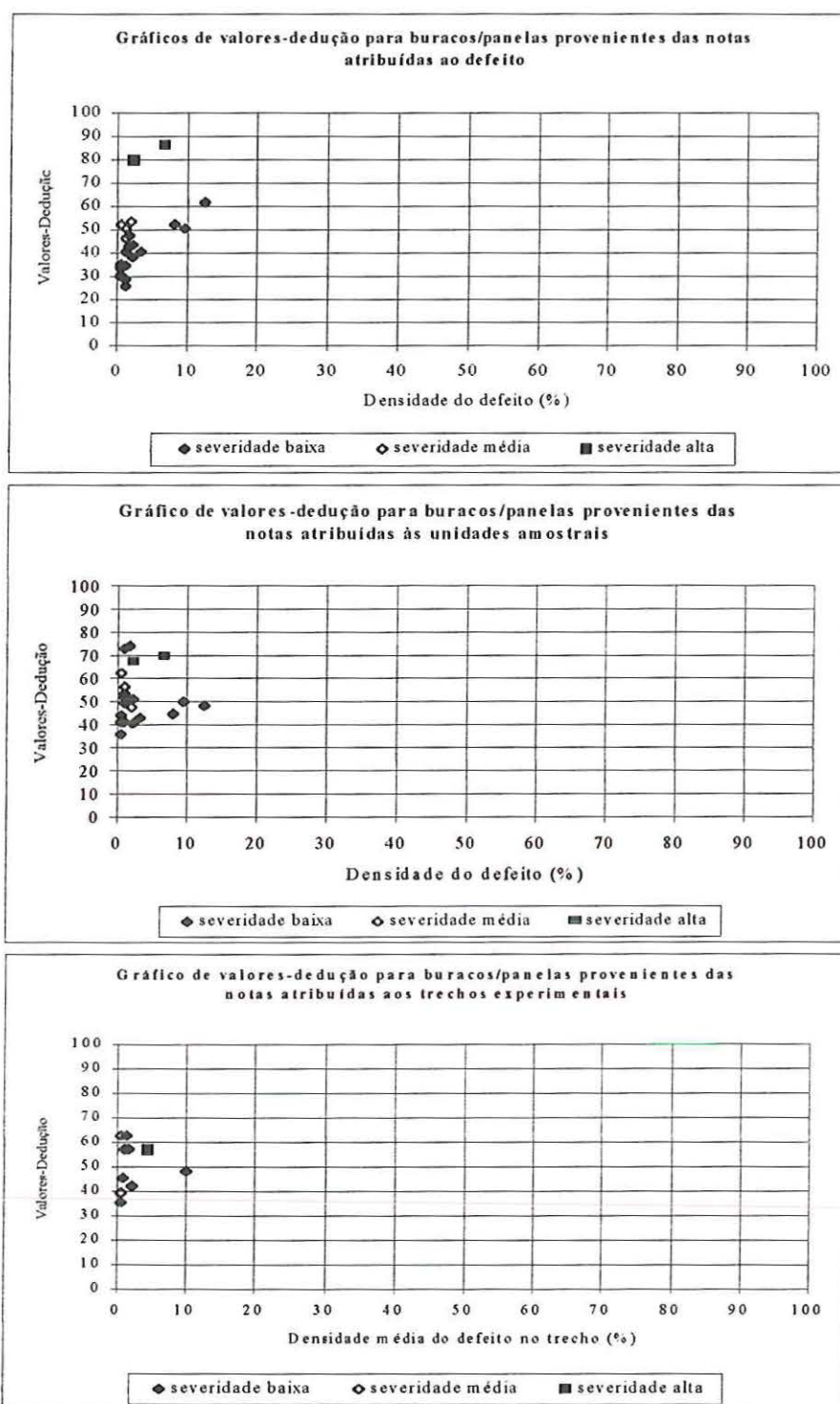


FIGURA 7.40. Gráficos de valores-dedução para o defeito buracos/panelas com dados da Fase 2.

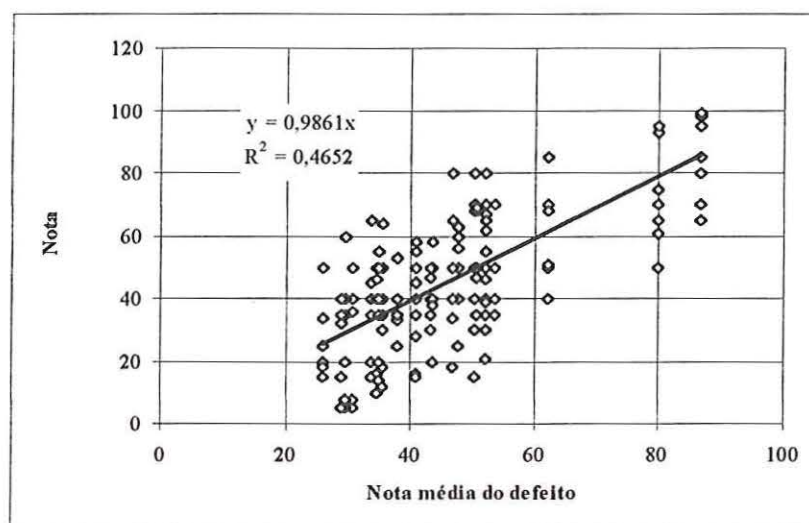


FIGURA 7.41. Gráfico de correlação entre todas as notas do defeito buracos/panelas da Fase 2 e suas respectivas médias.

#### 7.2.7.2. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador

Nas Figuras 7.42 a 7.44 estão representados o resultados estatísticos de cada avaliador em relação à média dos outros 6 avaliadores.

Na primeira figura (Figura 7.42) percebe-se que os avaliadores 01 e 03 são os que apresentam melhores equilíbrios entre desvios positivos e negativos, bem como os menores desvios absolutos médios. O avaliador 07, com desvios negativos elevados, apresenta o maior desvio absoluto médio. Os avaliadores 04, 06 e 02 tendem para atribuição de notas mais altas que a média (desvios positivos), enquanto que o avaliador 05, em escala um pouco maior que o avaliador 02, tende para notas abaixo da média; os desvios absolutos médios desses avaliadores são próximos e maiores que 13 pontos. A maioria dos avaliadores apresentaram maior tendência a notas acima da média e desvios absolutos médios maiores que 10% da escala de avaliação, sendo considerada homogeneidade insatisfatória.

Observa-se que o avaliador 07 apesar de ter a menor média possui um dos menores desvios padrões e juntamente com os avaliadores 02 e 05 apresentam os maiores coeficientes de variação (quando a barra de desvio padrão ultrapassa a de média o coeficiente de variação é superior a 0,30). O avaliador 03 apresenta o menor desvio

padrão e coeficiente de variação. Os desvios padrões dos avaliadores, na maioria, foram altos, superiores a 10 pontos.

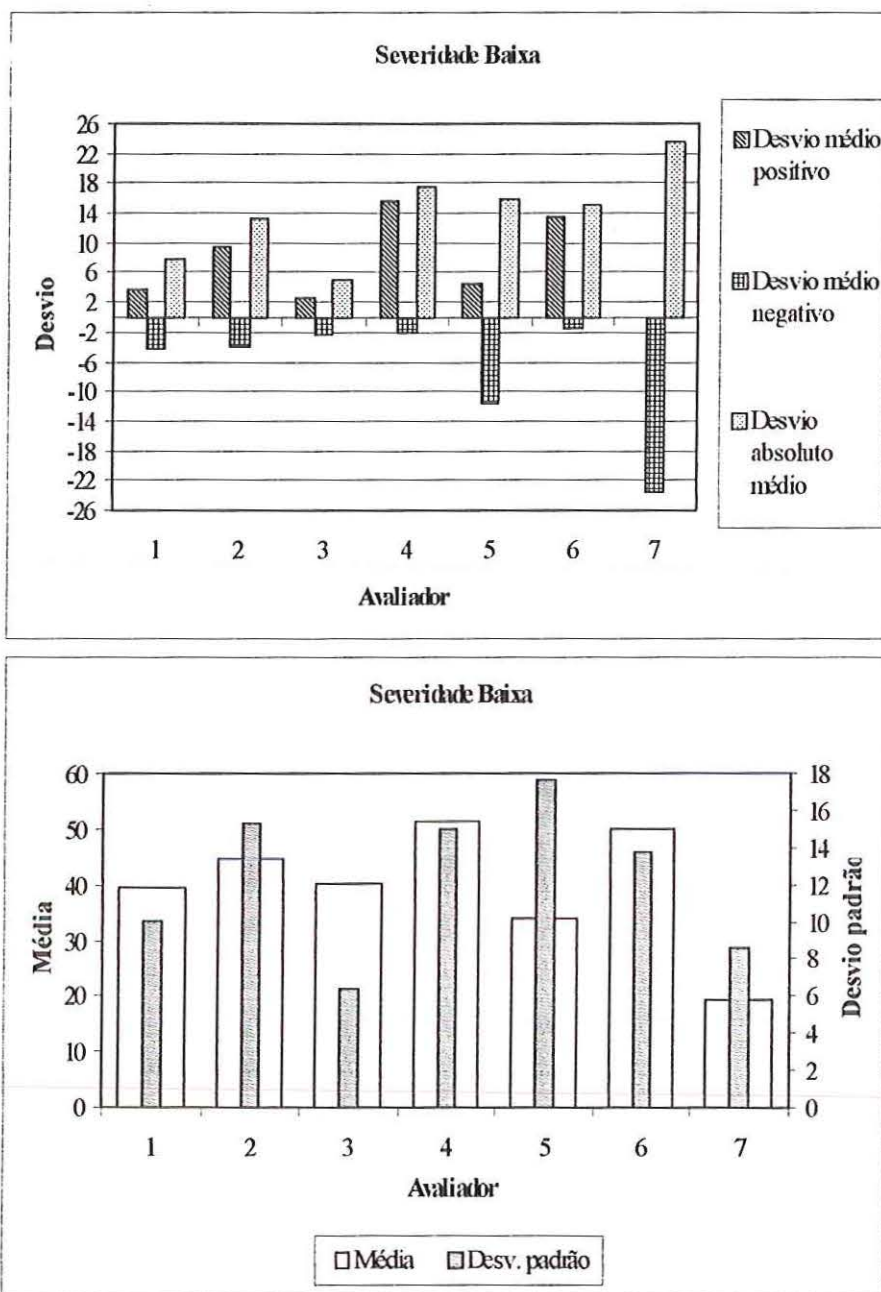


FIGURA 7.42. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito buracos/panelas de severidade baixa na Fase 2.

Na severidade média, Figura 7.43, os avaliadores 02 e 03 apresentam os melhores equilíbrios entre desvios positivos e negativos, tendo o avaliador 03 o menor desvio absoluto médio do grupo. O avaliador 04 apresenta apenas desvios positivos como

também o maior valor de desvio absoluto médio. Os avaliadores 01, 05 e 07 apresentam maior tendência a notas inferiores à média (desvios negativos) com valores bem próximos, bem como os desvios absolutos médios; enquanto que, numa escala um pouco menor, principalmente com relação ao avaliador 01, o avaliador 06 tende a notas mais altas (desvios positivos). A maioria dos avaliadores tenderam a dar notas inferiores à média e não possuem desvios absolutos médios aceitáveis.

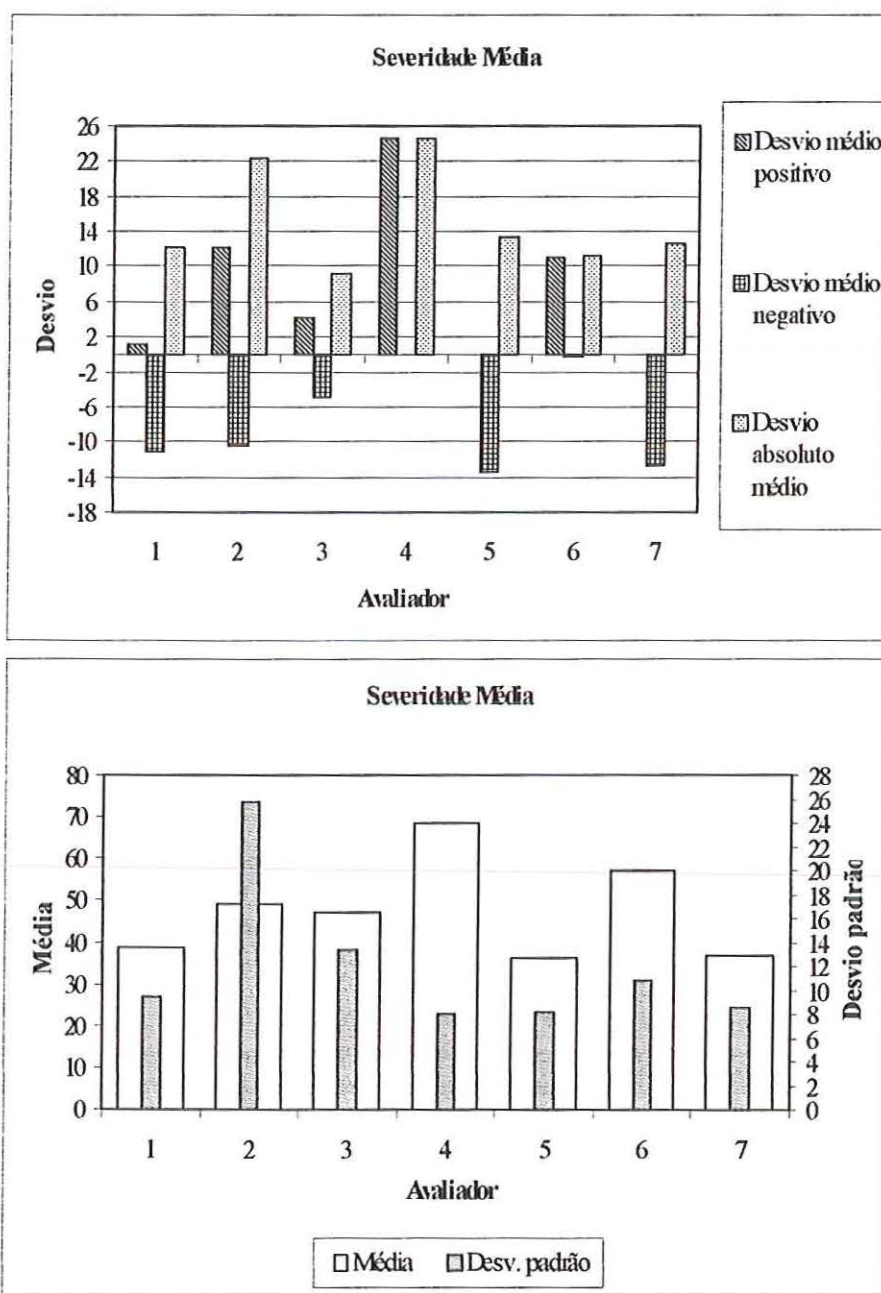


FIGURA 7.43. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito buracos/panelas de severidade média na Fase 2.

Pela comparação das médias e desvios padrões, o avaliador 02 apresenta o maior coeficiente de variação e desvio padrão. Nesse gráfico, quando a barra de desvio ultrapassar a de média, o coeficiente de variação passa de 0,35. Apesar de boa média, o avaliador 03 apresenta um desvio padrão superior a 10 pontos, considerado alto. Os avaliadores 01, 05 e 07 possuem coeficiente de variação de mesma ordem e, juntamente ao avaliador 04, possuem os menores desvios padrões (inferiores a 10 pontos). O avaliador 04 tem o menor coeficiente de variação do grupo de avaliação. Verifica-se que a maioria dos avaliadores não tem um desvio padrão alto.

Na severidade alta (Figura 7.44) os desvios positivos e negativos dos avaliadores se mostraram desequilibrados. O avaliador 01 apresenta elevada tendência de notas inferiores à média e também o maior desvio absoluto médio, o avaliador 05 acompanha essa tendência, mas em escala bem menor. Os avaliadores 04 e 06, tendem a notas superiores à média (desvios positivos) e possuem desvios absolutos médios próximos, superiores ao valor aceitável. Os avaliadores 03 e 07 têm os menores desvios absolutos médios e similares tendências a notas inferiores à média. A maioria dos avaliadores tenderam a notas abaixo da média e não foram homogêneos na avaliação, pois seus desvios absolutos médios são, no geral, maiores que 10% da escala de avaliação.

Nota-se que para esta severidade não há desvios padrões superiores a 7 pontos. Os avaliadores 02 e 03 possuem os maiores desvios padrões do grupo, como também os maiores coeficientes de variação. Em nenhum dos avaliadores as barras de desvio padrão ultrapassaram as de média, caso em que o coeficiente de variação passaria de 0,10. O avaliador 07 apresenta uma boa média, menor desvio padrão e menor coeficiente de variação.

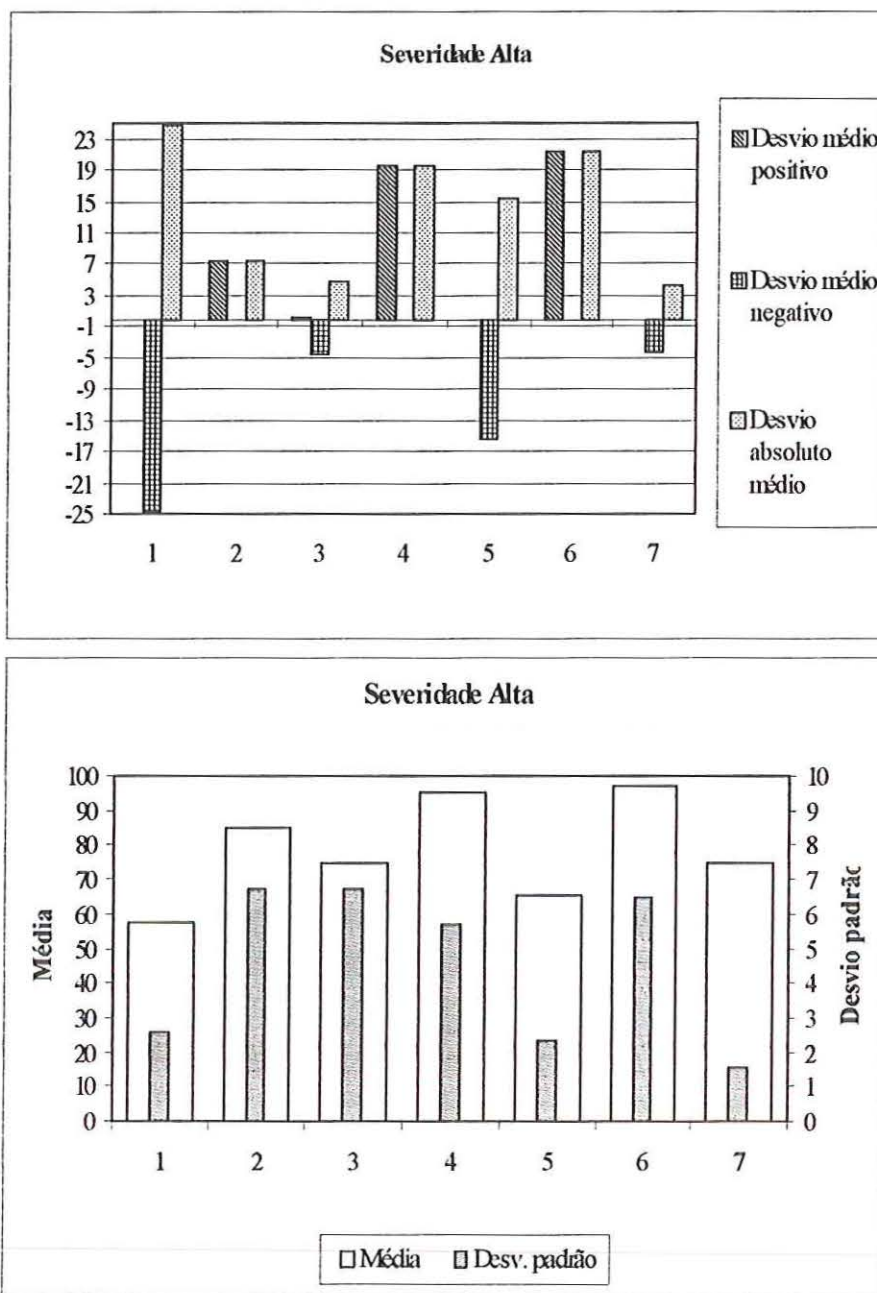


FIGURA 7.44. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito buracos/panelas de severidade alta na Fase 2.

**7.2.8. Defeito afundamento nas trilhas de rodas**

Afundamentos nas trilhas de rodas são definidos, por EATON et al. (1987a), como depressões na superfície da estrada que ocorrem na trajetória dos pneus dos veículos na direção paralela ao eixo da estrada, decorrentes de uma deformação permanente em qualquer camada da estrada ou no subleito.

Os níveis de severidade deste defeito são atribuídos de acordo com a profundidade das trilhas formadas. A sua densidade na unidade amostral é estimada através da razão entre a área do defeito e a área da unidade amostral em que ele se encontra. Na Figura 7.45 apresenta-se um esquema de como a medição do defeito foi realizada para que suas densidades fossem estimadas.

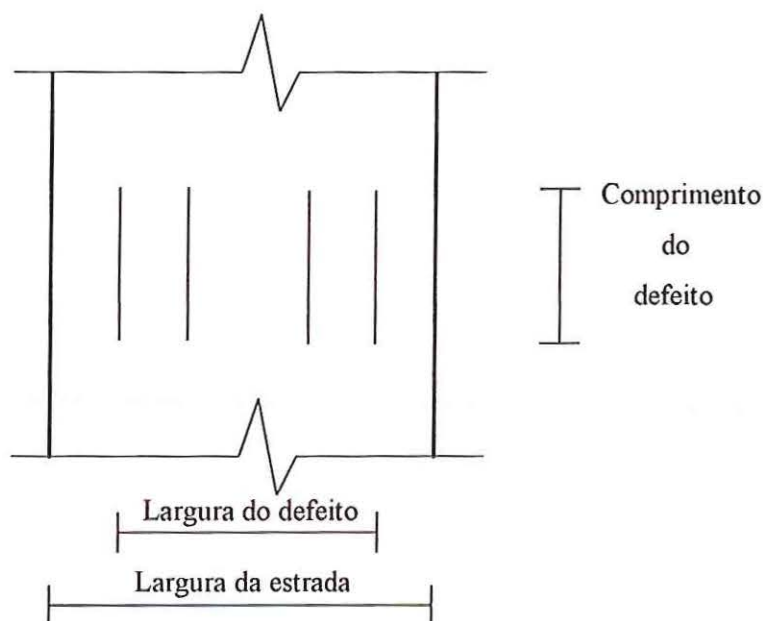


FIGURA 7.45. Esquema de medidas do defeito afundamento nas trilhas de rodas.

No levantamento realizado, apenas severidades de nível baixo e médio foram encontradas, sendo que do total de unidades amostrais avaliadas aproximadamente 36% continham o defeito, sendo 27% de severidade baixa e 9% de severidade média. Em uma mesma unidade amostral não foi verificado mais de um tipo de severidade, simplesmente por não ocorrerem mudanças significativas na profundidade das trilhas, ou por não haver uma extensão considerável de tal profundidade que justificasse uma mudança de severidade. Deste modo, optou-se pela consideração de uma profundidade média da trilha para determinar a sua severidade. Os níveis de severidade adotados no trabalho foram os seguintes:

- *Baixo*: Trilhas com profundidade inferior a 5 cm;
- *Médio*: Trilhas com profundidade de 5 a 10 cm;

- *Alto*: Trilhas com profundidade superior a 10 cm.

#### 7.2.5.1. Gráficos de valores-dedução

Nos gráficos da Figura 7.46 estão os valores-dedução calculados a partir das notas atribuídas pelo painel diretamente ao defeito, unidades amostrais e trechos nas duas densidades encontradas em campo.

Nos gráficos verifica-se que os defeitos encontrados no levantamento não apresentaram densidades superiores a 35%. De acordo com o procedimento adotado para estimar a porcentagem do defeito na unidade amostral, para se chegar a 100% de afundamento nas trilhas de rodas em uma unidade amostral seria necessário que a estrada fosse bastante estreita, sendo a mesma apenas uma trilha.

Durante o levantamento foram localizados vários defeitos com mesma densidade que receberam notas variáveis e resultaram em diferentes valores-dedução, resultando, desta forma, numa sucessão de pontos em algumas densidades. Devido ocorrer uma única severidade por unidade amostral, cada ponto dos gráficos de valores-dedução provenientes das notas atribuídas diretamente aos defeitos e às unidades amostrais, corresponde a uma unidade amostral; no caso do gráfico de valores-dedução provenientes das notas atribuídas aos trechos, cada densidade média do defeito corresponde a um trecho experimental.

Comparando os valores-dedução atribuídos diretamente ao defeito com severidade média aos de severidade baixa, verifica-se coerência na atribuição, pois os pesos atribuídos para uma mesma densidade do defeito de severidade média são superiores aos de severidade baixa, mostrando que quanto mais severo o defeito mais danoso é à superfície da estrada.



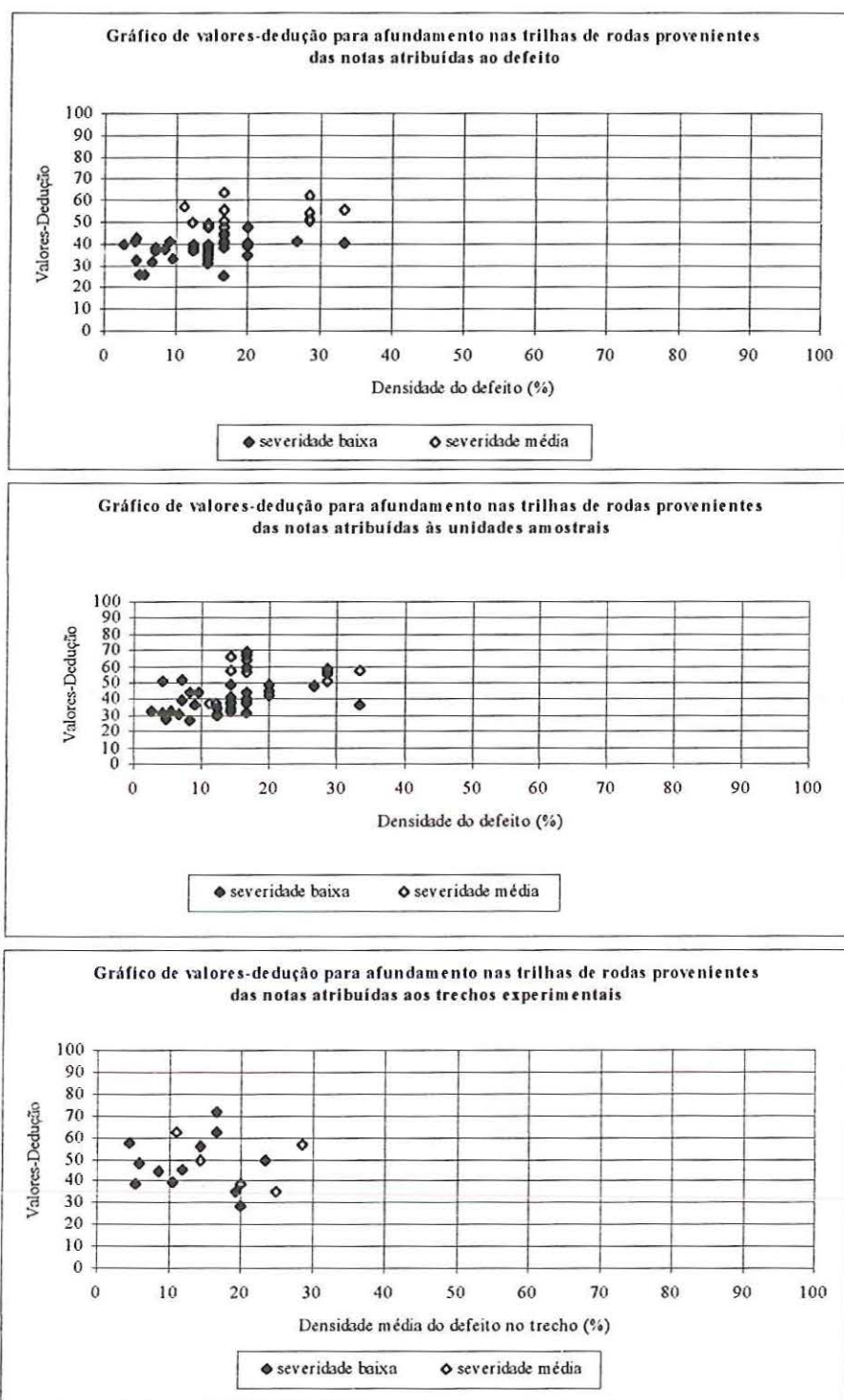


FIGURA 7.46. Gráficos de valores-dedução para afundamento nas trilhas de rodas com dados da Fase 2.

Este defeito não apresentou valores-dedução inferiores a 25 pontos, mesmo a baixas densidades. A não atribuição de pesos mais baixos, aliada à não avaliação do defeito com densidades menores e superiores às encontradas em campo, prejudicaram a

tentativa de construção de curvas de valores-dedução para cada severidade do defeito.

A fim de se observar a coerência e dispersão da avaliação do defeito afundamento nas trilhas de rodas, foram lançadas todas as médias das notas do painel para o defeito em abcissas e as correspondentes notas individuais na ordenada, resultando a Figura 7.47. O valor do coeficiente de determinação  $R^2$  igual a 0,3418 e respectivo coeficiente de correlação  $R$  igual a 0,60 representa uma medida da dispersão dos dados deste defeito.

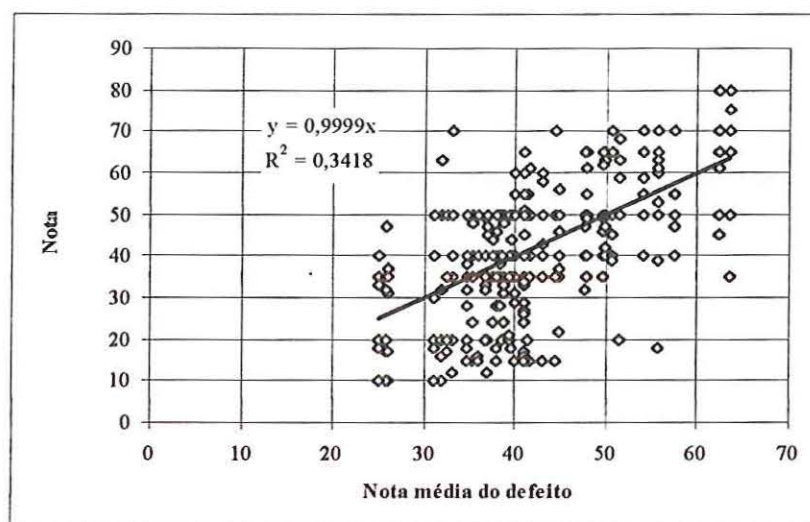


FIGURA 7.47. Gráfico de correlação entre todas as notas do defeito afundamento nas trilhas de rodas da Fase 2 e suas respectivas médias.

### 7.2.8.2. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador

Nos gráficos das Figuras 7.48 e 7.49 estão apresentados diagramas de barras para comparação de cada avaliador em relação à média dos outros seis.

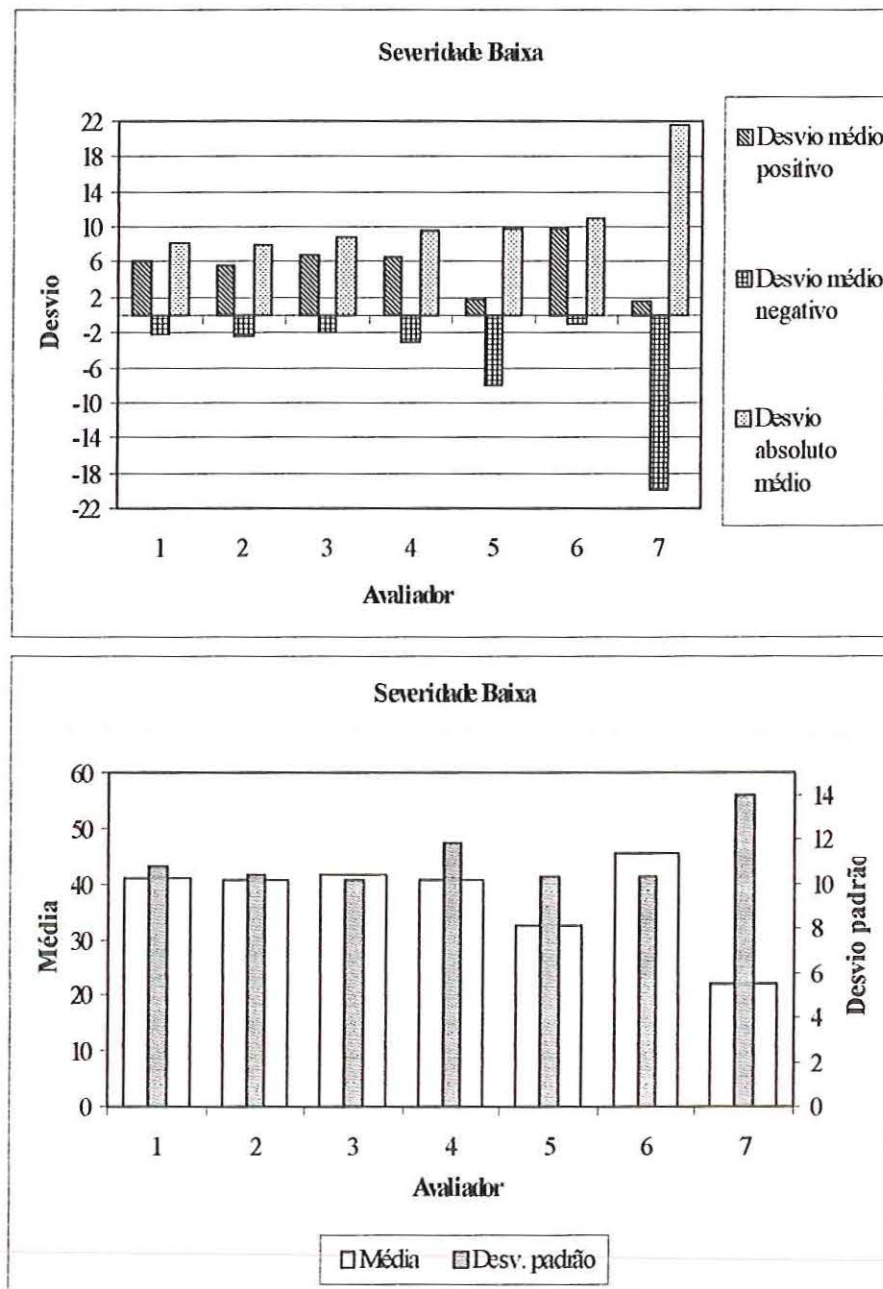


FIGURA 7.48. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito afundamento nas trilhas de rodas de severidade baixa na Fase 2.

No defeito afundamento nas trilhas de roda de severidade baixa (Figura 7.48) os avaliadores apresentaram, na maioria, tendência a notas acima da média. Entre os avaliadores 01, 02, 03 e 04 nota-se a coincidência na atribuição de notas, pois eles apresentaram valores de desvios (positivos e negativos) bem próximos, sendo os menores desvios absolutos médios. Os avaliadores 05 e 06 apresentam desvios de mesma ordem, embora contrários (avaliador 05 notas inferiores à média e avaliador

06 notas superiores à média). O avaliador 07 apresentou grande desvio negativo, bem como o maior desvio absoluto médio. A maioria dos avaliadores mostrou uma avaliação homogênea, pois em comparação à média dos outros 6 avaliadores tiveram desvios absolutos médios inferiores a 10% da escala adotada na avaliação.

Em virtude da escala adotada no gráfico de médias e desvios padrões, quando as barras de desvio padrão ultrapassarem as de média o coeficiente de variação será superior a 0,25. Isto se observa nos avaliadores 01, 02, 04, 05 e 07. O avaliador 07, confirmando sua grande atribuição de notas abaixo que a média de notas dos outros avaliadores, apresenta média de notas individuais bem inferior, bem como o maior desvio padrão e coeficiente de variação. Os avaliadores 01, 02, 03, 04, e 06 possuem médias próximas, bem como os valores de desvios padrões, ressaltando apenas o avaliador 04 com o desvio padrão acima de 11 pontos. Na maioria, os avaliadores não apresentaram desvios padrões acima do tolerado (10% da escala de avaliação).

No gráfico com os dados de desvios dos avaliadores no defeito com severidade média (Figura 7.49) percebe-se que a maioria dos avaliadores foi tolerante, atribuindo notas inferiores à média, e não homogêneos. Os avaliadores 02, 03 e 05 apresentaram os melhores equilíbrios entre desvios positivos e negativos, bem como os menores desvios absolutos médios. O avaliador 01 apresentou tendência com notas inferiores à média (maioria dos desvios negativos), enquanto que o avaliador 06, em menor escala, apresentou opinião diferente atribuindo notas mais altas (maioria de desvios positivos). Os avaliadores 01, 04, e 07 apresentaram os maiores desvios absolutos médios todos superiores ao valor tolerado; como o avaliador 01, o avaliador 07 tendeu a notas inferiores à média em escala bem maior.

Observando as médias e desvios padrões, os avaliadores 01 e 07 possuem os maiores coeficientes de variação (note-se que quando as barras coincidirem o valor do coeficiente de variação se igualará a 0,25). O avaliador 07 possui a menor média do grupo (devido às suas notas abaixo da média) e o maior desvio padrão. O avaliador 04 que apresentou grande desvio positivo apresenta média superior a de todos, mas

apresenta o menor desvio padrão e coeficiente de variação. A maioria dos avaliadores apresentou desvio padrão maior que 10 pontos.

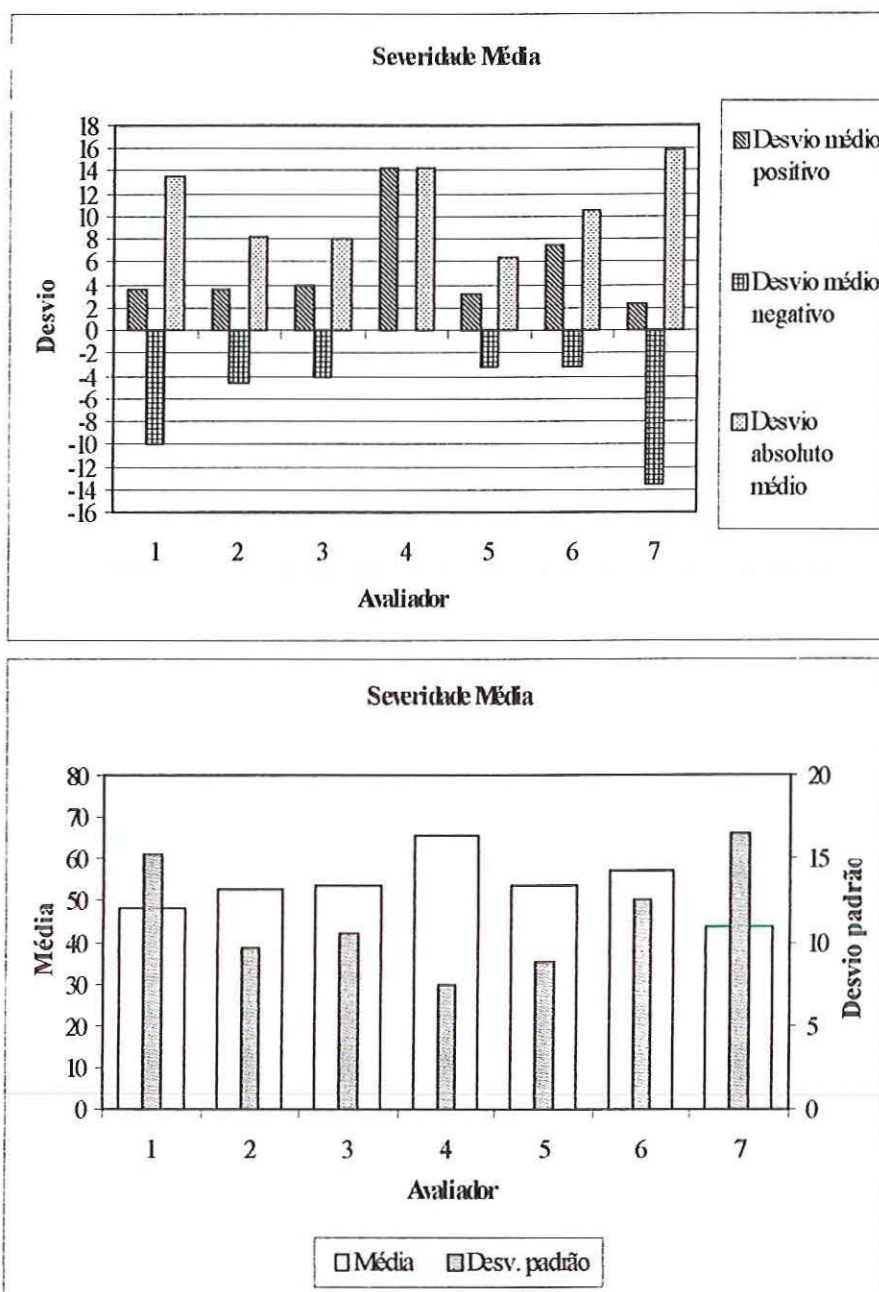


FIGURA 7.49. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito afundamento nas trilhas de rodas de severidade média na Fase 2.

### 7.2.9. Defeito segregação de agregados

O desgaste provocado pelo tráfego na superfície das estradas não pavimentadas eventualmente faz com que as maiores partículas do solo aglutinante se soltem da superfície. O tráfego move esses agregados soltos para fora da trajetória normal das rodas dos veículos e formam bermas no centro e ao longo do acostamento (áreas menos trafegáveis) (EATON et al., 1987a).

A densidade do defeito é estimada, para cada nível de severidade, através da relação entre o comprimento de cada berma encontrada na unidade amostral e a área desta unidade. Este defeito, teoricamente, não atingirá 100% da unidade amostral, pois as trajetórias dos pneus ficam livres do defeito. A severidade é determinada em função da altura da berma de agregados formada na superfície da estrada. Os níveis de severidade adotados para este defeito foram:

- *Baixo*: bermas menores que 5 cm de altura;
- *Médio*: bermas entre 5 cm e 10 cm de altura;
- *Alto*: bermas maiores que 10 cm de altura.

Durante o levantamento foram encontrados em 9,3% das unidades amostrais o defeito segregação de agregados com baixa severidade e em 10% com severidade média. Em uma mesma unidade amostral não foi observado mais de uma severidade, cada berma, quando existia mais de uma, era medida separadamente.

#### 4.2.9.1. Gráficos de valores-dedução

Nos gráficos da Figura 7.50 estão os valores-dedução resultantes da avaliação do painel. Percebe-se uma sucessão de pontos em certas densidades, isso ocorreu porque defeitos com mesmo comprimento foram encontrados em unidades com áreas iguais. Este defeito não teve muita variação de densidades, todos os defeitos encontrados tiveram comprimentos iguais a 30m, ficando a densidade diferenciada apenas pela



área da unidade amostral. Desta forma, novamente, a construção de curvas de valores-dedução ficou prejudicada.

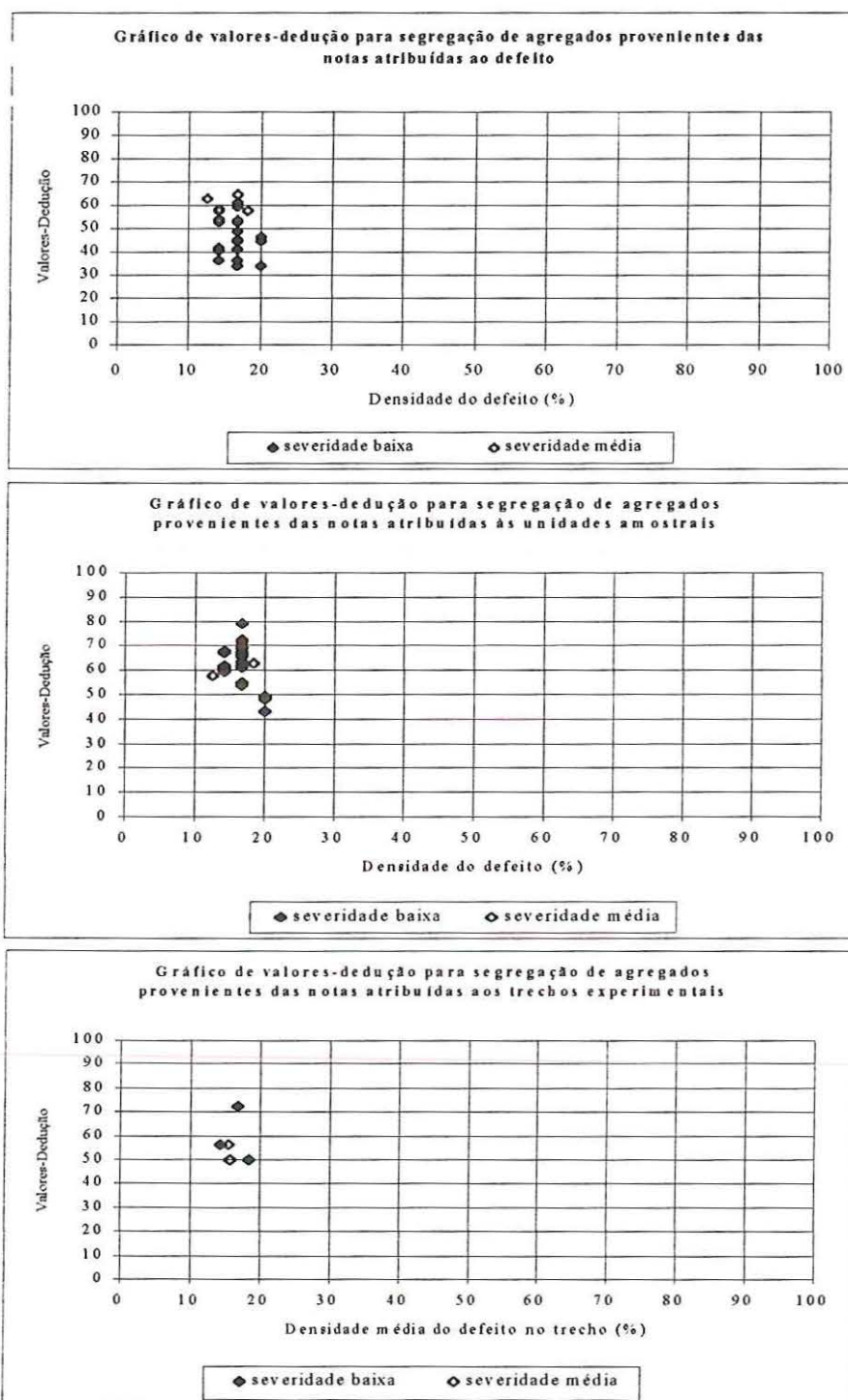


FIGURA 7.50. Gráficos de valores-dedução para o defeito segregação de agregados com dados da Fase 2.

A coerência e dispersão da avaliação do defeito segregação de agregados foi verificada utilizando-se da construção de um gráfico (Figura 7.51) com todas as médias das notas do painel para o defeito nas abcissas e as correspondentes notas individuais na ordenada. O valor do coeficiente de determinação  $R^2$  igual a 0,2689 e respectivo coeficiente de correlação  $R$  igual a 0,52 representa uma medida da dispersão dos dados deste defeito.

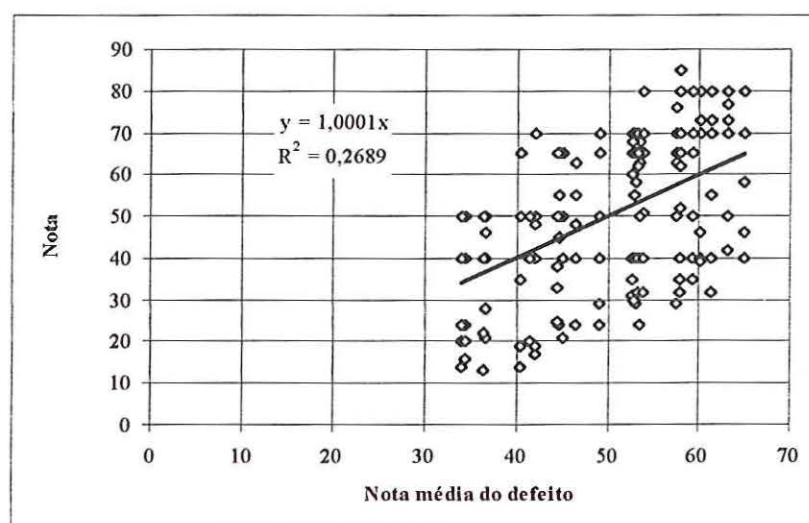


FIGURA 7.51. Gráfico de correlação entre todas as notas do defeito segregação de agregados da Fase 2 e suas respectivas médias.

#### 4.2.9.2. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador

Nos gráficos das Figuras 7.52 e 7.53 estão apresentados diagramas de barras para comparação de cada avaliador em relação à média dos outros seis, lembrando que todos valores numéricos estão presentes no Anexo E.

No defeito segregação de agregados de severidade baixa os avaliadores apresentaram na maioria tendência a notas acima da média (Figura 7.52). Os avaliadores 01 e 02 mostram os melhores equilíbrios entre desvios positivos e negativos, sendo o avaliador 01 com o menor desvio absoluto médio de todo o painel. O avaliador 03 só atribuiu notas acima da média e possui o maior desvio positivo entre os avaliadores. O avaliador 05 apresenta tendência aos desvios negativos, em escala menor, os avaliadores 04 e 06 tendem para notas acima da média. O avaliador 07 além de apresentar elevado desvio negativo, possui o maior desvio absoluto médio. A



avaliação foi considerada não homogênea, pois a maioria dos avaliadores teve um desvio absoluto médio acima do valor tolerável (10 pontos).

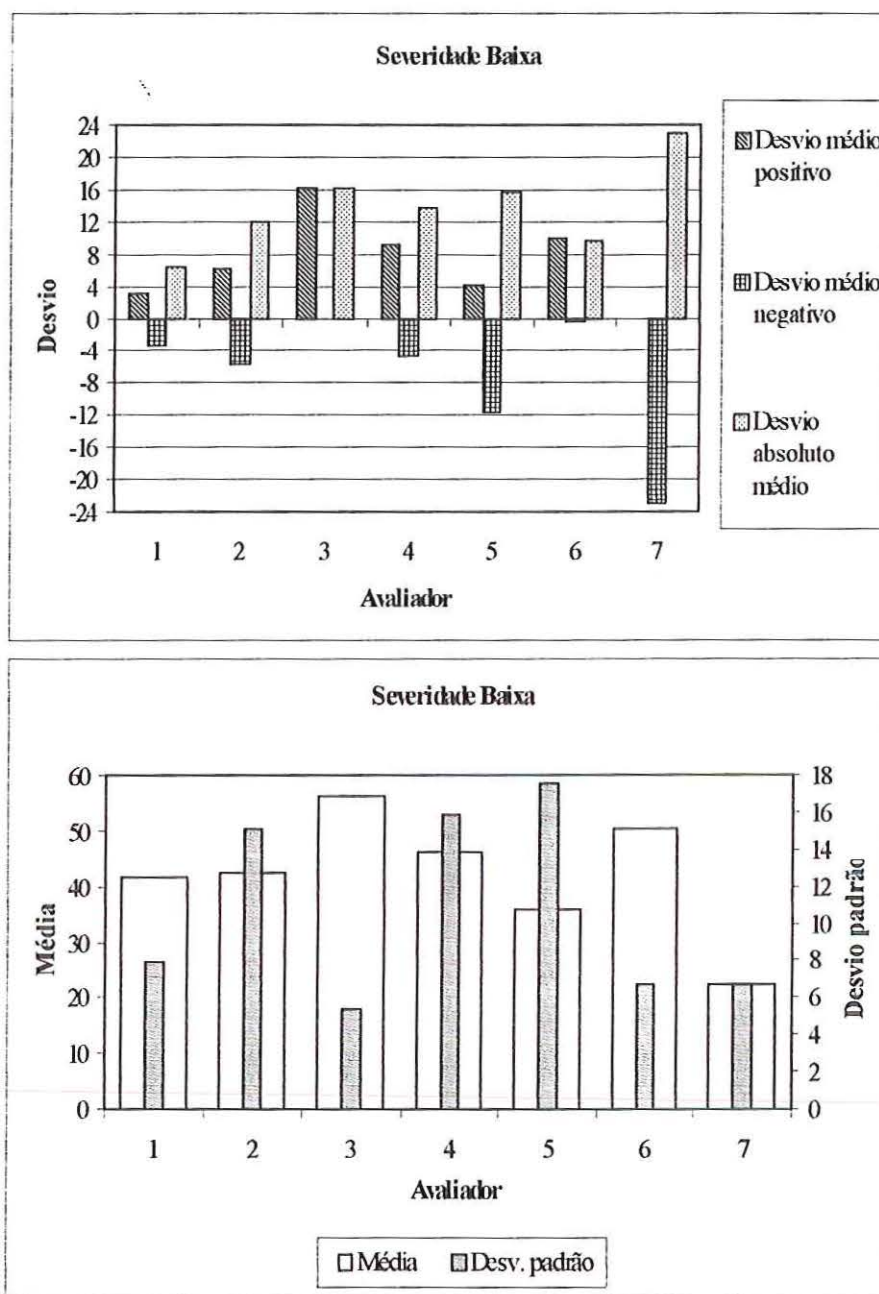


FIGURA 7.52. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito segregação de agregados de severidade baixa na Fase 2.

Na comparação de médias, desvios padrões e coeficientes de variação percebe-se que a maioria dos avaliadores possuem desvios padrões abaixo do valor máximo aceitável (10% da escala de avaliação). Ressalta-se que neste gráfico o coeficiente de

variação assumirá valor igual a 0,30 quando as barras de desvio padrão e média coincidirem, fato acontecido com o avaliador 07, que devido seu elevado número de notas abaixo da média dos outros 6 avaliadores possui a menor média individual do grupo; apesar disso é um dos menores desvios padrões observados. O avaliador 06 tem desvio padrão de mesma ordem que o avaliador 07, mas um coeficiente de variação bem menor devido sua elevada média. Os avaliadores 02, 04 e 05 possuem os maiores coeficientes de variação, sendo este último com o maior desvio padrão entre todos indivíduos do grupo de avaliação. Os avaliadores 02 e 04 possuem desvios padrões de mesma ordem superiores a 10 pontos. O avaliador 03, apesar de maior média devido suas notas altas, possui o menor desvio padrão.

Na severidade média, como pode ser observado na Figura 7.53, os avaliadores também não demonstraram homogeneidade na avaliação, visto que a maioria não conseguiu um desvio absoluto médio inferior a 10% da escala de avaliação. A maioria tendeu a atribuição de notas mais altas que a média, com notável desequilíbrio entre desvios positivos e negativos, representando um caráter pessimista quanto ao efeito nocivo do defeito na superfície da estrada. O avaliador 05 foi o que apresentou melhor equilíbrio entre os desvios positivos e negativos, bem como o menor desvio absoluto médio. Os avaliadores 03 e 04 tenderam na mesma proporção a notas acima da média. O avaliador 06 também apresentou tendência a desvios positivos mas com menor intensidade que os desvios negativos do avaliador 01. O avaliador 02 possui desvio absoluto médio próximo ao do avaliador 06, mas com tendência a notas abaixo da média. O avaliador 07, novamente, apresentou um notável desvio negativo e o maior desvio absoluto médio.

No gráfico dos desvios padrões e médias observa-se que a maioria dos avaliadores apresentou desvios padrões baixos, não superiores a 8 pontos. O avaliador 07 apresenta a menor média (elevados desvios negativos), apesar disso tem o menor desvio padrão. Os avaliadores 01, 03 e 06 possuem desvios padrões próximos. O avaliador 02 possui o maior coeficiente de variação, notando que quando a barra de desvio padrão ultrapassa a de média o coeficiente assume valor superior a 0,25.

Apesar do avaliador 05 apresentar a melhor média possui, juntamente com o avaliador 02, alto desvio padrão.

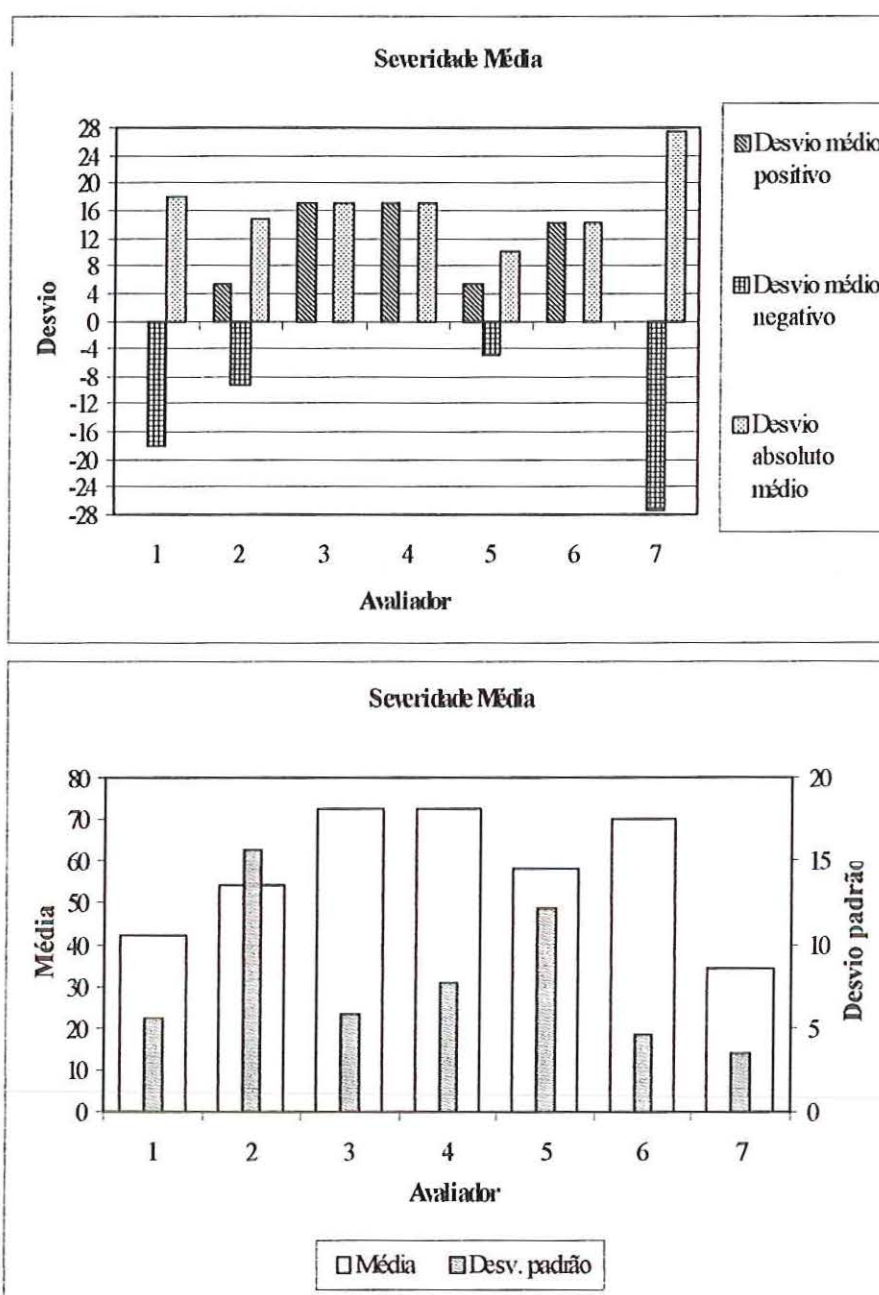


FIGURA 7.53. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito segregação de agregados de severidade média na Fase 2.

### 7.2.10. Areiões

Os problemas de areiões se localizam em áreas geralmente planas e de solo arenoso com falta de material ligante (argila). Na época seca, o material arenoso é movido pelo tráfego para o centro das trilhas de rodas e laterais da estrada formando bermas de material arenoso solto e impedindo a saída da água (ODA, 1995).

A densidade do defeito areião em uma unidade amostral é estimada pela relação do comprimento da berma de areia solta existente na superfície da unidade e a área da unidade amostral. O nível de severidade dos areiões são determinados em função da altura das bermas. Os níveis de severidade adotados no trabalho foram:

- *Baixo*: bermas menores que 5 cm de altura;
- *Médio*: bermas entre 5 cm e 15 cm de altura;
- *Alto*: bermas maiores que 15 cm de altura.

O defeito areião não apareceu com muita frequência nas unidades amostrais avaliadas. Foi contabilizada ocorrência de areião em aproximadamente 30% das unidades amostrais, distribuídos nas três severidades. No campo, a medida do defeito foi a mesma em todas as unidades (30m), sendo a densidade do defeito diferenciada apenas pela área da unidade.

Teoricamente, assim como o defeito segregação de agregados, este defeito não chega a estar presente em 100% da unidade amostral, pois como as rodas dos veículos jogam o material arenoso para as laterais e centro da pista não há o defeito na área correspondente à trajetória das rodas dos veículos.

#### 7.2.10.1. Gráficos de valores-dedução

Na Figura 7.54 estão os gráficos de valores-dedução para o defeito areião resultante dos dados desta fase. Os gráficos deste defeito também foram limitados pela pequena

variação de densidades do defeito, prejudicando a construção das curvas de valores-dedução para cada severidade do defeito.

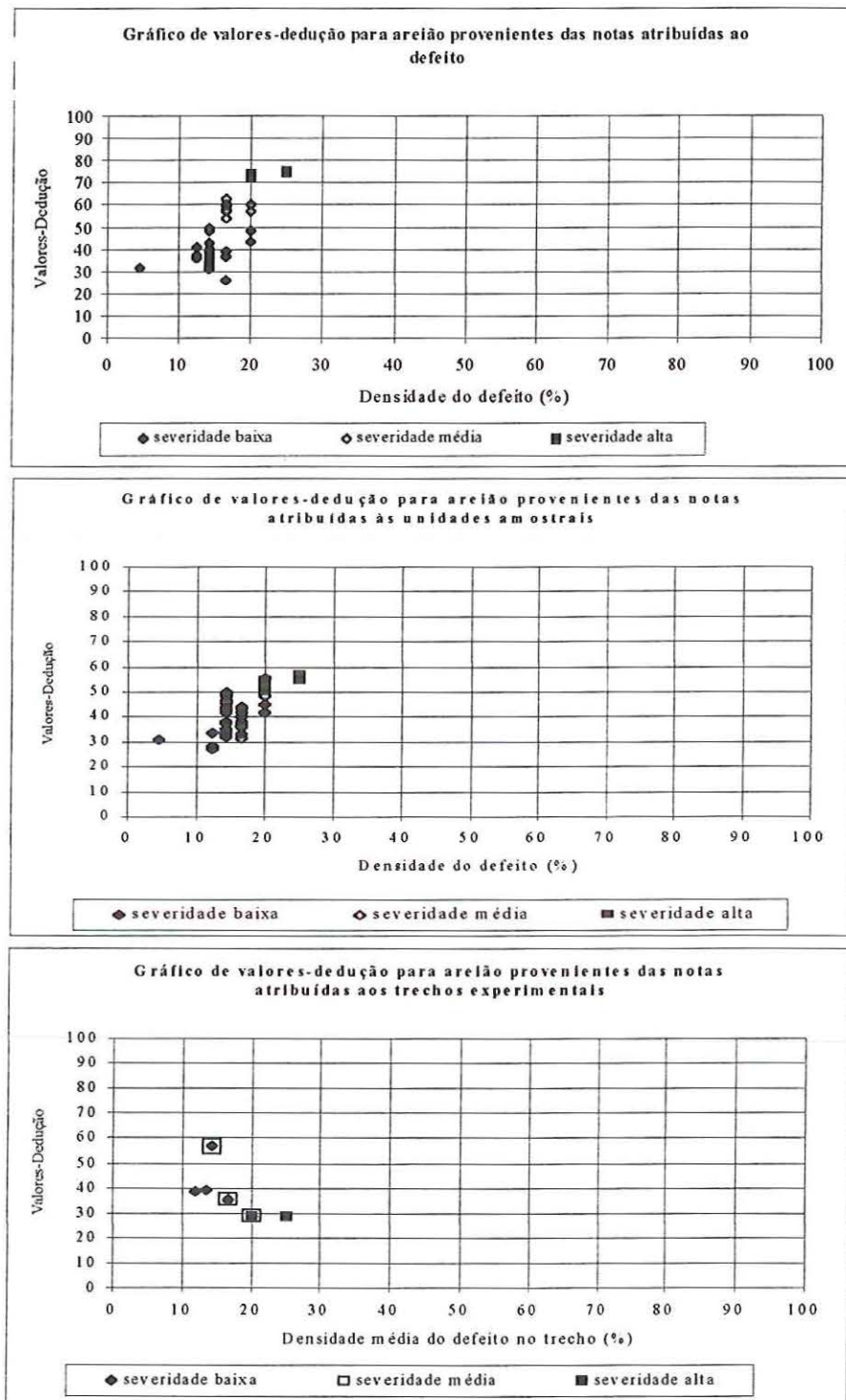


FIGURA 7.54. Gráficos de valores-dedução para o defeito areião com dados da Fase 2.

A maior densidade encontrada em campo foi de 25%, sendo que muitas densidades iguais foram encontradas e receberam notas diferentes, resultando em algo já visto anteriormente: uma sucessão de pontos numa mesma densidade. Nos gráficos não houve valor-dedução inferior a 20 pontos e nem a ocorrência de mais de uma severidade numa mesma unidade amostral.

No gráfico construído com os valores-dedução provenientes das notas atribuídas diretamente ao defeito a cada severidade, nota-se coerência na atribuição, pois os valores-dedução de uma mesma densidade do defeito com severidade média são superiores aos de severidade baixa e inferiores aos de severidade alta. Desta forma refletindo que quanto mais severo o defeito mais danos ele causa à superfície.

A fim de se observar a coerência e dispersão da avaliação do defeito em questão, foram lançadas todas as médias das notas do painel para o defeito em abcissas e as correspondentes notas individuais na ordenada resultando a Figura 7.55. O valor do coeficiente de determinação  $R^2$  igual a 0,4797 e respectivo coeficiente de correlação  $R$  igual a 0,70 representa uma medida da dispersão dos dados deste defeito.

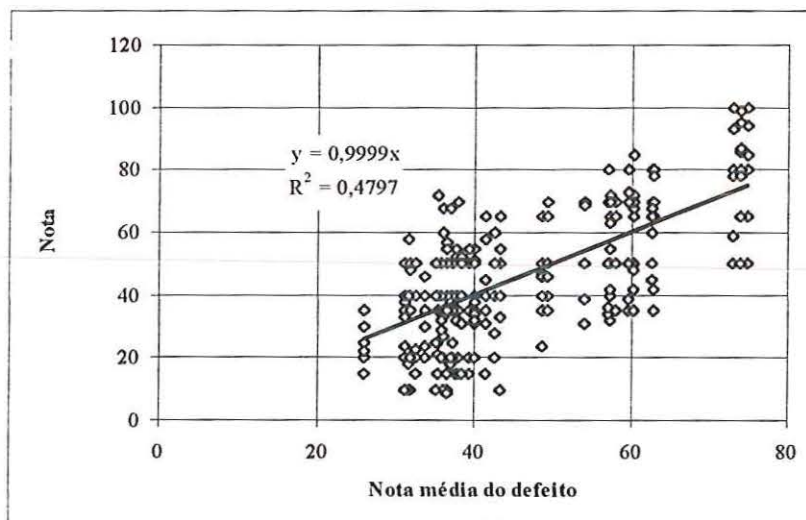


FIGURA 7.55. Gráfico de correlação entre todas as notas do defeito areiões da Fase 2 e suas respectivas médias.

### 7.2.10.2. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador

Da comparação de cada avaliador com a média dos outros seis resultaram os gráficos das Figura 7.56 a 7.58.

Na severidade baixa (Figura 7.56) a maioria dos avaliadores foram mais rígidos em suas avaliações, atribuindo notas acima da média. Os avaliadores 01 e 03 apresentaram os melhores equilíbrios entre desvios negativos e positivos, e juntamente ao avaliador 02 revelam os menores valores de desvio absoluto médio. O avaliador 05 possui tendência a notas inferiores à média enquanto que o avaliador 04, embora em escala um pouco menor, tendeu a notas mais altas e possui um desvio absoluto médio um pouco maior. O avaliador 07 apresenta um elevado desvio negativo acompanhado do maior desvio absoluto médio de todos os avaliadores. O avaliador 06, em menor escala que o avaliador 07, tende para notas superiores à média. Os avaliadores, de uma forma geral, não apresentaram boa homogeneidade, pois seus desvios absolutos médios, na maioria, superaram o limite tolerável.

Avaliando médias e desvios padrões, nota-se que o avaliador 07 possui a menor média, refletindo o alto número de notas abaixo da média dos outros avaliadores, mas seu desvio padrão não é considerado muito alto (em virtude da escala adotada na avaliação - escala de 100 pontos). Observa-se neste gráfico que quando a barra de desvio padrão ultrapassa a de média o coeficiente de variação é maior que 0,30. Os avaliadores 04, 05 e 07 possuem os maiores coeficientes de variação, sendo os dos avaliadores 04 e 05 de mesma ordem. O avaliador 03 foi o que apresentou o menor desvio padrão e coeficiente de variação. De uma forma geral, os avaliadores não apresentaram desvios padrões muito altos, pois apenas os avaliadores 04 e 06 apresentam um desvio maior que 10% da escala de avaliação.

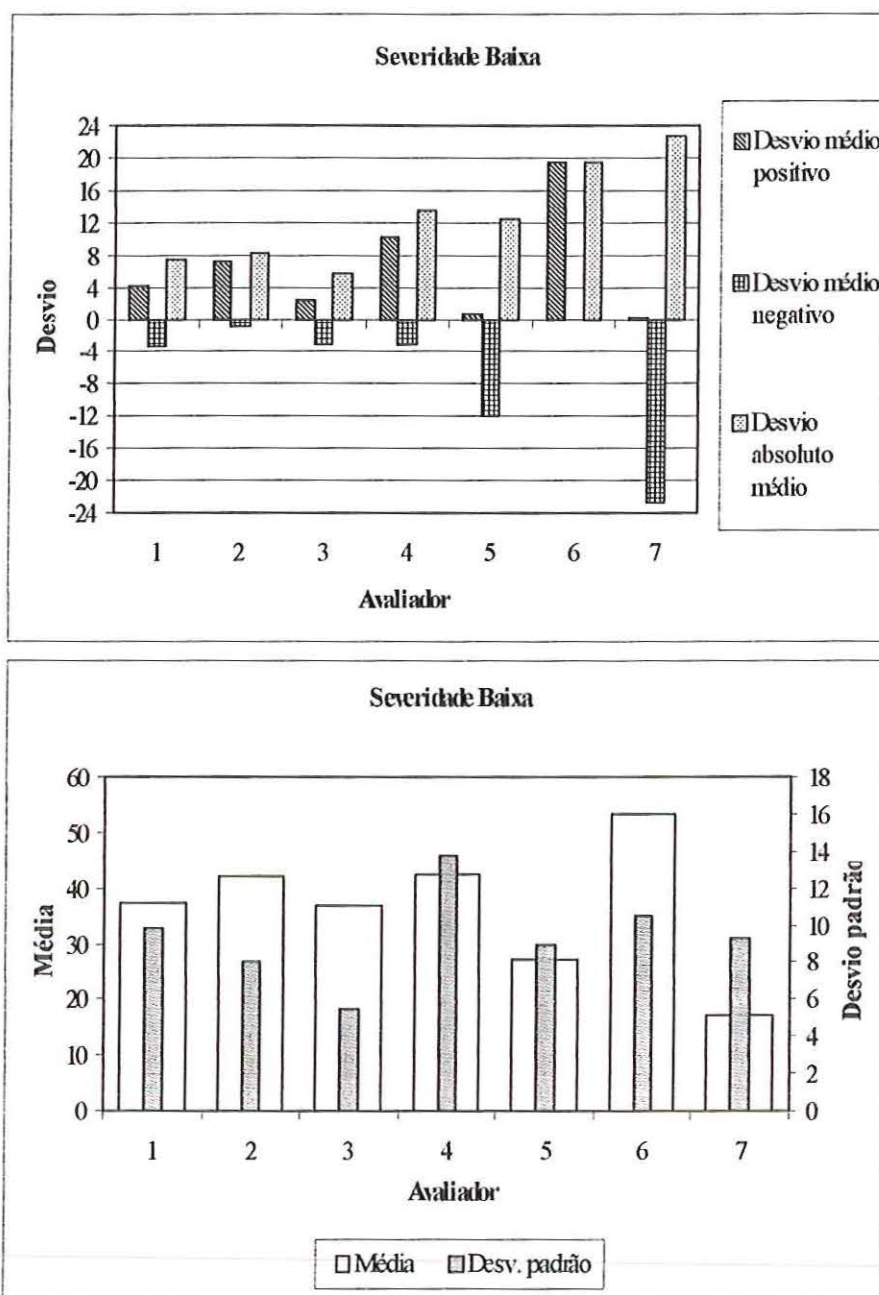


FIGURA 7.56. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito arciões de severidade baixa na Fase 2.

Na severidade média (Figura 7.57), assim como na severidade baixa, os avaliadores demonstraram homogeneidade insatisfatória, bem como continuaram a tendência a notas altas (acima da média). Os desvios positivos entre os avaliadores 01 e 02 são similares, bem como os negativos, tendo ambos maior tendência a notas acima da média. Os avaliadores 04 e 06 possuem uma tendência de mesma ordem a notas altas, enquanto que o avaliador 05 possui, em aproximada proporção aos anteriores,



tendência a notas mais baixas (abaixo da média), mas um maior desvio absoluto médio. O avaliador 03 tem maior tendência a notas abaixo da média além de possuir o menor desvio absoluto médio do painel. Novamente, o avaliador 07 foi o que mais se distanciou da média dos outros avaliadores, atribuindo em maior escala notas inferiores à média, resultando no maior desvio absoluto médio.

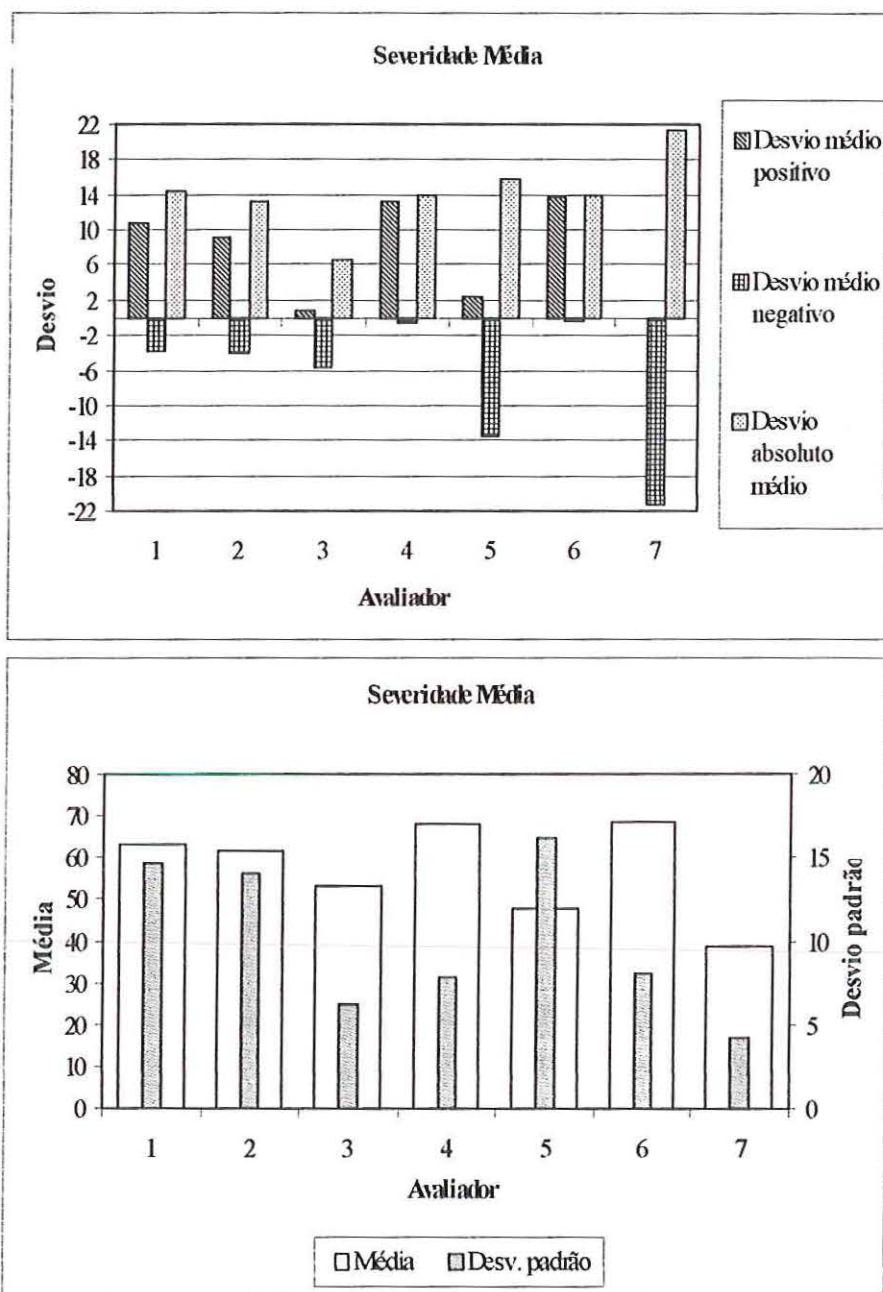


FIGURA 7.57. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito areiões de severidade média na Fase 2.

Observando as médias e desvios padrões dos avaliadores nesta mesma figura, nota-se que embora o avaliador 07 tenha a menor média (desvios negativos) ele apresenta o menor desvio padrão e coeficiente de variação. Em virtude das escalas, o coeficiente de variação será maior que 0,25 quando a barra de desvio padrão ultrapassar a de média, o que se verifica apenas para o avaliador 05. Os avaliadores 01 e 02 apresentaram desvio padrão e coeficiente de variação da mesma ordem. A maioria dos avaliadores não apresentou desvios padrões altos, maiores que 10 pontos.

A avaliação do defeito com severidade alta (Figura 7.58) também não foi considerada homogênea (a maioria dos avaliadores apresentaram desvios absolutos médios acima de 10 pontos). Os avaliadores 01 e 02 atribuíram na mesma proporção notas inferiores à média e apresentam o segundo maior desvio absoluto médio. Numa escala um pouco maior, o avaliador 06 apresenta apenas notas acima da média, tendo o maior desvio absoluto médio dentre os avaliadores. Os avaliadores 03 e 05 atribuíram apenas notas superiores à média e são os únicos com desvios absolutos médios abaixo de 10 pontos. Nota-se que nesta severidade os avaliadores tenderam, na maioria, à rigidez na avaliação, optando por notas acima da média.

Na mesma figura, percebe-se que os avaliadores 01 e 02 possuem as menores médias, reflexo de suas notas inferiores à média, mas têm os menores desvios padrões. O avaliador 03 apresenta um desvio padrão de mesma ordem que dos anteriores, mas com um coeficiente de variação um pouco menor devido sua média ser maior. Os avaliadores 04 e 05 apresentam os maiores coeficientes de variação (superiores a 0,05). Nesta severidade os desvios padrões dos avaliadores foram bem baixos.

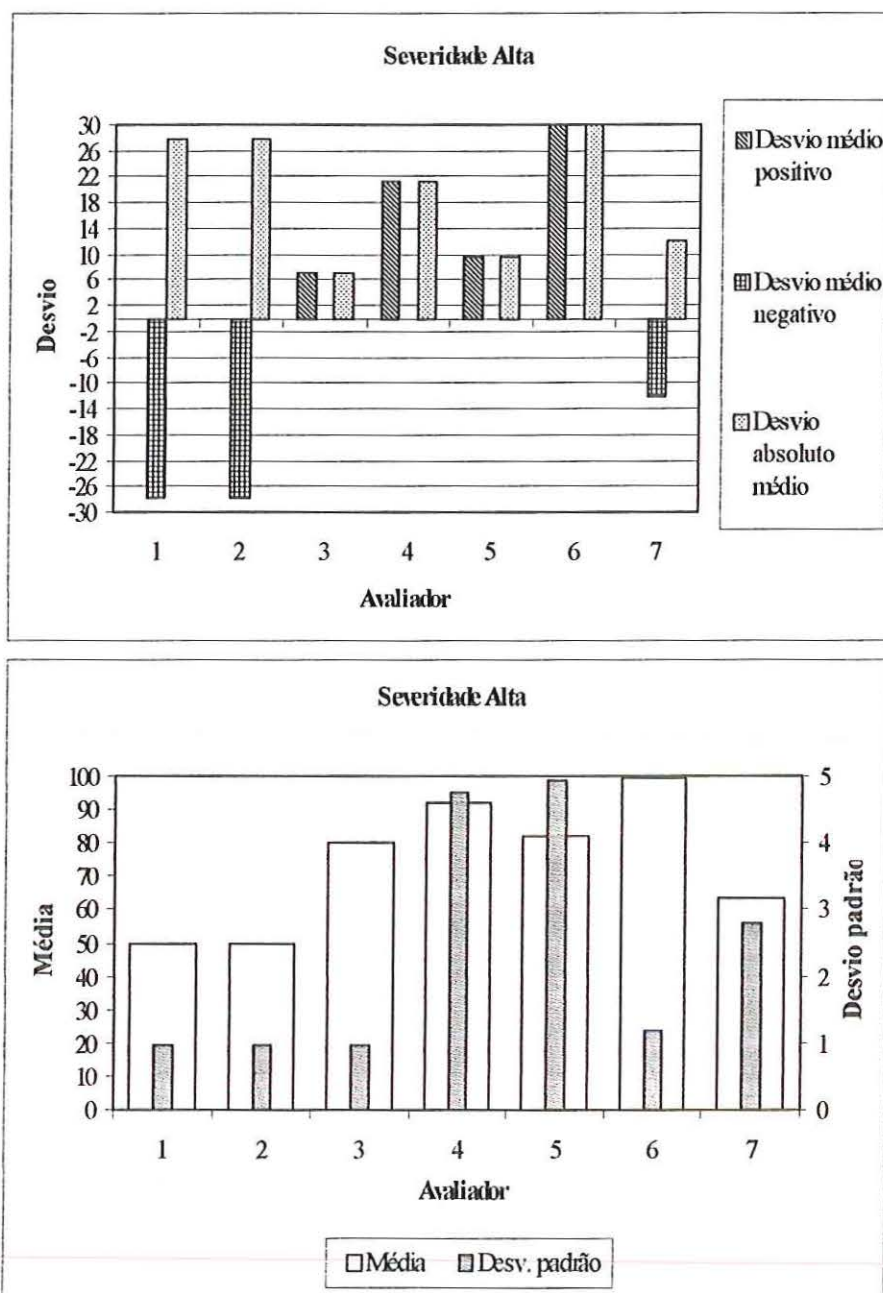


FIGURA 7.58. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito areiões de severidade alta na Fase 2.

### 7.2.11. Defeito erosão

São sulcos formados, segundo ODA (1995), pela ação da água em estradas com rampas acentuadas, sem declividade transversal adequada e drenagem ineficiente. Com a chuva, os sulcos formados vão aumentando até formar grandes ravinas.

O defeito erosão é percentualizado numa unidade amostral pela razão entre a área do sulco existente na superfície da estrada e a área da unidade amostral em que ele está presente. A densidade deste defeito poderá chegar a 100% da unidade amostral caso ela esteja totalmente erodida. As severidades para este defeito foram atribuídas neste trabalho de acordo com a Tabela 7.18.

TABELA 7.18. Níveis de severidade para o defeito erosão.

LARGURA (m)	PROFUNDIDADE (cm)		
	< 15	15 – 30	> 30
< 0,50	BAIXO	MÉDIO	ALTO
0,50 – 1,50	BAIXO	MÉDIO	ALTO
> 1,5	MÉDIA	ALTO	ALTO

Nas unidades amostrais avaliadas foram localizados apenas 22,9% do defeito erosão, destes 12,9% eram de severidade baixa, 9,3% de severidade média e apenas 0,7% de severidade alta. Em três unidades amostrais o defeito possuía 100% de densidade, estas unidades estavam totalmente erodidas por sulcos transversais de severidade média.

#### 7.2.11.1. Gráficos de valores-dedução

Na Figura 7.59 estão os gráficos desenvolvidos para o defeito areião.

Os valores-dedução provenientes das notas atribuídas pelos avaliadores diretamente ao defeito e às unidades amostrais estão coerentes, pois percebe-se que em defeitos com mesma densidade quanto maior a severidade, maior foi o peso atribuído. Mas isso não foi o suficiente para que as curvas de valores-dedução fossem delineadas. Como os defeitos anteriores, a construção dessas curvas ficou difícil devido à pouca variabilidade de densidades, como também a atribuição de pesos muito elevados a baixas densidades.

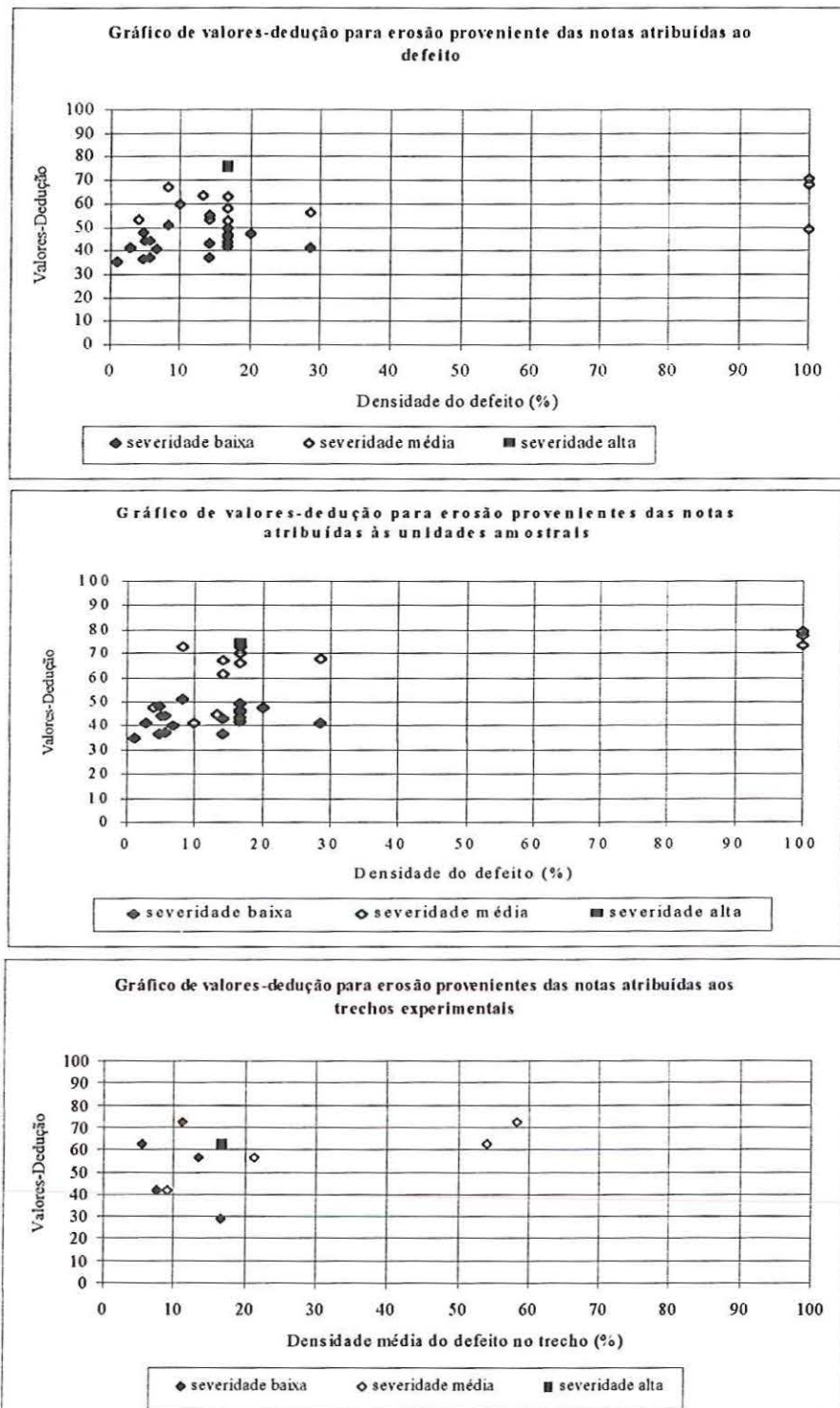


FIGURA 7.59. Gráficos de valores-dedução para erosão com dados da Fase 2.

Na Figura 7.60 mostra-se um gráfico de correlação entre as notas individuais dos 7 avaliadores em cada densidade do defeito e as respectivas médias visando observar a coerência e dispersão da avaliação do defeito. Neste gráfico estão as notas atribuídas

a todas três severidades do defeito encontradas no campo. O valor do coeficiente de determinação  $R^2$  igual a 0,3395 e respectivo coeficiente de correlação  $R$  igual a 0,60 representa uma medida da dispersão dos dados deste defeito.

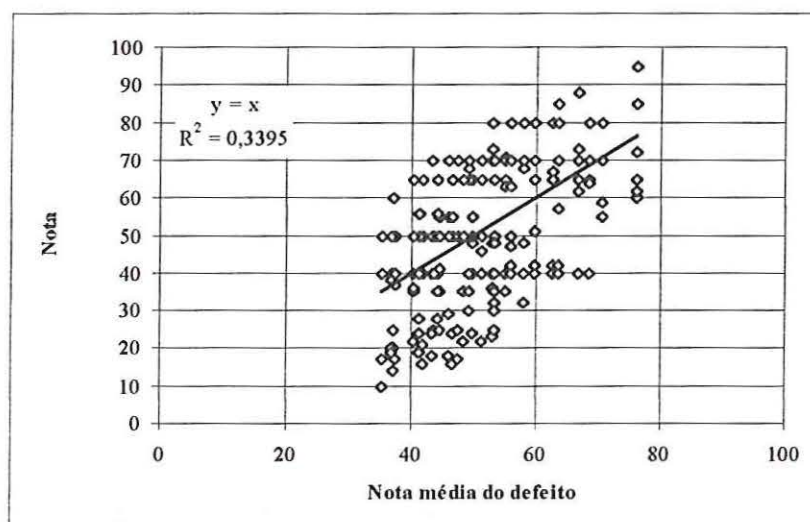


FIGURA 7.60. Gráfico de correlação entre todas as notas do defeito erosões da Fase 2 e suas respectivas médias.

#### 7.2.11.2. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador

A seguir, nas Figuras 7.61 a 7.63, apresentam-se os gráficos resultantes da comparação, em cada severidade do defeito encontrado em campo, das notas de cada avaliador em relação à média de notas dos outros seis avaliadores. Os dados numéricos estão no Anexo E.

Na Figura 7.61 tem-se que o avaliador 01 apresentou excelente equilíbrio entre os desvios positivos e negativos e também o menor desvio absoluto médio. Os avaliadores 02, 03 e 04 apresentaram maior tendência a notas acima da média, com valores de desvios positivos não muito diferentes, bem como de desvios negativos. O avaliador 06 teve apenas desvios positivos, com valor próximo aos dos 3 últimos avaliadores abordados. O avaliador 07 possui elevado desvio negativo e o maior valor de desvio absoluto médio. O avaliador 05 apresenta maioria de desvios negativos também, mas em escala bem menor. Os avaliadores, na maioria, tenderam a notas superiores à média. A avaliação não foi considerada homogênea, pois, de

uma forma geral, os avaliadores possuem desvios absolutos médios maiores que 10 pontos.

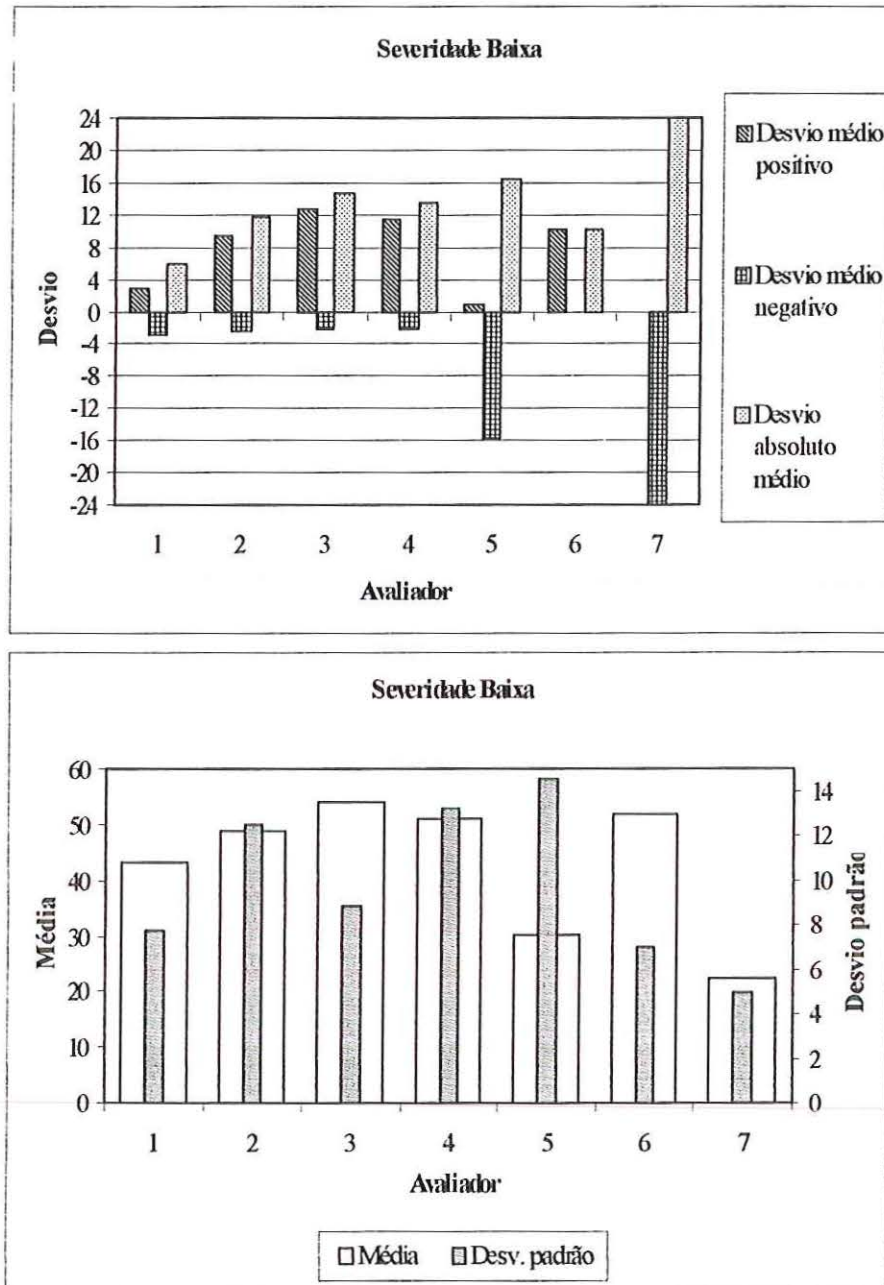


FIGURA 7.61. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito erosões de severidade baixa na Fase 2.

Pela Figura 7.62 a maioria dos avaliadores também tenderam a atribuir notas acima da média, além disso a avaliação não pode ser considerada homogênea visto que na maioria o desvio absoluto médio é maior que 10 pontos. O avaliador 02 foi o que apresentou melhor equilíbrio entre desvios positivos e negativos. Os avaliadores 01 e

07 apresentam elevados desvios negativos e de proporções aproximadas, bem como os maiores desvios absolutos médios. Os avaliadores 03, 04 e 06 tendem a notas altas (superiores à média) apresentando poucas diferenças. O avaliador 05 tem tendência a notas abaixo da média e o menor desvio absoluto médio.

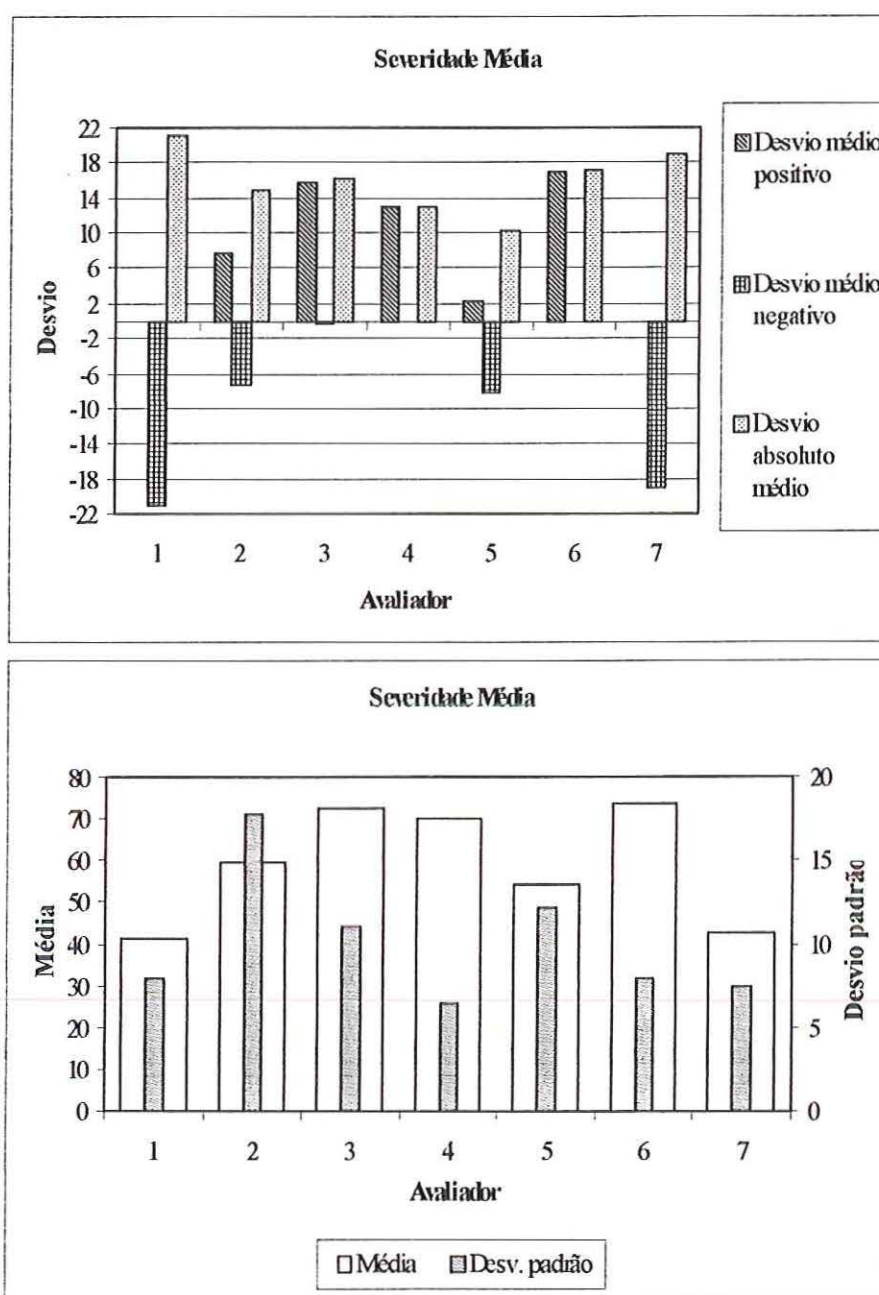


FIGURA 7.62. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito erosões de severidade média na Fase 2.

Apesar de boa média (Figura 7.62), o avaliador 02 possui o coeficiente de variação mais elevado (superior a 0,25). Os avaliadores 01 e 07 possuem coeficiente de



variação de mesma ordem, e apresentam um dos menores desvios padrões. O avaliador 04 apresenta o menor desvio padrão e coeficiente de variação. Pode-se afirmar que os desvios padrões obtidos são baixos, pois a maioria dos avaliadores possui desvio padrão inferior a 10 pontos.

Na severidade alta (Figura 7.63) os avaliadores 04 e 06 apresentam desvios positivos, e de mesma ordem, bem como os maiores desvios absolutos médios. O avaliador 03 também apresenta desvios positivos, mas em menor escala. Os avaliadores 01, 02, 05 e 07 apresentam desvios negativos, sendo o maior deles pertencente ao avaliador 02. O menor desvio absoluto médio é observado no avaliador 07. Nesta severidade os avaliadores possuem maior tendência a notas abaixo da média, sendo também a avaliação considerada não homogênea devido o alto desvio absoluto médio da maioria dos avaliadores. Pelo fato de só haver uma observação de erosão a nível de severidade alto, o gráfico com desvios padrões não foi construído.

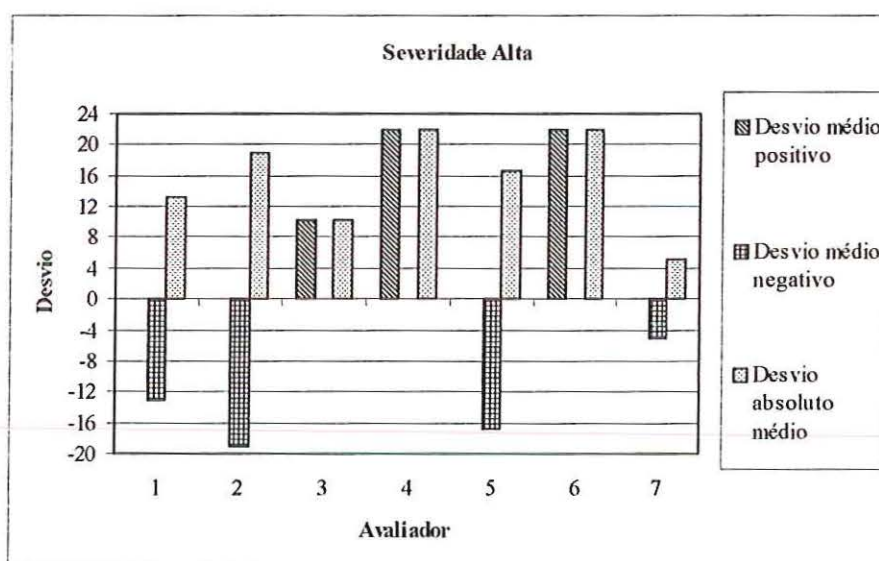


FIGURA 7.63. Gráfico de comparação de desvios de cada avaliador no defeito erosões de severidade alta na Fase 2.

### 7.2.12. Defeito facão

O defeito facão resulta do lançamento de material da superfície da estrada pelos pneus dos veículos para o centro e laterais da estrada, sem ocorrer o afundamento

nas trilhas das rodas. Geralmente se encontra este defeito em estradas onde há a presença de areiões (ODA,1995). Este defeito difere do defeito areião porque as bermas formadas estão mais compactadas, no areião as bermas são formadas por areia solta.

Em cada unidade amostral as densidades dos facões são calculadas pela razão entre o comprimento da berma formada e a área da unidade amostral. Hipoteticamente, uma unidade amostral não apresentará 100% deste defeito, pois na área da trajetória das rodas dos veículos não há o defeito. Os níveis de severidade deste defeito são determinados em função da altura das bermas formadas, como segue:

- *Baixo*: bermas com altura menor que 5 cm;
- *Médio*: bermas com altura entre 5 cm e 10 cm;
- *Alto*: bermas com altura maior que 10 cm.

Em 40% das unidades amostrais avaliadas foram encontrados problemas de facão, sendo que 22,1% eram de severidade baixa, 12,9% eram de severidade média e apenas 5% eram de severidade alta.

#### **7.2.12.1. Gráficos de valores-dedução**

De modo geral, a tentativa de construção de curvas de valores-dedução foi frustrada pela falta de variedade de densidades e pela atribuição de valores-dedução não inferiores a 20 pontos. Em várias unidades amostrais a densidade do defeito foi a mesma e apesar disso receberam pesos diferentes para o seu efeito na superfície, resultando em sucessões de pontos numa mesma densidade.

Na Figura 7.64 são apresentados os gráficos desenvolvidos para este defeito.

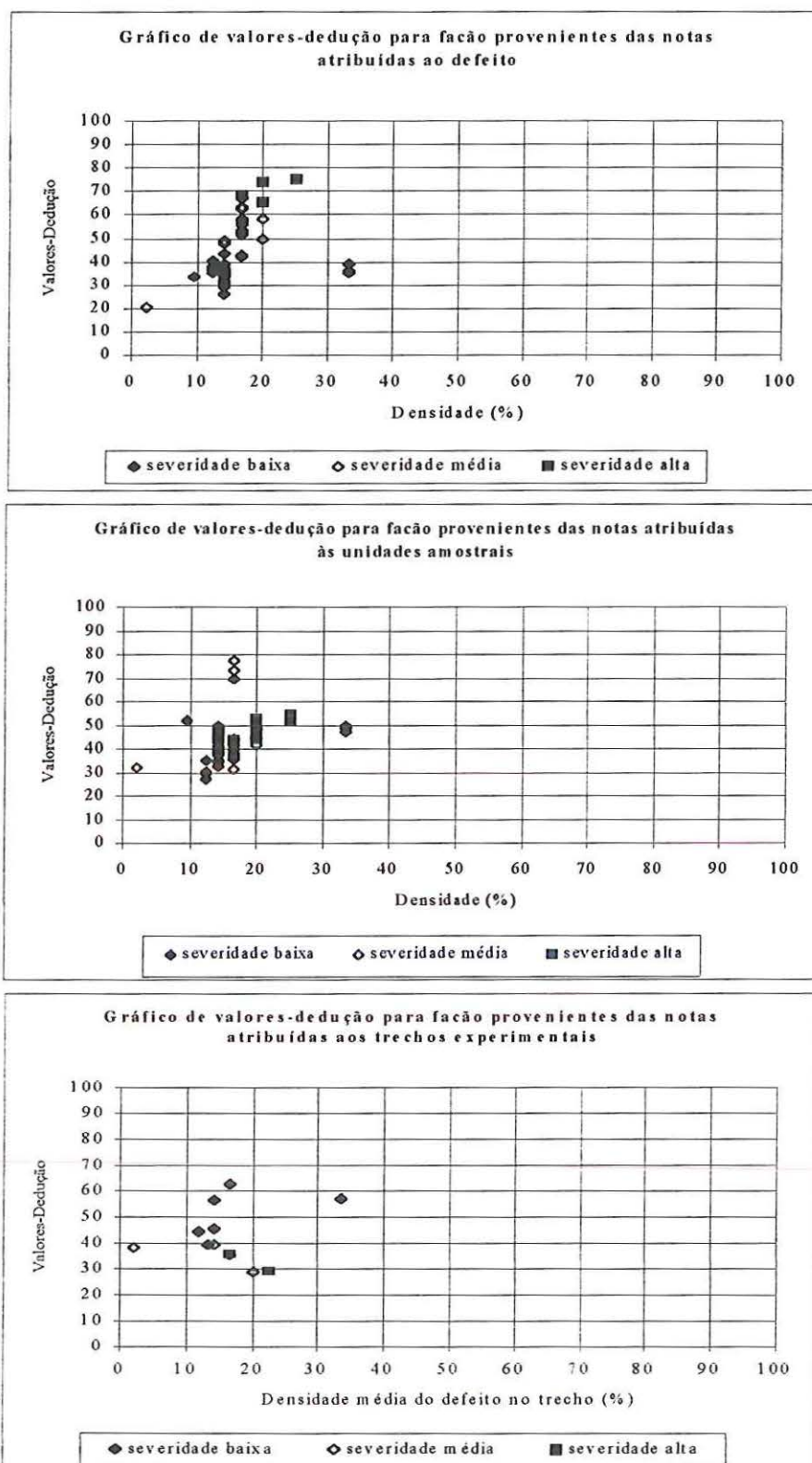


FIGURA 7.64. Gráficos de valores-dedução para o defeito facão com dados da Fase 2.

Quanto à avaliação da coerência e dispersão na avaliação do defeito, no gráfico da Figura 7.65 foram lançadas todas as médias das notas do painel em abcissas e as

correspondentes notas individuais na ordenada, ressaltando que no gráfico estão os dados de todas as severidades encontradas no campo. O valor do coeficiente de determinação  $R^2$  igual a 0,5052 e respectivo coeficiente de correlação  $R$  igual a 0,71 representa uma medida da dispersão dos dados deste defeito.

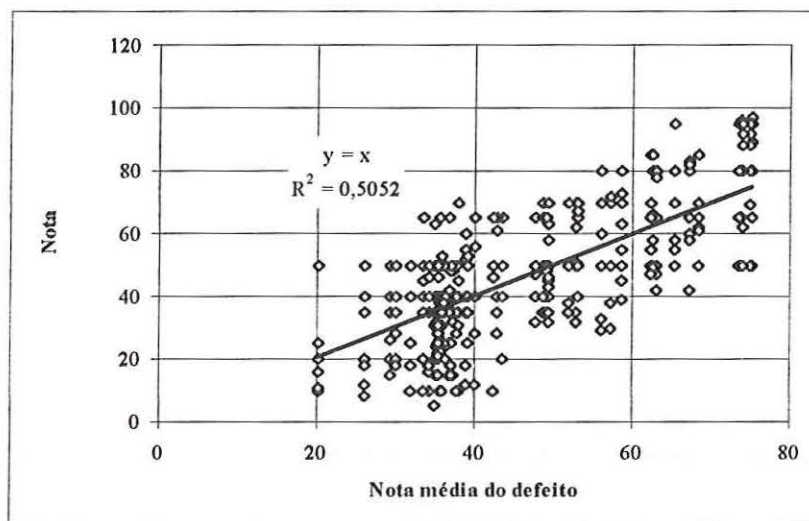


FIGURA 7.65. Gráfico de correlação entre todas as notas do defeito facão da Fase 2 e suas respectivas médias.

### 7.2.12.2. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador

Nas Figuras 7.66 a 7.68 estão os gráficos resultantes da análise de cada avaliador em relação à média dos outros seis. Vale lembrar que os dados numéricos estão reunidos no anexo E.

Para o defeito facão com baixa severidade tem-se (Figura 7.66) uma avaliação com tendência a notas superiores à média e de característica não homogênea (na maioria dos avaliadores os desvios absolutos médios são superiores a 10 pontos). O avaliador 03 mostra o melhor equilíbrio entre desvios positivos e negativos, além disso apresenta o menor desvio absoluto médio. Os avaliadores 01 e 02 apresentam tendência a notas acima da média, com desvios absolutos médios não superiores a 10 pontos. Os avaliadores 04 e 05 apresentam desvios absolutos médios próximos; o avaliador 04 tende a notas acima da média, enquanto que o avaliador 05 tende em escala um pouco menor a notas abaixo da média. O avaliador 07 atribuiu apenas

notas abaixo da média tendo um elevado desvio negativo; seu desvio absoluto médio é o maior de todos os avaliadores. O avaliador 06 apresenta apenas notas acima da média e também um elevado desvio absoluto médio.

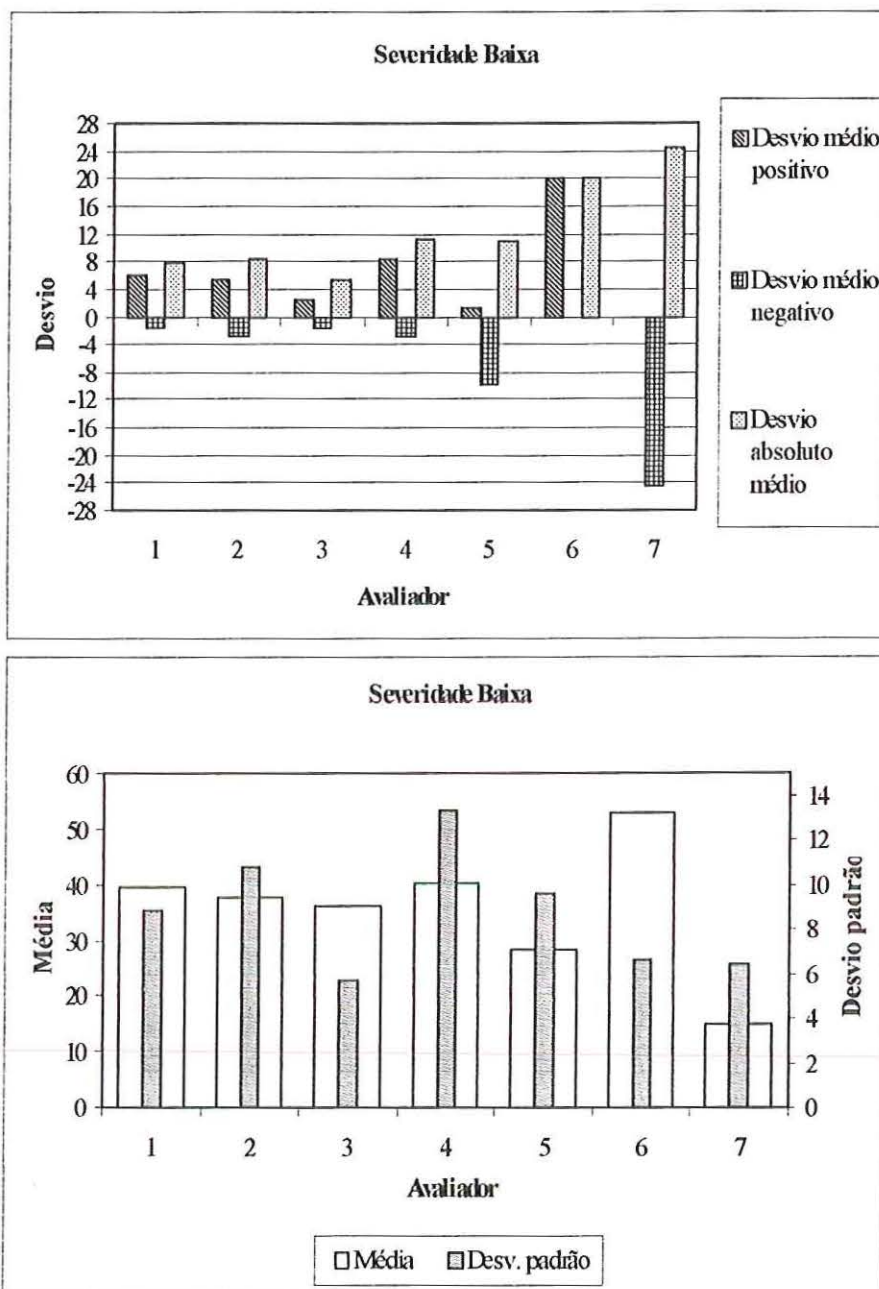


FIGURA 7.66. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito facção de severidade baixa na Fase 2.

Ainda na Figura 7.66, nota-se que o avaliador 07 reflete suas notas baixas através da menor média individual do grupo e possui dentre eles o maior coeficiente de variação. Lembrando que neste gráfico o coeficiente de variação é maior que 0,25

quando a barra de desvio padrão ultrapassa a de média. Os avaliadores 02, 04 e 05 também possuem coeficientes de variação acima de 0,25, sendo os dos dois últimos de mesma ordem. O avaliador 03 detém o menor desvio padrão. Já o avaliador 06, apesar de sua elevada média individual (notas acima da média), possui o menor coeficiente de variação. Resumidamente, os desvios padrões dos avaliadores não se mostrou alto, sendo na maioria inferior a 10 pontos.

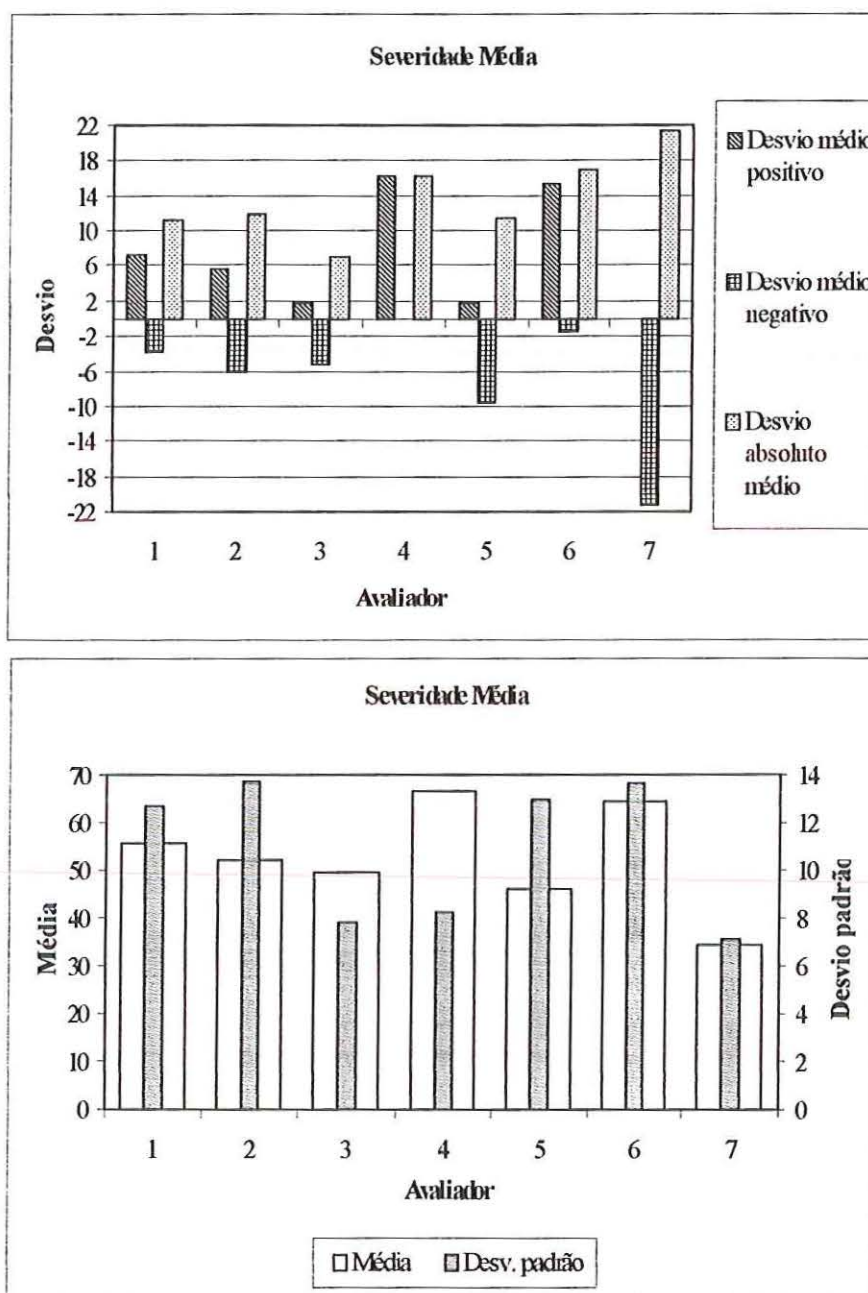


FIGURA 7.67. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito facção de severidade média na Fase 2.

Os desvios da avaliação do defeito a severidade média (Figura 7.67) tendem ao lado negativo (maioria de notas abaixo da média). O avaliador 02 apresentou o melhor equilíbrio entre desvios negativos e positivos, mas não apresentou um desvio absoluto médio baixo que como os outros avaliadores, excetuando o avaliador 03, teve um desvio absoluto médio superior a 10 pontos. Os avaliadores 04 e 06 tiveram tendência a desvios positivos de valores próximos, tendo o avaliador 04 apenas notas acima da média. O avaliador 07 apresentou elevado desvio negativo e nenhum positivo, bem como o maior entre os desvios absolutos médios. Nesta severidade os avaliadores não foram homogêneos (na maioria desvios absolutos médios maiores que 10 pontos).

No gráfico de médias e desvios padrões da Figura 7.67, devido à escala adotada, o coeficiente de variação será igual a 0,20 quando as barras de desvio padrão coincidirem com as de média. Neste gráfico observa-se que a maioria dos avaliadores tiveram coeficientes de variação acima de 0,20. Apesar de apresentar grande número de notas abaixo da média dos outros 6 avaliadores, o avaliador 07 teve o menor desvio padrão entre notas, que em circunstância da baixa média apresentou um coeficiente de variação pouco maior que 0,20. O avaliador 06 possui coeficiente de variação de mesma ordem que este último. O avaliador 04 com a maior média apresentou o menor coeficiente de variação. De uma maneira geral, os desvios padrões podem ser considerados altos, pois estão acima de 10 pontos.

Na Figura 7.68 os desvios dos avaliadores na severidade alta deste defeito se mostram bem desequilibrados, sendo que apenas o avaliador 03 possui um certo equilíbrio. O avaliador 03 foi o único a apresentar desvio absoluto médio inferior a 10 pontos. O avaliador 06 apresentou o maior desvio absoluto médio, com apenas notas superiores à média, enquanto que os avaliadores 01 e 02, em escala menor, apresentaram tendência a notas mais baixas que a média. Os avaliadores na maioria não apresentaram homogeneidade e tenderam a notas acima da média.

Na mesma figura (Figura 7.68), observa-se que os avaliadores 01 e 02 apresentam as menores médias, fruto de suas notas abaixo da média dos outros seis avaliadores,

mas são os que têm os coeficientes de variação mais elevados. Note-se neste gráfico que quando a barra de desvio padrão ultrapassa a de média o coeficiente de variação é maior a 0,15. Os avaliadores 04, 06 e 07 apresentam os menores desvios. No geral, os desvios padrões dos avaliadores foram considerados baixos.

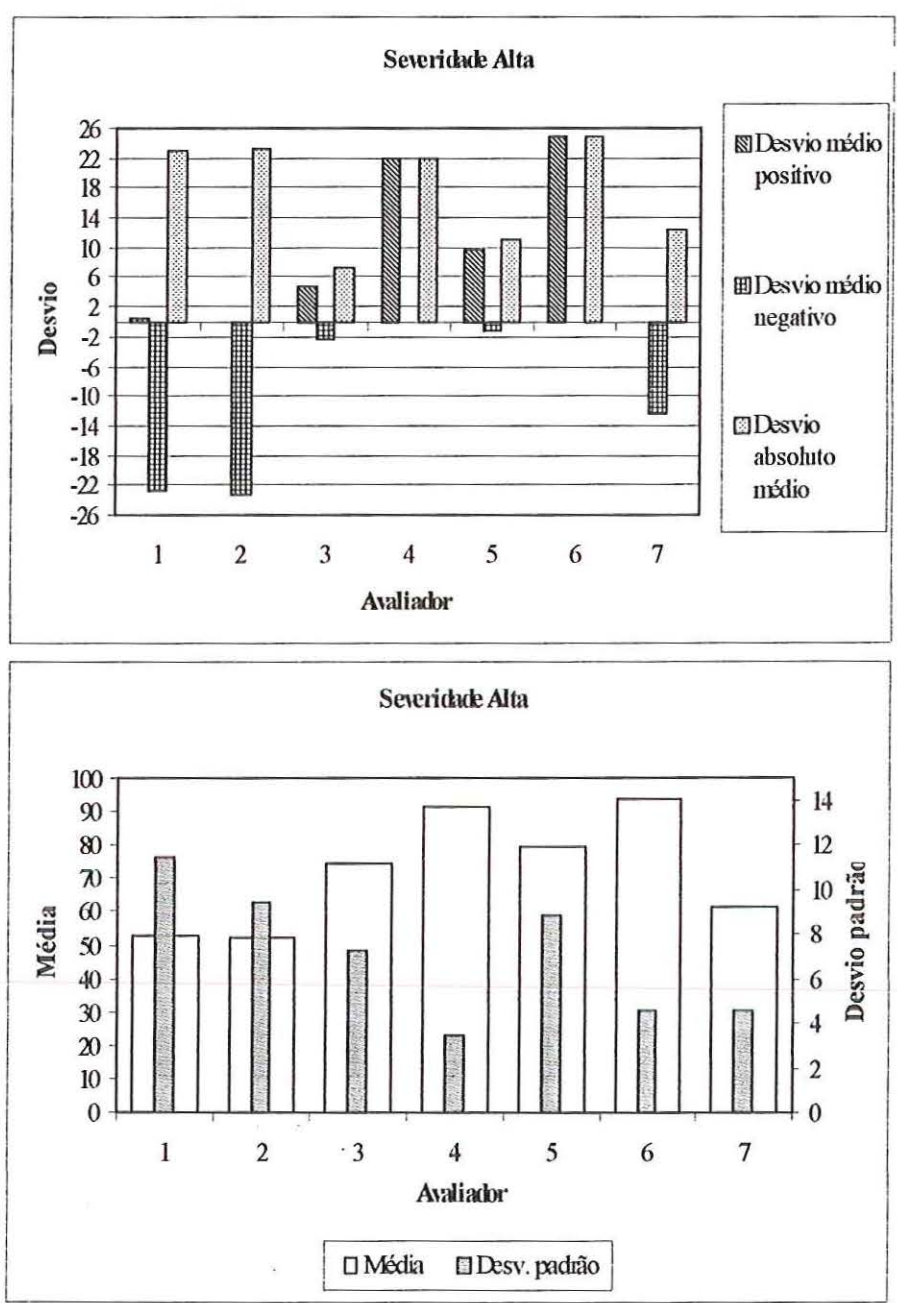


FIGURA 7.68. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito de severidade alta na Fase 2.



### 7.2.13. Defeito trincas de retração

São trincas encontradas na superfície de estradas não pavimentadas com solos argilosos que quando secam se contraem formando blocos aproximadamente retangulares. Não se trata de um defeito relacionado ao tráfego, embora este possa aumentar sua severidade. Este defeito transmite aos usuários sensação de estarem trafegando sobre estradas revestidas por paralelepípedos.

A densidade deste defeito é estimada pela relação entre a área do defeito ocorrente na unidade amostral e a área desta unidade. Em cada unidade amostral o defeito era medido individualmente, ou seja, independentemente da existência de outros tipos de defeitos na mesma unidade. Isso explica a densidade de 100% estimada em todas as unidades com o defeito, que apesar da presença de outros tipos de defeitos possuía 100% de trincas de retração.

Para este defeito os níveis de severidade foram estipulados de acordo com a largura da trinca. Devido à dificuldade em distinguir e separar os níveis de severidade existentes numa única unidade amostral, optou-se por atribuir o nível de severidade mais grave existente no local.

Durante o levantamento em campo, 38,5% das unidades avaliadas possuíam o defeito: 12,1% de severidade baixa; 24,3% de severidade média e 2,1% de severidade alta. Os níveis de severidade foram determinados neste trabalho de acordo com as observações preliminares aos levantamentos da Fase 1 e 2 e são:

- *Baixo*: trincas de largura menor que 10 mm;
- *Médio*: trincas de largura entre 10 a 40 mm;
- *Alto*: trincas de largura maior que 40 mm.

#### 7.2.13.1. Gráficos de valores-dedução

Na Figura 7.69 estão apresentados os valores-dedução para o defeito trincas de retração com 100% de densidade.

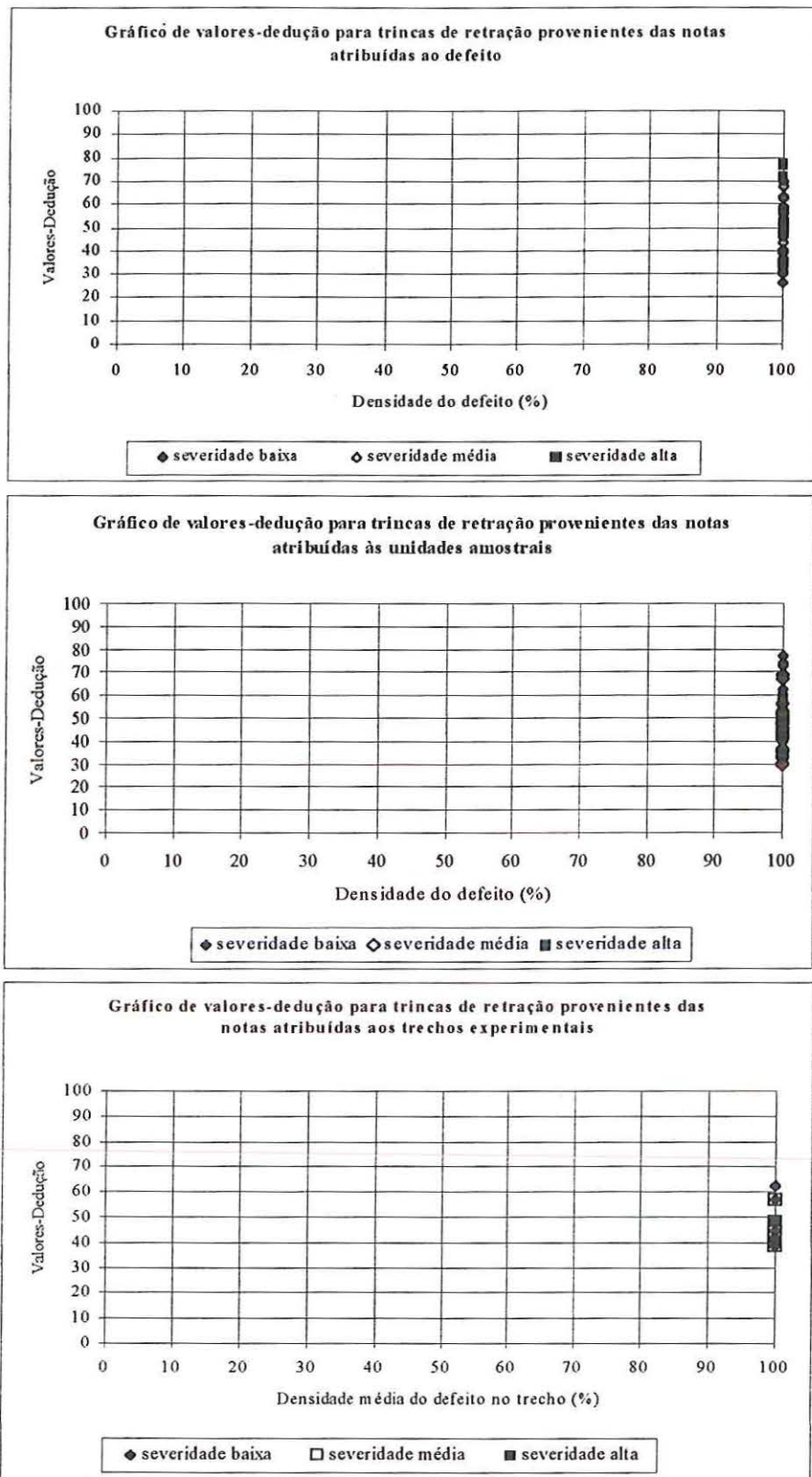


FIGURA 7.69. Gráfico de valores-dedução para o defeito trincas de retração da Fase 2.

A percentagem única do defeito em campo durante o levantamento nesta fase prejudicou a construção de curvas de valores-dedução para o defeito.

No gráfico da Figura 7.70 foram lançadas todas as médias das notas do painel para o defeito trincas de retração nas abcissas e as correspondentes notas individuais nas ordenadas para se avaliar a coerência e dispersão na avaliação do defeito. O valor do coeficiente de determinação  $R^2$  igual a 0,388 e respectivo coeficiente de correlação  $R$  igual a 0,62 representa uma medida da dispersão dos dados deste defeito. Neste gráfico estão os dados de todas as severidades dos defeito encontradas em campo.

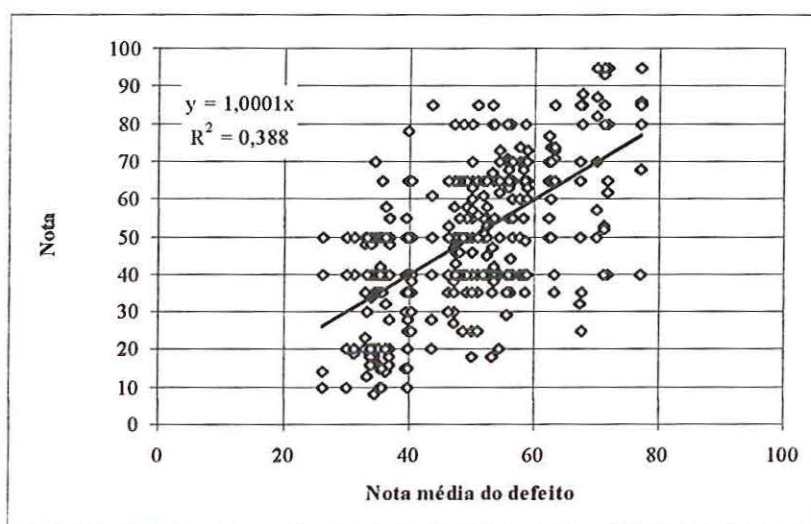


FIGURA 7.70. Gráfico de correlação entre todas as notas do defeito trincas de retração da Fase 2 e suas respectivas médias.

### 7.2.13.2. Análise comparativa do desempenho de cada avaliador

Nas Figuras 7.71 a 7.73 estão os gráficos resultantes da análise de cada avaliador em relação à média dos outros seis para o defeito trincas de retração (dados numéricos no Anexo E).

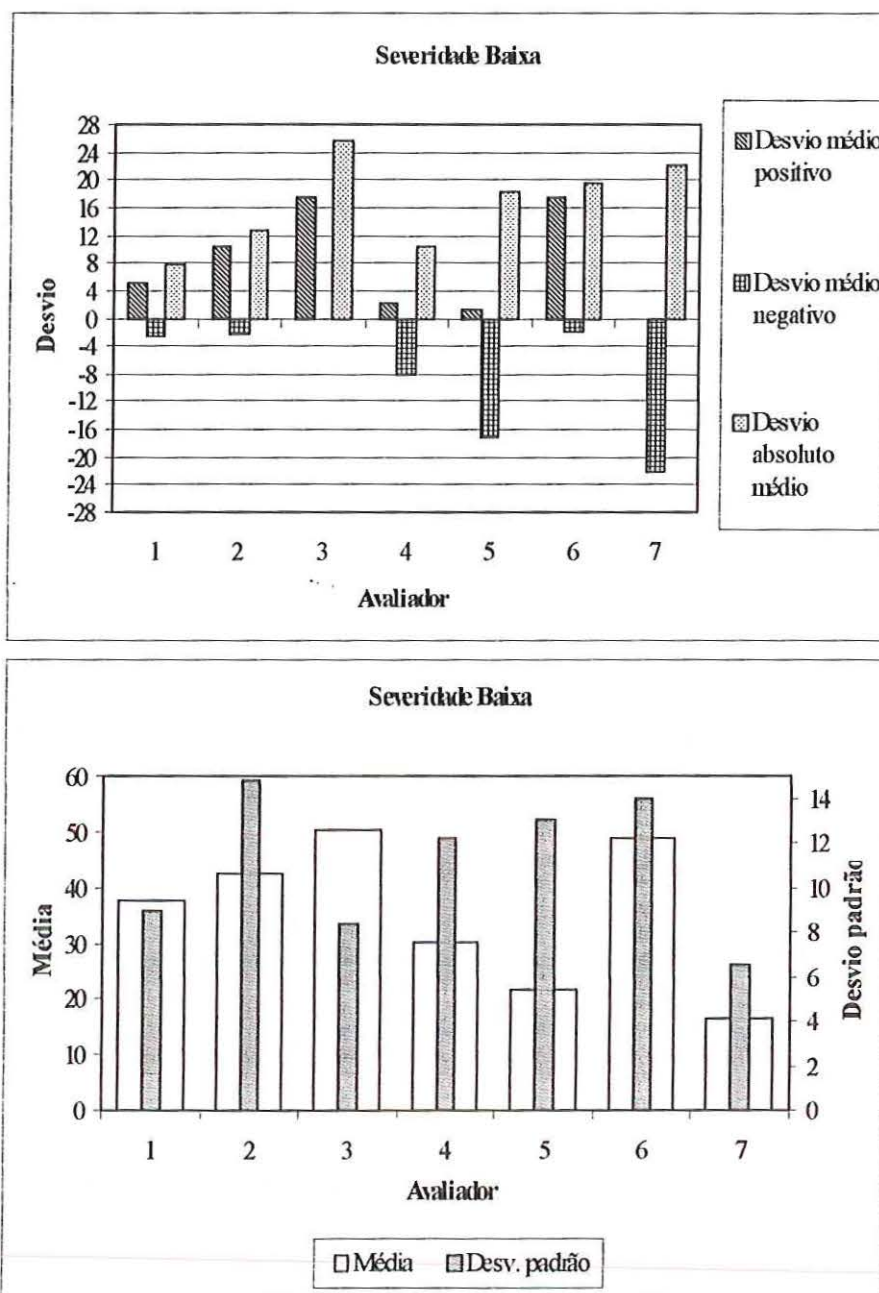


FIGURA 7.71. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito trincas de retração de severidade baixa na Fase 2.

A partir da análise comparativa de cada avaliador à média dos outros seis avaliadores para o defeito trincas de retração com severidade baixa (Figura 7.71) a avaliação não foi considerada homogênea, pois a maioria dos avaliadores tiveram desvios absolutos médios acima de 10% da escala usada na avaliação do defeito. Os avaliadores apresentaram consideráveis desequilíbrios entre desvios positivos e negativos. O avaliador 07 apresenta apenas desvios negativos além de ser um valor considerado elevado. O avaliador 03 apresenta apenas desvios positivos e o maior desvio absoluto

médio. Com a mesma tendência, mas com desvios absolutos menores, estão os avaliadores 02 e 06 enquanto que o avaliador 05, em escala ligeiramente menor à do avaliador 06, tende a notas inferiores à média. Os avaliadores 01 e 04, embora tenham tendências opostas, possuem os melhores desvios absolutos médios. Percebeu-se a maior tendência dos avaliadores em atribuir notas altas (acima da média).

Na análise dos desvios padrões e médias provenientes da avaliação do defeito ainda com severidade baixa, nota-se no gráfico que os coeficientes de variação para cada avaliador assumirá valor superior a 0,25 quando a barra de desvio padrão ultrapassar a de média. Os maiores coeficientes de avaliação pertencem aos avaliadores 02, 04, 05, 06 e 07. Apesar do avaliador 07 possuir a menor média, devido suas notas baixas, seu desvio padrão é o menor do grupo; o avaliador 04 tem um coeficiente de variação da mesma ordem. O menor coeficiente de variação pertence ao avaliador 03 com a maior média de avaliação. De uma forma geral, os avaliadores apresentaram desvios padrões acima do valor máximo aceitável (10% da escala de avaliação).

Pelo gráfico da Figura 7.72 percebe-se que na severidade média a tendência entre os avaliadores foi de atribuir notas altas (acima da média), mas a avaliação não foi considerada homogênea, pois a maioria dos avaliadores tiveram desvios absolutos médios maiores que 10 pontos. Nos avaliadores 01 e 07 observou-se uma grande concordância na tendência a notas abaixo da média, com desvios negativos bem parecidos, bem como de desvios absolutos médios; em escala menor, mas com mesma tendência, está o avaliador 02. Os avaliadores 03 e 04 são os que possuem menores desvios absolutos médios e possuem a mesma tendência a atribuir notas acima da média. O avaliador 05 possui o melhor equilíbrio entre desvios positivos e negativos, mas seu desvio absoluto médio ultrapassa 10 pontos. O avaliador 06 com elevado desvio positivo apresenta o maior desvio absoluto médio do grupo.

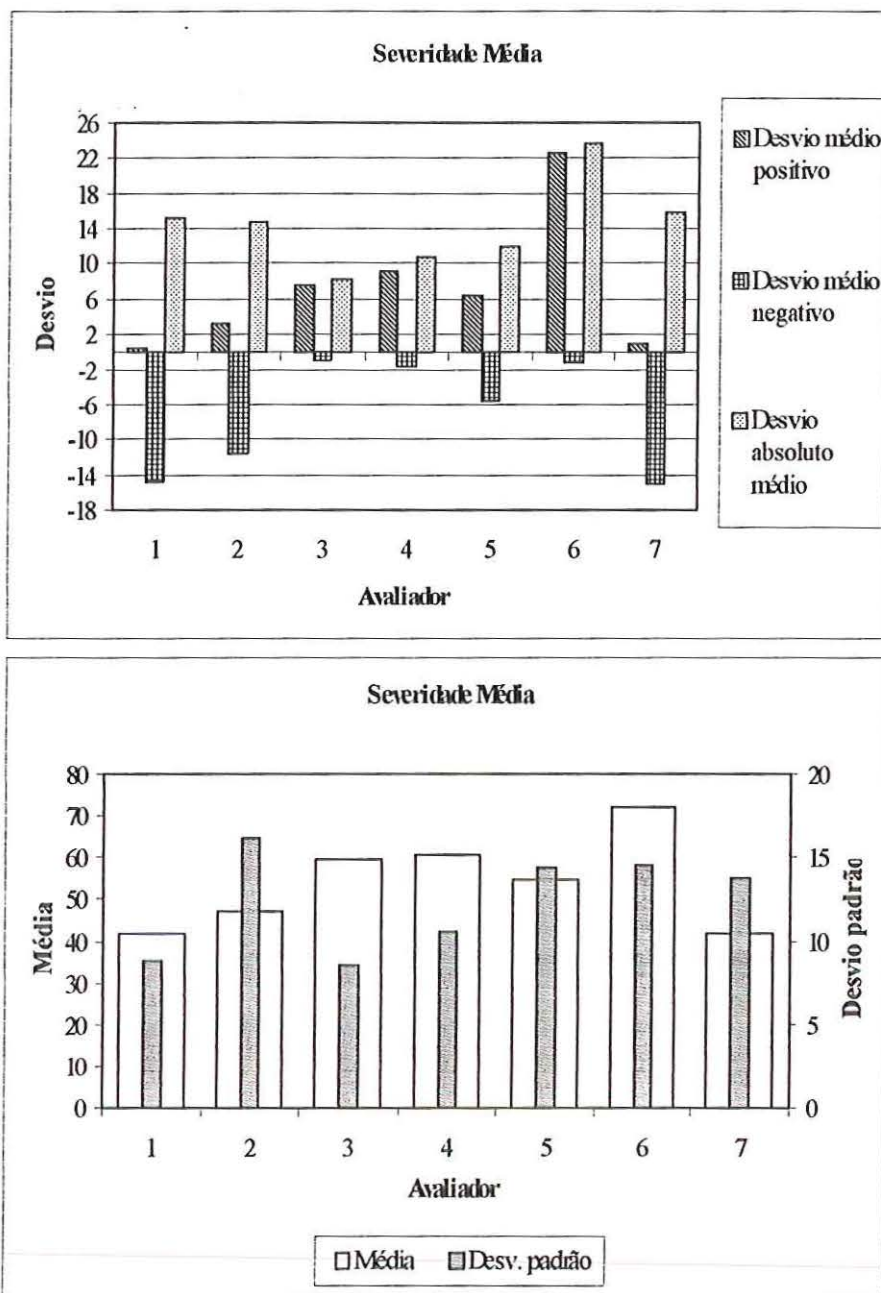


FIGURA 7.72. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito trincas de retração de severidade média na Fase 2.

No gráfico de desvios padrões e médias os avaliadores 02, 05 e 07, apresentam desvios padrões próximos e os maiores coeficientes de variação (superiores a 0,25). O avaliador 03 possui o menor desvio padrão, bem como coeficiente de variação. O avaliador 06 tem a maior média, fruto de suas notas altas, e coeficiente de variação da mesma ordem do coeficiente do avaliador 01. Os desvios padrões da maioria dos avaliadores são maiores a 10 pontos.

Na Figura 7.73, os dados do defeito trincas de retração com severidade alta levam a afirmação que assim como nas severidades anteriores a avaliação não foi homogênea, com maioria dos desvios absolutos médios superiores a 10% da escala de avaliação. Novamente os avaliadores tenderam a notas mais altas que a média. O avaliador 01 além do elevado desvio negativo apresenta o maior desvio absoluto médio. O avaliador 02 tem o melhor equilíbrio entre desvios positivos e negativos, mas seu desvio absoluto médio está acima do valor máximo aceitável. O avaliador 03 apresenta tendência a notas acima da média e o menor desvio absoluto médio. Os avaliadores 04, 05 e 06 apresentam apenas desvios positivos, sendo que o único com desvio absoluto médio inferior ao tolerado é o avaliador 05. Contrariamente, o avaliador 07 possui apenas desvios negativos, mas em escala um pouco menor que os desvios positivos do avaliador 04.

Ainda na Figura 7.73, em virtude da escala usada no gráfico de média e desvios padrões, os coeficientes de variação serão iguais a 0,18 quando as barras de desvio padrão e média coincidirem. Desta forma o avaliador 02 apresenta o maior coeficiente de variação fruto de seu elevado desvio padrão (maior de todos os avaliadores). Os avaliadores 01, 04 e 07 apresentam coeficientes de variação da mesma ordem e, juntamente aos avaliadores 05 e 06 possuem os menores desvios padrões (inferiores a 10 pontos). Considerando aceitável um desvio padrão de 10% da escala de avaliação, na maioria, os avaliadores possuem desvios padrões baixos.

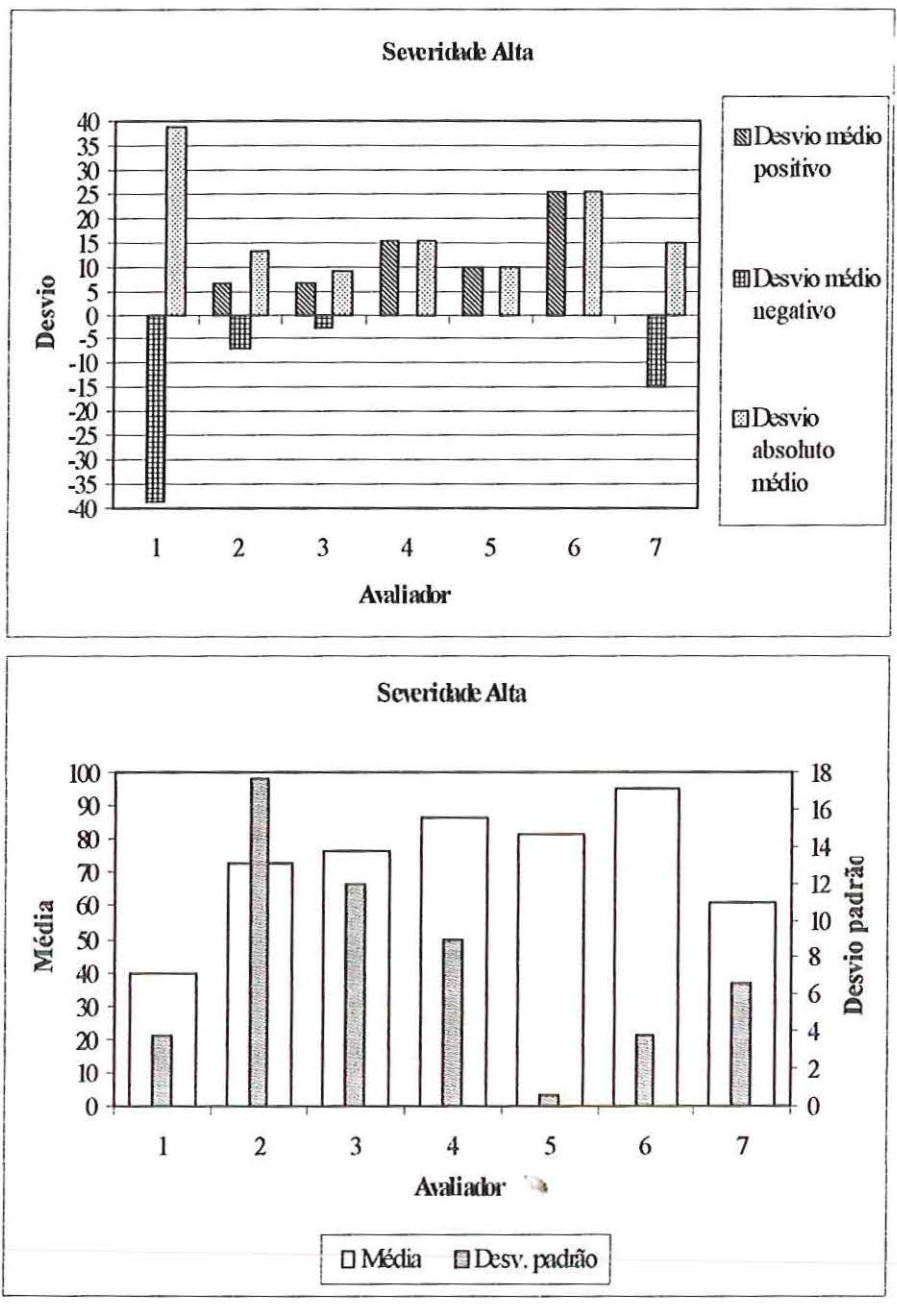


FIGURA 7.73. Gráficos de comparação das estatísticas de cada avaliador no defeito trincas de retração de severidade alta na Fase 2.



## 8. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

---

### 8.1. CONCLUSÕES INICIAIS

O objetivo principal do trabalho foi verificar a possibilidade de desenvolvimento de curvas de valores-dedução semelhantes as do método de EATON et al. (1987a), levando em consideração os tipos de defeitos encontrados na área de estudo. O método de levantamento de campo baseou-se nos trabalhos de desenvolvimento do método do PCI, de SHAHIN & KOHN (1979), e do URCI de EATON (1988).

Apesar de todo o material, relatando o desenvolvimento desses índices de condição da superfície de estradas, encontrou-se uma certa dificuldade para planejar o procedimento experimental, principalmente por certos detalhes estarem obscuros nos métodos de desenvolvimento do PCI e URCI.

O método de desenvolvimento do PCI, como relatado por SHAHIN & KOHN (1979), contou com a classificação de unidades amostrais com apenas um tipo de defeito, nível de severidade e densidade. Desta forma, a nota dada por um painel à unidade amostral era subtraída do maior valor da escala de classificação (valor 100) e atribuída ao defeito como seu valor-dedução. Como este procedimento demandaria muito tempo, dado o número de defeitos analisados, optou-se por avaliar unidades amostrais com mais de um defeito, atribuindo notas diretamente a cada um deles, às unidades amostrais e aos trechos que continham tais unidades amostrais. A intenção era desenvolver curvas de valores-dedução para cada uma das opções e depois compará-las. Caso fosse necessário, os valores-dedução seriam ajustados.

Na análise dos resultados do primeiro procedimento seguido em campo (Fase 1), percebeu-se que o volume de dados seria insuficiente para que as curvas de valores-dedução fossem delineadas. Apesar dos dados terem sido considerados insuficientes, constatou-se que as avaliações dos quatro avaliadores eram homogêneas. A partir daí, foi decidido fazer alguns ajustes para a aquisição de um número maior de dados, surgindo assim a Fase 2. As conclusões desta fase serão abordadas a seguir.

### **8.1.1. Unidades amostrais**

No campo foram selecionadas 140 unidades amostrais de 30 m. Durante a avaliação cada uma das unidades amostrais recebeu uma nota de cada membro do painel de avaliação, resultando num total de 980 notas. A partir da análise de coerência das atribuições através da verificação da correlação entre as notas individuais em cada unidade amostral e suas respectivas médias, observa-se um resultado satisfatório com um coeficiente de correlação de 0,75.

Para analisar a distribuição dos dados resultantes das avaliações do painel optou-se pela construção de uma curva de frequência que servisse de modelo para comparação. Para obtenção dos dados foi necessário transformar os dados originais. A transformação resultou numa população de dados com média igual à média da população de dados originais ( $\mu = 51,89$ ) e desvio padrão igual a  $\sigma = 10,90$ ; a partir desses dados construiu-se a curva normal (curva modelo) e a distribuição de frequência de desvios dos dados originais. A distribuição de frequência dos dados originais mostrou uma boa distribuição em torno da média e conformação com a curva normal (curva modelo), com ligeira assimetria para os valores próximos à média. Desta forma, verificou-se que os desvios em torno da média não são surpreendentemente altos.

Pela análise dos desvios absolutos médios de cada avaliador, adotando como aceitável um valor máximo de 10% da escala de avaliação, confirma-se o valor aceitável dos desvios (em média), concluindo haver relativa homogeneidade entre avaliadores.

Nas unidades amostrais, a maioria dos avaliadores tendeu a notas superiores à média e tiveram desvios padrões acima do valor máximo tolerado. As classificações acima da média permitem afirmar que as classificações atribuídas individualmente foram, de acordo com a escala de classificação, mais otimistas que a classificação média dos outros componentes do grupo de avaliação. O avaliador 03 chamou atenção pelo seu acentuado desvio negativo. Observou-se que a distribuição de frequência dos desvios deste avaliador é bem diferente da distribuição dos desvios do grupo dos outros seis avaliadores, além disso o avaliador 02 também apresenta discordância entre as distribuições, mas de forma mais sutil. Para os outros avaliadores as distribuições são razoavelmente conformadas.

A partir desta última afirmativa decidiu-se realizar um teste de hipóteses com os avaliadores para assegurar a probabilidade de se obter uma média igual a sua de uma população representada pela amostra de seis elementos. Verificou-se então que o avaliador 03 possui uma probabilidade muito baixa (0,6%) de ser obtida média igual a sua ao acaso, confirmando o exposto anteriormente. Mas apesar disso, não fica claro se as notas atribuídas por esse avaliador estão mais certas que as dos outros. Não se sabe se a solução para melhoria da avaliação seria eliminá-lo.

### **8.1.2. Trechos experimentais**

Durante o levantamento foram selecionados 14 trechos experimentais de 300 m. Cada um desses trechos recebeu uma nota de cada membro do painel de avaliação, resultando num total de 98 notas.

Com a finalidade de comparar a distribuição de frequências das notas atribuídas aos trechos com uma curva de frequência modelo optou-se por fazer uma operação para transformar os dados originais. Tal transformação resultou os seguintes dados para a construção da distribuição de frequências:  $\sigma = 10,50$  pontos e  $\mu = 51,61$  pontos. A distribuição de frequência dos dados originais mostrou uma boa distribuição em torno da média, com distribuição ligeiramente assimétrica e desvios aceitáveis.

Confirmando a coerência de avaliação nos trechos experimentais tem-se, entre as notas individuais em cada trecho e suas respectivas médias, um coeficiente de correlação satisfatório de 0,73, apesar da constatação dos desvios padrões da maioria dos avaliadores estarem acima do valor máximo tolerado.

Na avaliação dos trechos a maioria dos avaliadores tenderam a notas inferiores à média, isso permite afirmar que as classificações atribuídas individualmente foram, de acordo com a escala de classificação adotada para avaliação dos trechos, piores que a classificação média dos outros componentes do grupo de avaliação, dando maior destaque ao avaliador 07 que apresentou um elevado desvio negativo. Em média, os avaliadores apresentaram homogeneidade de avaliação.

Confirmando o desempenho divergente do avaliador 07, através do teste de hipóteses, verificou-se que este avaliador possui uma probabilidade muito baixa (0,8%) de ser obtida média igual a sua ao acaso. Note-se que não há a certeza de que as notas atribuídas por esse avaliador estão corretas ou não para representar a condição do trecho. Não pode ser afirmado que para a correta avaliação desses trechos o avaliador deveria ser eliminado.

### **8.1.3. Defeitos**

#### *a. Seção transversal inadequada:*

A construção de curvas de valores-dedução para este defeito semelhantes às de EATON et al. (1987a) não mostrou um resultado satisfatório. A necessidade por diferentes densidades que incluíssem o mínimo e o máximo permitido pelo processo de medição, bem como notas inferiores a 25 pontos podem ser consideradas como uma das causas de tal resultado.

A verificação da coerência entre as notas dos avaliadores, através da correlação entre as notas individuais de cada membro do painel com as médias do grupo referentes a

cada densidade do defeito, mostrou um resultado satisfatório, embora não muito alto, com coeficiente de correlação igual a 0,60.

No defeito seção transversal inadequada os avaliadores apresentaram, de uma forma geral, não homogeneidade de avaliação, destacando o avaliador 07 como o que mais divergiu dos outros 6 avaliadores. Uma certa rigidez dos avaliadores na atribuição de notas foi observada, pois em média os avaliadores, individualmente, tenderam a piores classificações do defeito que a considerada em média pelos outros componentes do grupo. Os desvios padrões foram considerados altos, estando acima do valor máximo tolerado.

*b. Corrugações/ondulações:*

Neste defeito a construção de curvas de valores-dedução também foi prejudicada pela atribuição de notas altas, mas principalmente pela verificação de uma única densidade em campo – 100%.

A análise de coerência na avaliação foi insatisfatória, mostrando um coeficiente de correlação muito baixo igual a 0,40. Além disso, a análise dos desvios absolutos médios para verificar a homogeneidade dos membros do painel mostrou um resultado indeciso, com homogeneidade na severidade baixa e o inverso na severidade média, destacando o avaliador 07 como o que mais discordou dos outros avaliadores em ambas severidades. Os avaliadores mostraram rigor na avaliação dos defeitos (maior quantidade de notas superiores à média). Mas apesar da indecisão no item homogeneidade, os avaliadores não apresentaram elevados desvios padrões.

*c. Poeira:*

O defeito poeira não é avaliado segundo a densidade, por isso não há curvas de valores-dedução. O valor-dedução gerado pelo painel foi em média muito superior ao determinado pelo método de EATON et al. (1987a), além da altura da nuvem encontrada em campo apresentar, em média, maior valor que a considerada por

Eaton. Vale ressaltar que não é a melhor opção conciliar a altura da nuvem à visibilidade para determinar o nível de severidade, pois como dito anteriormente, nem sempre nuvens altas obstruíam a visibilidade.

A coerência entre os membros do painel foi insatisfatória, apresentando um coeficiente de correlação inferior a 0,50; assim também os resultados de homogeneidade. A maioria dos avaliadores foram otimistas quanto ao efeito do defeito na superfície, atribuindo em maior escala notas inferiores à média. Nota-se que apesar de todo o exposto, os avaliadores não tiveram desvios padrões surpreendentemente altos.

*d. Buracos/panelas:*

As curvas de valores-dedução para este defeito também não puderam ser construídas, pois só foram encontradas densidades baixas, além da atribuição de pesos altos a tais defeitos. A coerência entre as notas dos avaliadores se mostrou satisfatória, apresentando coeficiente de correlação de aproximadamente 0,70.

Os avaliadores não mostraram homogeneidade na avaliação do defeito buracos/panelas, pois a maioria dos avaliadores teve um desvio absoluto médio superior a 10% da escala de avaliação. Em geral, com maior tendência a atribuir notas abaixo da média, os avaliadores não tiveram desvios padrões altos.

*e. Afundamento nas trilhas de rodas:*

No defeito afundamento nas trilhas de rodas a tentativa de construção de curvas de valores-dedução também foi frustrada pela falta de variação de densidades neste defeito no levantamento de campo e a atribuição de pesos altos, não inferiores a 25 pontos. Os avaliadores apresentaram coerência entre notas sendo avaliado um coeficiente de correlação entre notas igual a 0,60.

Considerando aceitável um desvio absoluto médio de no máximo 10% da escala adotada na avaliação, em geral, verificou-se um resultado indeciso, com homogeneidade na severidade baixa e o inverso na severidade média. Os desvios padrões da avaliação deste defeito são considerados elevados, na maioria são superiores a 10 pontos.

*f. Segregação de agregados:*

De forma semelhante aos defeitos anteriores, o defeito segregação de agregados não pôde ter suas curvas de valores-dedução delineadas em virtude da pequena variação de densidades do defeito em campo, aliada a atribuição de valores-dedução não inferiores a 30 pontos.

A comparação das notas de cada avaliador à média dos outros seis componentes do painel de avaliação para o defeito segregação de agregados forneceu os dados necessários para a análise da homogeneidade de avaliação. Para este defeito, considerando tolerável um desvio absoluto médio de no máximo 10 pontos, foi verificada uma falta de homogeneidade dos avaliadores, destacando o avaliador 07 com grande divergência de avaliação. Neste defeito a maioria dos avaliadores teve tendência a notas altas (acima do valor médio), ficando claro o caráter pessimista dos avaliadores, isso quer dizer que no geral as notas refletiram um efeito pior do que o defeito realmente possui. Ressalta-se que na avaliação deste defeito os desvios padrões, em média, não ultrapassaram o valor máximo tolerado – 10 pontos.

*g. Areiões:*

A pequena variação de densidades do defeito no levantamento de campo, bem como valores-dedução altos não inferiores a 20 pontos, limitou a construção das curvas de valores-dedução para este defeito.

Embora as avaliações deste defeito tenham obtido um dos maiores coeficientes de correlação até o momento – 0,70 - os avaliadores não apresentaram homogeneidade,

pois o desvio absoluto médio da maioria dos avaliadores superaram os 10 pontos, valor máximo tolerado.

Neste defeito percebe-se a tendência unânime entre as severidades de notas acima do valor médio, caracterizando o rigor de avaliação dos componentes do painel. Não foram obtidos desvios padrões acima de 5 pontos.

#### *h. Erosão:*

A análise dos dados para este defeito leva a concluir que apesar de um coeficiente de correlação relativamente bom entre as notas dos avaliadores (0,60), mostrando haver coerência na atribuição, as curvas de valores-dedução não puderam ser delineadas pela pouca variabilidade de densidades em campo, além das elevadas notas atribuídas aos defeitos, não inferiores a 25 pontos, a densidades baixas.

Na análise do desempenho de cada avaliador observou-se que neste defeito em nenhuma severidade foi constatada homogeneidade, pois os desvios absolutos médios na maioria dos avaliadores ultrapassaram 10% da escala de avaliação. Nota-se que, em média, os avaliadores foram mais críticos, atribuindo notas superiores à média. Os desvios padrões nesta avaliação são considerados aceitáveis, pois em média não ultrapassam 10% da escala adotada na avaliação.

#### *i. Facões:*

De forma similar aos defeitos abordados anteriormente, a construção de curvas de valores-dedução para o defeito facão não foi possível pela pouca variedade de densidades do defeito e valores-dedução não inferiores a 20 pontos. Quanto à coerência, tem-se um dos melhores resultados: coeficiente de correlação igual a 0,71. Mas de uma maneira geral a homogeneidade de avaliação de cada membro do painel de avaliação se mostrou insatisfatória, com os desvios absolutos médios geralmente superiores a 10% da escala de avaliação. Neste defeito, a exemplo do anterior, a avaliação continuou pessimista, pois a maioria dos avaliadores tenderam a atribuir



notas acima da média, destacando-se com elevado número de notas abaixo da média o avaliador 07. Os desvios padrões na avaliação são considerados aceitáveis.

*j. Trincas de retração:*

Neste defeito, à semelhança do defeito ondulações/corrugações, só foram encontradas densidades iguais a 100%; fato extremamente prejudicial à construção das curvas de valores-dedução para o defeito. Apesar de frustrada a construção dos gráficos de valores-dedução, a avaliação mostrou certa coerência, apresentando coeficiente de correlação de 0,62.

A característica homogeneidade não foi satisfatória para a avaliação do defeito trincas de retração. A maioria dos desvios absolutos médios dos avaliadores do painel revelou a falta de homogeneidade por serem superiores a 10 pontos. Além disso, verificou-se que as avaliações mantiveram um caráter pessimista, pois a maior quantidade de notas foi superior à média de notas. O desvio padrão da maioria dos avaliadores foi superior ao valor máximo tolerável.

## **8.2. CONCLUSÕES FINAIS**

Neste estudo, a partir das tentativas de construção das curvas de valores-dedução, fica evidente a dificuldade de adaptar às condições brasileiras, pelo menos regionais, um método de avaliação de estradas não pavimentadas - EATON et al. 1987a - que possui tantos pontos obscuros em seu desenvolvimento.

Assim, a Fase 2, mesmo constituída por três membros a mais que a Fase 1 e com o procedimento de campo modificado para aquisição de um número maior de dados, ainda teve o desenvolvimento das curvas de valores-dedução prejudicada pela pouca variedade de densidades dos defeitos localizados em campo, além da atribuição de valores-dedução elevados, geralmente não inferiores a 25 pontos. As áreas avaliadas não tinham uma boa amplitude de densidades dos defeitos, ou seja, muitas vezes foram encontradas densidades iguais para um mesmo tipo de defeito.

Com os dados dos defeitos relativos ao procedimento de campo, em geral não homogêneos, fica nítida a dificuldade de avaliar individualmente os defeitos. Vale ressaltar aqui que a opção por avaliar os defeitos de forma individual tinha a intenção de comparar seus dados aos dados da classificação das unidades amostrais e trechos que os continham para verificar a coerência e, caso houvesse necessidade, ajustar as curvas de valores-dedução para reproduzir nas futuras classificações a realidade em campo.

A maior dificuldade foi observada nos defeitos medidos em metro linear que, apesar de maiores coerências de avaliação representadas por coeficientes de correlação da ordem de 0,70, tiveram cerca de 90% das avaliações de tais defeitos consideradas não homogêneas. A avaliação dos defeitos medidos em área tiveram coeficientes de correlação razoáveis da ordem de 0,60.

Além desses defeitos, aponta-se o defeito poeira observado principalmente pela densidade da nuvem. Para tal defeito não se obteve bons resultados; sua falta de homogeneidade (desvios absolutos médios  $> 10$  pontos) e baixa coerência ( $R = 0,46$ ) refletem a grande dificuldade de avaliar este tipo de defeito. Além disso, os valores-dedução atribuídos em campo tão maiores que os de EATON et al. (1987a) deixam a indagação se os valores-dedução determinados pelos autores a este defeito são realmente os mais indicados.

Outro ponto observado foi quanto à variabilidade relativa dos dados dentro de cada tipo de defeito. Para cada defeito percebeu-se que quanto maior o número de observações de uma determinada severidade, maior seu coeficiente de variação médio. Nota-se que à medida que a média de notas aumenta há um decréscimo no coeficiente de variação. Nos dados de campo observa-se que quanto maior a severidade menor foi o número de ocorrências e maiores eram as médias, desta forma, menores foram os coeficientes de variação. Comparando, sob o mesmo aspecto, a avaliação das unidades amostrais e trechos, tem-se o mesmo comportamento observado anteriormente; nas 140 unidades amostrais o coeficiente de variação médio é maior que o coeficiente de variação médio dos 14 trechos.

Além disso, o exame cuidadoso do desempenho de cada avaliador com o intuito de verificar discrepâncias e anormalidades mostrou que alguns avaliadores, um para cada tipo de avaliação (defeitos, unidades amostrais e trechos), fugiram da avaliação média do restante do grupo. Ressalta-se que diferenças, é claro, já eram esperadas, visto que um avaliador tende a avaliar melhor que outros, mas desde que dentro de um certo limite de variação. Apesar das constatações neste trabalho vale enfatizar que no caso destes avaliadores não se sabe se a melhor solução seria retirá-los, para isto seria necessário um estudo mais aprofundado para verificar a validade de suas inclusões no grupo.

No que diz respeito à correlação entre os índices de condição provenientes do método de EATON et al. (1987a) –  $ICENP_{EATON}$  – e os atribuídos pelo painel ( $ICENP_{PAINEL}$ ), verifica-se um baixo valor, o que reflete a necessidade de adaptação deste método às condições brasileiras, reforçando a afirmação de ODA (1995). E quanto à relação entre as notas atribuídas pelo painel de avaliação às unidades amostrais ( $ICENP_{PAINEL1}$ ) e aos trechos ( $ICENP_{PAINEL2}$ ), estas apresentaram uma boa concordância através de um coeficiente de correlação R igual a 0,80.

Desta forma afirma-se que o uso de um painel de avaliadores, desde que treinados, pode ser utilizado para avaliação de trechos de estradas de terra. As avaliações subjetivas do painel são válidas para representar as condições de trechos de uma estrada não pavimentada de 30 a 300 m de comprimento, levando em consideração todos os defeitos existentes. O procedimento de avaliação de defeitos individualmente deve ser revisado e talvez um treinamento mais rigoroso dos defeitos deveria ser aplicado.

De uma forma geral, comparando os resultados de coeficientes de variação médio das duas fases nota-se que não há diferenças tão significantes, mas no que diz respeito à homogeneidade do painel, a Fase 1 apresentou melhores resultados, mostrando, desta forma, que um painel com um número bem reduzido de avaliadores pode ser utilizado. Em ambas as fases, as dispersões entre os avaliadores podem ser atribuídas ao fato do grande número de intervalos da escala de classificação e à

inexperiência dos membros do painel, como também à fadiga dos avaliadores, pois as avaliações, principalmente na Fase 2, eram feitas durante todo o dia.

### 8.3. SUGESTÕES

Levando em consideração os resultados obtidos são listadas a seguir algumas sugestões para trabalhos futuros.

- Aprimorar o treinamento dos avaliadores com uma aferição do painel. A aferição deverá ser feita através de uma prévia avaliação dos defeitos, unidades amostrais e trechos com os níveis de classificação extremos e intermediário da escala de classificação, visando diminuir a dispersão entre as classificações dos avaliadores e por sua vez melhorar a homogeneidade.
- Avaliar um número menor de defeitos e com isso:
  - Selecionar unidades amostrais com apenas um tipo de defeito e nível de severidade;
  - Selecionar áreas para avaliação que contenham a maior faixa de densidades de defeitos possível;
  - Relacionar os valores-dedução provenientes das notas atribuídas às unidades amostrais ao defeito nela existente;
  - Comparar e ajustar os valores-dedução provenientes das notas atribuídas diretamente ao defeito com as atribuídas às unidades amostrais nas quais eles se encontram;
  - Reavaliar a atribuição dos níveis de severidade.
- Desenvolvimento de um manual de defeitos totalmente voltado à nossa realidade.
- Avaliar as dispersões dos avaliadores do sexo feminino e masculino, separadamente.
- Avaliar dispersão ocasionada em cada turno de avaliação (manhã e tarde).

- Analisar os erros de avaliação do painel: erro de leniência; efeito halo; erro de tendência central e erro de ancoragem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- ABDELRAHMAN, M; SHARAF, E. (1991). *Use of Field Data in Calculating Cost of Earth Road Maintenance*. Transportation Research Record 1304, pp. 32-37.
- AUSTROADS (1987). *A Guide to the Visual Assessment of Pavement Condition*. Report, Sydney, A4, 76p., AP – 8/87.
- AUSTROADS (1991). *Road Maintenance Practice*, Sydney, A4, AP-12/91. 2ª edição, p. 17-20.
- BERGER, L.; GREENSTEIN, J. (1987). *Simplified Procedures to Manage the Maintenance of Low-Volume Roads*. Transportation Research Record 1106, vol. 02, pp. 201-210.
- CAREY, W.N.; IRICK, P.E. (1960). *The pavement serviceability – performance concept*. Highway Research Board, n. 250, p. 40-58.
- CASHATT, J. P. (1984). *Design and Maintenance of Unpaved Roads*. Public Works n. 9, vol. 115, pp. 154-158.
- CHOU, C. P.; WU, C. L. (1997). *Evaluation of Panel Characteristics and user-based Pavement Serviceability*. Transportation Research Record 1592, p. 98-106.
- DARTER, M. I.; SHAHIN, M. Y. (1980). *Pavement Rehabilitation: Identifying the need*. Transportation Engineering Journal, ASCE n. 1, vol. 106, pp.01-10.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (1983). DNER-ES 128/83 – *Levantamento da Condição da Superfície de Pavimento Flexíveis e Semi-Rígidos para Gerência de Pavimentos a Nível de Rede*. Rio de Janeiro, RJ.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (1994). DNER-PRO 007/94 – *Avaliação Subjetiva da Superfície de Pavimentos*. Rio de Janeiro, RJ.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (1994). DNER-PRO 008/94 – *Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos*. Rio de Janeiro, RJ.

- DOBSON, E. F.; POSTILL, L. J. (1983). *Classification of Unpaved Roads in Ontario*. Transportation Research Record 898, pp. 36-46.
- EATON, R. A (1988). *Development of the Unsurfaced Roads Rating Methodology*. Special Report 88-5. U. S. Army Corps of Engineers. Cold Regions Research & Engineering Laboratory, revisado em janeiro de 1989.
- EATON, R. A.; GERARD, S.; CATE, D. W. (1987a). *Rating Unsurfaced Roads – A field manual for measuring maintenance problems*. Special Report 87-15. U. S. Army Corps of Engineers. Cold Regions Research & Engineering Laboratory, revisado em setembro de 1988.
- EATON, R. A.; GERARD, S.; DATILLO, R. S. (1987b). *A Method for Rating Unsurfaced Roads*. Transportation Research Record 1106, vol. 02, pp. 34-42.
- FAIZ, A.; STAFFINI, E. (1979). *Engineering Economics of the Maintenance of Earth and Gravel Roads*. Transportation Research Record 702, pp. 260-268.
- FWA, T.F.; GAN, K. T. (1989). *Bus-ride panel rating of pavement serviceability*. Journal of Transportation Engineering 115, vol. 2, pp. 171-191.
- GEIPOT. (2000). *Anuário Estatístico dos Transportes*. <http://www.geipot.gov.br> (20 Out.).
- GREENSTEIN, J.; HUDSON, S. W. (1994). *Quality Assurance Procedures Related to Administration of Unsurfaced Roads*. Transportation Research Record 1434, pp. 85-91.
- HASS, R.; HUDSON, W. R.; ZANIESWSKI, J. (1994). *Modern Pavement Management*. Malabar, Krieger Publishing Company. 583 p.
- HEADQUARTERS DEPARTMENT OF THE ARMY (1982). *Pavement Maintenance Management*. Technical Manual 5-623. Washington, DC.
- HEADQUARTERS DEPARTMENT OF THE ARMY (1995). *Unsurfaced Road Maintenance Management*. Technical Manual 5-626. Washington, DC.
- HUDSON, W. R. (1991). *Are pavements built for the user?* ASTM Standardization News. V. 19, n. 22, p. 42-51. Feb.
- JÄMSÄ, H. (1983). *Maintenance and Rating of the Condition of Gravel Roads in Finland*. Transportation Research Record 989, pp. 354-356.
- JANOFF, M. S.; NICK, J. B. (1984). *Effect of Vehicle and Driver Characteristics on the Psychological Evaluation of Road Roughness*. Transportation Research Record 1000, p. 38-39.

- JANOFF, M.; NICK, J. (1985). *Effects of vehicle and driver characteristics on the subjective evaluation of road roughness*. Measuring Road Roughness and Its Effects on User Cost and Comfort, ASTM STP 884. T. P. Gillespie and Michael Sayers Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, pp. 111-126.
- KOCH, J. A.; MOAVENZADEH, F. (1979). *A Methodology for Evaluation of Rural Roads in the Context of Development*. Transportation Research Record 702, pp. 31-38.
- LIAUTAUD, G.; FAIZ, A. (1994). *Factors Influencing the Transferability of Maintenance Standards for Low-Volume Roads*. Transportation Research Record 1434, pp. 73-76.
- NAIR, S. K.; HUDSON, W. R. (1986). *Serviceability Prediction from user-based Evaluations of Pavement Ride Quality*. Transportation Research Record 1084, pp. 66-75.
- NAKAMURA, V. F.; MICHAEL, H. L. (1963). *Serviceability Ratings of Highway Pavements*. Highway Research Record 40, pp. 21-36.
- ODA, S. (1995). *Caracterização de uma rede municipal de estradas não pavimentadas*. São Carlos. 186 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- PEREIRA, P.; DELANNE, Y. (1999). *Caracterização da Irregularidade Longitudinal dos Pavimentos Rodoviários – Definições e Especificações*. Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho.
- POTTER, D. HANNAY, R.; CAIRNEY, P. and MARKAROV, A. (1992). *An investigation of car user's perceptions of the ride quality of roads*. Road & Transport Research, nº 1, vol. 1.
- RIVERSON, J. D. N.; SINHA, K. C.; SCHOLER, C. F. (1984). *County Maintenance of Unpaved Roads in Indiana*. Transportation Research Record 985, pp. 34-40.
- RIVERSON, J. D. N.; SINHA, K. C.; SCHOLER, C. F. (1986). *Effects of County Highway Management Practices on Maintenance Costs for Unpaved Roads in Indiana*. Transportation Research Record 1055, pp. 26-33.
- RIVERSON, J. D. N.; SINHA, K. C.; SCHOLER, C. F.; ANDERSON, V. L. (1987). *Evaluation of Subjective Rating of Unpaved County Roads in Indiana*. Transportation Research Record 1128, pp. 53-61.
- ROBERTS, P.; ROBINSON, R. (1983). *Need to Set Priorities for Road Maintenance in Developing Countries*. Transportation Research Record 898, pp. 347-354.





- SANTOS, A. R.; PASTORE, E. L.; AUGUSTO JR., F.; CUNHA, M. A. (1988). *Estradas Vicinais de Terra. Manual Técnico para Conservação e Recuperação*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., 2ª edição, São Paulo.
- SCHLIESSLER, A. S.; BULL, A. (1994). *Caminhos – Um novo caminho para a gestão e conservação das redes viárias*. Instituto Panamericano de Carreteras Brasil. 243 p.
- SHAHIN, M. Y. (1992). *20 years experience in the PAVER Pavement Management System: Development and Implementation*. ASTM Special Technical Publication, n. 1121, p. 256-271.
- SHAHIN, M. Y.; KOHN, S. D. (1979). *Development of a Pavement Condition Rating Procedure for Roads, Streets and Parking Lots. vol. 01: Condition Rating Procedure. Technical Report M-268*. U. S. Army Corps of Engineers. Construction Engineering Research Laboratory.
- VIVIANI, E. (1998). *A Utilização de um Sistema de Informação Geográfica como Auxílio à Gerência de Manutenção de Estradas Rurais Não Pavimentadas*. 292 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- WALKER, D. (1991). *Evaluation and Rating of Gravel Roads*. Transportation Research Record 1291, vol. 02, pp. 120-125.
- WEAVER, R. J. (1979). *Quantifying Pavement Serviceability As It Is Judged By Highway Users*. Transportation Research Record 715, pp. 37-44.
- WEAVER, R. J.; CLARK, R. O. (1977). *Psychophysical scaling of pavement serviceability*. Official Insurance nº 7.41-6-SEM9/77, New York State Department of Transportation, State Campus, Albany, New York.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

---

- BALBO, J. T. (1997). *Pavimentos asfálticos: patologias e manutenção*. São Paulo, Editora Plêiade.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO (1987). *Manual Básico de Estradas Vicinais – Conservação*, vol.03.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (1981). *Conservação de Estradas Não Pavimentadas*. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, RJ.
- EATON, R. A.; GERARD, S. (1991). Results of Unsurfaced-Road Rating Surveys. *Transportation Research Record* 1291, pp. 113-119.
- HORTA, J. C. O. S. (1991). *Rehabilitation and Upgrading Design of Earth and Gravel Roads in Tropical Developing Countries*. *Transportation Research Record* 1291, vol. 01, pp. 215-223.
- JONES, T. E. (1984). *The Kenya Maintenance Study on Unpaved Roads: Optimum Maintenance Strategies*. Transport and Road Research Laboratory – Laboratory Report 1112. Department of the Environment – Department of Transport.
- ODA, S.; FERNANDES JR., J. L.; SÓRIA, M. H. A. (1997). *Alocação de Recursos para Atividades de Manutenção e Reabilitação de Estradas Não Pavimentadas - I SINBATRA – I Simpósio Internacional de Pavimentação de Rodovias de Baixo Volume de Tráfego*, pp. 601-616. Rio de Janeiro, RJ.
- ODA, S.; SÓRIA, M. H. A.; FERNANDES JR., J. L. (1997). *Seleção de Atividades de Manutenção e Reabilitação de Estradas Não Pavimentadas para Fins de Gerência de Vias*. In: XI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Anais (1), pp. 371-383. Rio de Janeiro, RJ.
- PAIGE-GREEN, P.; NETTERBERG, F. (1987). *Requirements and Properties of Wearing Course Materials for Unpaved Roads in Relation to their Performance*. *Transportation Research Record* 1106, vol.01, pp. 208-214.

- RODGHER, S.F.; ODA, S.; FERNANDES JR., J. L.; FABBRI, G. T. P.; SÓRIA, M. H. A. (1998). *Uso de Redes Artificiais na Seleção de Atividades de Manutenção e Reabilitação de Estradas Não Pavimentadas*. In: Anais do XII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, vol. 01. Fortaleza-CE.
- SHAHIN, M. Y. (1994). *Pavement management for airports, roads and parking lots*. New York. 450 p.
- VISSER, A. T.; HUDSON, W. R. (1983). *Performance, Design and Maintenance Relationships for Unpaved Low-Volume Roads*. Transportation Research Record 898, pp.164-174.
- VISSER, A. T.; VILLIERS, E. M.; HEERDEN, M. J. J. (1994). *Operational Unpaved Road Management System in Cape Province of South Africa*. Transportation Research Record 1434, p. 77-84.

# **ANEXO A**

**MÉTODO PARA CLASSIFICAÇÃO DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS  
(EATON et al., 1987a)**

## **A. MÉTODO PARA CLASSIFICAÇÃO DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS (EATON et al, 1987a)**

O método desenvolvido por EATON et al. (1987a) tem como objetivo classificar as condições da superfície e drenagem através do uso de um manual de campo preparado para auxiliar os municípios, cidades e órgãos rodoviários na manutenção dessas estradas. No manual, os defeitos encontrados estão listados e caracterizados. Cada defeito possui uma descrição do tipo e nível de severidade, a forma de medi-lo e um gráfico de curvas de valores-dedução. Tal classificação é baseada num indicador numérico que varia numa escala de 0 a 100 – *O Unsurfaced Road Condition Index* (URCI) – o qual corresponde ao PCI do sistema de gerência PAVER.

A classificação é fundamentada numa avaliação, onde através de uma rápida inspeção – inspeção “pára-brisa”- avaliadores percorrem a estrada, anteriormente dividida em seções, a uma velocidade de 40 km/h, anotando de dentro do veículo as condições de drenagem e defeitos existentes. Posteriormente, dentro de cada seção, são escolhidas unidades amostrais, com cerca de 30 m cada, nas quais são feitas análises quantitativas dos defeitos, tendo como base os valores indicados no manual.

No item a seguir são apresentados os 7 defeitos considerados no manual, acompanhados da descrição dos seus níveis de severidade e a correta forma de medi-los no campo.

### **A.1. Lista de defeitos**

#### **A.1.1. Seção transversal inadequada**

É o resultado de uma superfície sem declividade transversal para direcionar a água para as valetas.

- *Níveis de Severidade:*

Baixo: Pequenas quantidades de água empoçada na superfície ou superfície plana sem declividade transversal

Médio: Moderadas quantidades de água empoçada na superfície ou esta em formato côncavo.

Alto: Grandes quantidades de água empoçada na superfície ou severas depressões nesta.

- *Como Medir*: É medido em metro linear por trecho, ao longo da linha central ou paralela a esta.

#### **A.1.2. Drenagem lateral inadequada**

É verificada pelas valetas cobertas de vegetação ou cheias de entulhos e que não estão em condições próprias para direcionar e transportar a água, provocando seu empoçamento.

- *Níveis de severidade:*

Baixo: Pequena quantidade de água empoçada, entulho ou vegetação nas valetas.

Médio: Moderada quantidade de água empoçada, entulhos e vegetações nas valetas; evidência de pequenas erosões nas valetas localizadas no acostamento e na pista.

Alto: Grande quantidade de água empoçada, entulhos e vegetações nas valetas; evidência de erosões nas valetas do lado de dentro da estrada.

- *Como Medir*: É medido em metro linear por trecho, paralelo à linha central da estrada.

### A.1.3. Corrugações

Consistem em uma série de sulcos e vales regularmente espaçados ou ondulações que ocorrem em intervalos bastante regulares, perpendiculares à ação do tráfego.

- *Níveis de severidade:*

Baixo: Corrugações com profundidade menores que 2,5 cm;

Médio: Corrugações com profundidade entre 2,5 e 7,5 cm;

Alto: Corrugações com profundidades superiores a 7,5 cm.

- *Como Medir*: É medido em metro quadrado de área da superfície do trecho.

### A.1.4. Poeira

A passagem dos veículos faz com que as maiores partículas de solos aglutinantes se soltem da superfície de rolamento formando nuvens de pó .

- *Níveis de severidade:*

Baixo: Pouca poeira. A nuvem de poeira é fina e não obstrui a visibilidade, possuindo uma altura menor que 1 m;

Médio: Poeira moderada. A nuvem de poeira é moderadamente densa e obstrui parcialmente a visibilidade, possuindo uma altura entre 1 e 2 m;

Alto: Muita poeira com severa obstrução da visibilidade. A nuvem de poeira possui uma altura superior a 2m.

- *Como Medir*: Observação da nuvem de poeira formada pelo veículo deslocando-se a 40 km/h.

### A.1.5. Buracos

São pequenas depressões em forma de bacia na superfície da estrada, produzidos quando o tráfego desgasta pequena parte da superfície da estrada e tem o crescimento acelerado pela umidade dentro do buraco.

- *Níveis de severidade:*

PROFUNDIDADE MÁXIMA	DIÂMETRO MÉDIO			
	< 30 cm	30 – 60 cm	60 – 100 cm	> 100 cm
1,5 – 5 cm	BAIXO	BAIXO	MÉDIO	MÉDIO
5 – 10 cm	BAIXO	MÉDIO	ALTO	ALTO
> 10 cm	MÉDIO	ALTO	ALTO	ALTO

- *Como Medir:* Contagem do número de buracos de acordo com o nível de severidade. Caso o diâmetro do buraco seja superior a 100 cm, deve-se determinar sua área em metro quadrado e dividi-la por 0,65 para encontrar o número equivalente de buracos.

### A.1.6. Afundamento nas trilhas de rodas

É causada por uma deformação permanente em qualquer camada da estrada ou do subleito, resultado das cargas repetidas do tráfego, especialmente quando a capacidade de suporte é baixa e em períodos de chuva.

- *Níveis de severidade:*

Baixo: Trilhas com profundidade menor que 2,5 cm;

Médio: Trilhas com profundidade entre 2,5 e 7,5 cm

Alto: Trilhas com profundidade superior a 7,5 cm.

- *Como Medir:* É medido em metro quadrado de área da superfície do trecho.



### A.1.7. Perda de agregados

Causado pela ação abrasiva do tráfego que faz com que as maiores partículas de solos granulares se soltem da superfície de rolamento, movendo-as para dentro das trilhas de rodas e formando bermas no centro e/ou ao longo do acostamento da estrada (áreas menos trafegáveis), paralelamente à linha central da estrada.

- *Níveis de severidade:*

Baixo: Presença de bermas nas áreas menos trafegadas com altura menor que 5 cm;

Médio: Presença de bermas nas áreas menos trafegadas com altura entre 5 e 10 cm;

Alto: Presença de bermas nas áreas menos trafegadas com altura superior a 10 cm.

- *Como Medir*: É medido em metro linear por trecho, paralelo a linha central da estrada.

### A.2. Calculando o URCI

As medidas de defeitos obtidas durante a avaliação de cada unidade amostral são usadas para calcular o URCI, o qual é baseado em valores-dedução. Os valores-dedução são valores compreendidos numa escala de 0 a 100, onde o valor zero significa que um defeito em particular não tem impacto na condição da estrada e 100 significando que a estrada está péssima.

A seguir será demonstrado como se procede ao cálculo do URCI, sendo que no item final deste anexo são apresentadas as curvas de valor-dedução para cada tipo de defeito. Para o melhor entendimento da obtenção de tal índice, um exemplo dividido em cinco etapas, todas bastante simples, será utilizado.

### A.2.1. Exemplo:

Etapa 1: Cada unidade amostral da estrada, selecionada durante a inspeção “para-brisa”, é novamente vistoriada, sendo os dados de defeitos coletados e registrados em um formulário próprio, como demonstrado na Figura A.1. Para facilitar, as informações deste formulário serão utilizadas ao longo do exemplo.

Etapa 2: Cálculo da densidade de cada tipo de defeito, exceto para poeira.

$$\text{Densidade} = \frac{\text{Quantidade de defeitos} \times 100}{\text{Área do trecho}}$$

Para exemplificar o cálculo da densidade e mais adiante do valor-dedução, será considerado o defeito 8.6 com média severidade da Figura A.1:

$$\text{Densidade} = \frac{45,5}{130} \times 100 \rightarrow \text{Densidade} = 35 \%$$

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS								
1. Estrada: FS 144		2. Seção: 1			3. Data: 7 nov 94			
4. Unidade amostral: 1		5. Área da unidade: 130 m <sup>2</sup>			6. Avaliador: R. Eaton			
7. Desenho				8. Tipos de defeitos				
				8.1. Seção transversal inadequada				
				8.2. Drenagem lateral inadequada				
				8.3. Corrugações				
				8.4. Poeira				
				8.5. Buracos				
				8.6. Trilhas de roda				
				8.7. Agregados soltos				
8. Quantidade e severidade dos defeitos								
Tipo		8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7
Quantidade e Severidade	B				X			
	M	30,5					45,5	
	A		61,0				84,5	
9. Cálculo do URCI								
Tipo de defeito	Densidade	Severidade	Valor dedução		10. Observações: Erosão na estrada; acumulação de água nas valetas em várias áreas.			
a	b	c	d					
8.1	23,5	M	19					
8.2	46,9	A	36					
8.4	-	B	2					
8.6	35,0	M	31					
8.6	65,0	A	44					
e. Valor dedução total:		f. q =	g. URCI		h. Classificação:			
132		4	25		Ruim			

FIGURA A.1. Exemplo de formulário de inspeção retirado do Manual Técnico 5-626 (1995)

Etapa 3: Encontrar os valores-dedução para cada tipo de defeito e nível de severidade usando as curvas de valor dedução como exemplificado na Figura A.2.

Etapa 4: Achar o valor-dedução total através da soma de todos os valores-dedução individuais e o valor “q” (número de valores dedução individuais maiores que 5).

$$\text{Valor-dedução total} = 19 + 36 + 2 + 31 + 44 \rightarrow VDT = 132$$

Valor de “q” é igual a 4, pois foram encontrados 4 valores-dedução maiores que 5 pontos, conforme destacado acima.

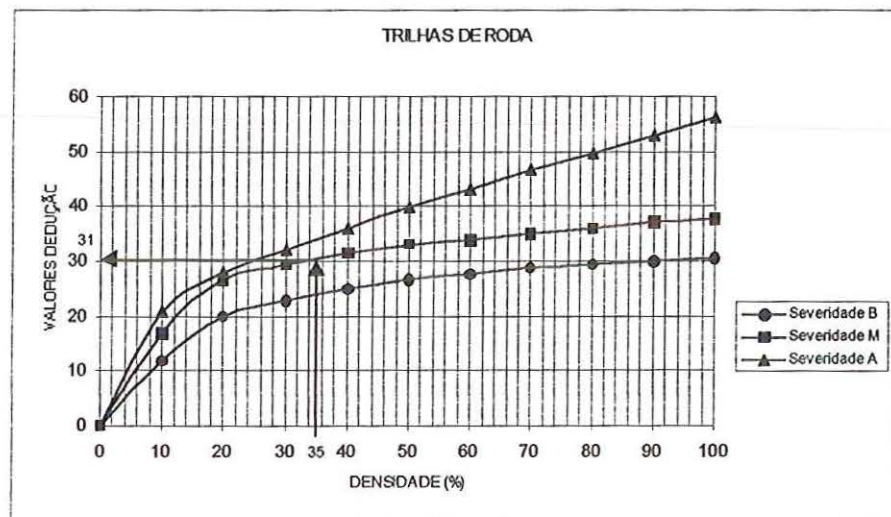


FIGURA A.2. Curvas de severidade para o cálculo do valor-dedução do defeito trilhas de roda

Etapa 5: Achar o valor do *Unsurfaced Road Condition Index* pela curva do URCI, de acordo com o exemplo da Figura A.3.

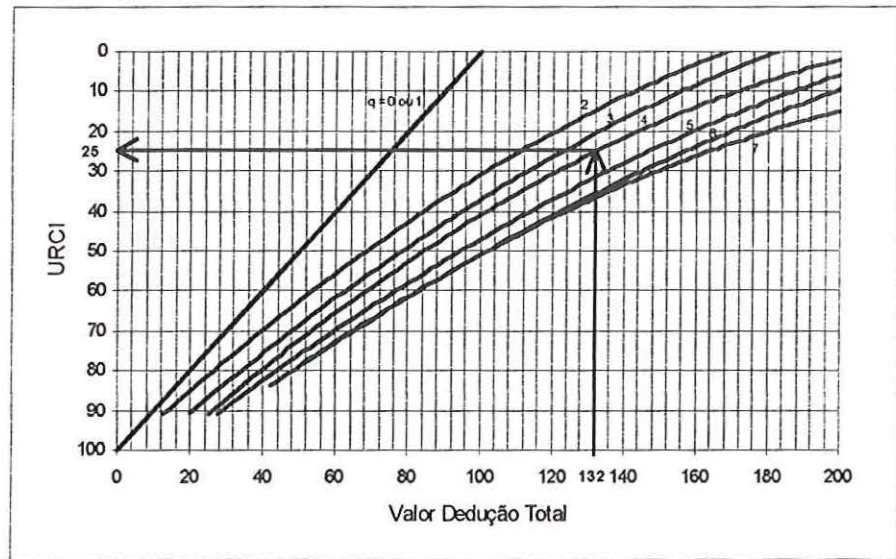


FIGURA A.3. Gráfico para o cálculo do URCI

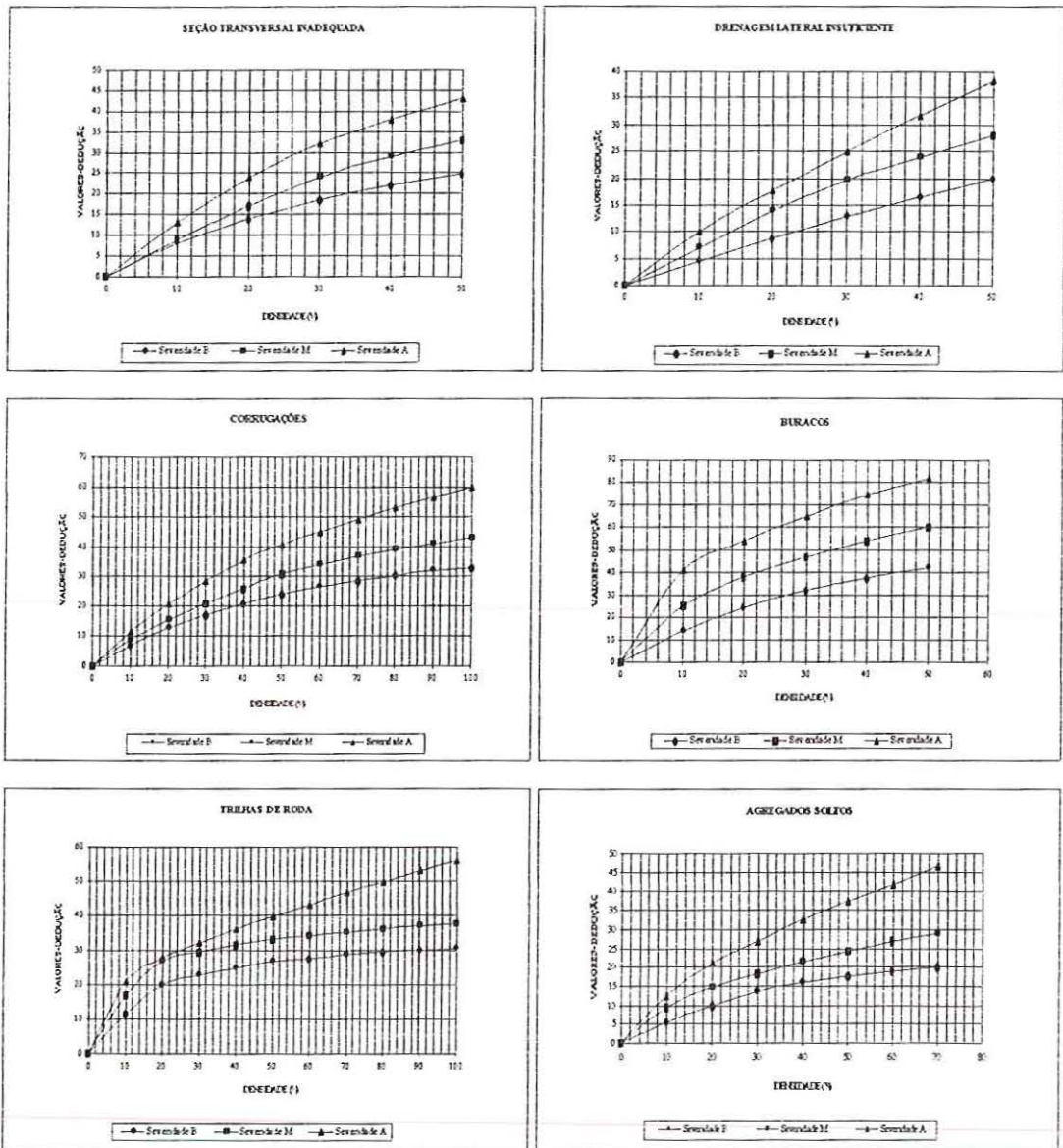
Pelo gráfico acima, tem-se que o valor do URCI é igual a 25. Através de uma escala de valores de 0 a 100, apresentada na Figura A.4, obtém-se a classificação para a unidade amostral do exemplo considerado.

URCI	CLASSIFICAÇÃO
100	EXCELENTE
85	MUITO BOA
70	BOA
55	REGULAR
40	RUIM
25	MUITO RUIM
10	PÉSSIMA
0	

FIGURA A.4. Escala de classificação

*CLASSIFICAÇÃO:* Ruim

### A.3. Curvas de valores-dedução



#### OBSERVAÇÃO:

O defeito poeira não é classificado pela densidade. Os valores-dedução para este tipo de defeito são obtidos a partir dos seus níveis de severidade, obedecendo para cada nível a seguinte pontuação: *Baixo*: 2 pontos *Médio*: 4 pontos *Alto*: 15 pontos.

---

# **ANEXO B**

## **GUIA DE PROCEDIMENTO EM CAMPO DA FASE 2**

---

## B. GUIA PARA O PROCEDIMENTO EM CAMPO

### B.1. Avaliação de estradas não pavimentadas

Nas estradas não pavimentadas analisadas foram selecionados alguns trechos de 300m de extensão, visivelmente homogêneos, considerados como os mais problemáticos, tendo seu ponto inicial e final marcado por um piquete de madeira com a extremidade pintada de vermelho. Cada trecho foi subdividido em 10 unidades amostrais consecutivas de 30m de comprimento e demarcadas por piquetes de madeira sem pintura.

A primeira etapa da avaliação consiste do percurso dos avaliadores nos trechos selecionados em um mesmo veículo a uma velocidade aproximadamente constante, onde o condutor do veículo avisará para os avaliadores o ponto inicial e final do trecho. Durante o percurso, os avaliadores devem observar a qualidade de viagem daquele trecho e dar uma nota a ele que represente a condição da superfície, conforme a escala da Tabela B.1. Uma ficha individual deverá ser usada na avaliação para que a nota e alguns outros dados necessários sejam registrados, como exemplificado no Figura B.1.

TABELA B.1. Escala de classificação para o trecho e unidade amostral

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

<b>FOLHA PARA AVALIAÇÃO SUBJETIVA DO TRECHO</b>		
1. Estrada: 01 - SCA 237		
2. Trecho: 2	5. Data: 12/04/99	
3. Hodômetro: 2,1 km	6. Avaliador: João	
4. Velocidade: 50 km/h	7. Condições climáticas: Dia ensolarado	
8. Escala de notas para classificar o trecho:		
100		Excelente
85		Muito boa
70		Boa
55		Regular
40		Ruim
25		Muito ruim
10		Péssima
0		
9. Nota para o trecho: 43 (regular)		

FIGURA B.1. Ficha de Avaliação subjetiva do trecho

A segunda etapa da avaliação corresponde a avaliação das unidades amostrais. Os avaliadores serão conduzidos ao ponto inicial de cada trecho que corresponde ao mesmo da primeira unidade amostral e a percorrerão a pé, procurando observar a condição em que ela se encontra. Cada avaliador deverá atribuir-lhe uma nota que descreva o estado da superfície da estrada, usando para tanto a mesma escala utilizada para classificar o trecho, registrando-a em seguida em uma folha individual específica, conforme exemplificado na Figura B.2. Da forma anteriormente mencionada, cada unidade terá 30 m e estará delimitada por piquetes de madeira para facilitar o reconhecimento pelos avaliadores da área que deve ser classificada.

Após todos os avaliadores terem determinado suas notas para a unidade, eles irão verificar os defeitos ocorrentes na unidade, tendo como base a lista de defeitos apresentada mais adiante. Esta verificação será feita da seguinte maneira: o grupo avaliará o mesmo defeito e de acordo com a Tabela B.2, atribuirá uma nota a ele que reflita o seu efeito no estado atual da superfície da estrada. A escala utilizada é representada em seus extremos pelo valor 0, indicando que o defeito em particular



não afeta as condições da estrada, e pelo valor 100, significando que se trata de um grave defeito que compromete a estrada, podendo causar seu abandono. Após a atribuição da nota, o defeito em questão terá suas dimensões e nível de severidade determinados, sendo simultaneamente registrados numa folha de inspeção de acordo com o exemplificado nas Figuras B.3 e B.4. O mesmo procedimento deverá ser seguido nas unidades amostrais subsequentes.

FOLHA DE INSPEÇÃO SUBJETIVA DAS UNIDADES AMOSTRAIS	
1. Estrada: 01 - SCA 237	
2. Trecho: 3	4. Data: 25/03/99
3. Unidade amostral: 5	5. Avaliador: João
6. Escala de notas para classificar a unidade amostral quanto a condição da superfície:	
7. Nota para a unidade amostral: 66 (boa)	

FIGURA B.2. Folha individual de inspeção subjetiva para as unidades amostrais

TABELA B.2. Escala de classificação para os defeitos

Notas	Efeito do defeito na condição da estrada
0-15	Nenhum ou quase nenhum
16-30	Muito pequeno
31-45	Pequeno
46-60	Regular
61-75	Ruim
76-90	Muito ruim
91-100	Grave, péssimo

### B.1.1. Condições para o procedimento

Durante a avaliação as seguintes condições devem ser respeitadas:

- O avaliador deverá atribuir suas notas individualmente, sem qualquer tipo de troca de opinião com qualquer outro avaliador;
- Os valores assinalados anteriormente não devem ser levados em consideração na avaliação que estiver sendo feita no momento, cada avaliação deverá ser totalmente independente;
- O avaliador deve preencher para cada trecho e unidade amostral uma ficha individual de avaliação;
- O avaliador não deve se preocupar com o projeto geométrico da estrada (alinhamento, largura da pista e acostamento, etc) para atribuir sua nota, sendo que devem ser levados em consideração os buracos, saliências, irregularidades transversais e longitudinais da superfície;
- O avaliador deve considerar apenas o estado atual do pavimento, ou seja, o seu estado futuro deve ser ignorado;
- Quando o avaliador for dar a nota para o trecho e unidade amostral deve ter em mente qual o conforto que aquela superfície proporcionaria se ele estivesse dirigindo seu carro durante um tempo de  $\pm 8$  horas.

## **B.2. Lista de defeitos**

### **B.2.1. Seção transversal inadequada**

A seção transversal inadequada é consequência de uma superfície sem declividade transversal para direcionar a água para as valetas. Sua avaliação é feita observando a facilidade de escoamento da água da superfície da estrada para fora dela onde não influencie as condições de rolamento. As seções mais comuns são:

- Seção em calha:



- Seção mista encaixada:



– Seção abaulada encaixada:



• *Níveis de severidade:*

Baixo: superfície praticamente plana, com nenhuma ou pouca ocorrência de defeitos.



Médio: superfície em forma de bacia, com moderada ocorrência de defeitos.



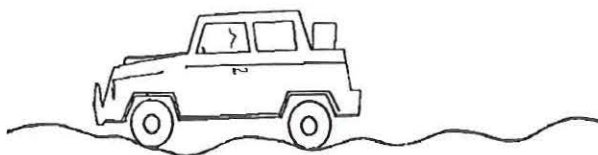
Alto: alta ocorrência de defeitos, com grandes depressões nas trilhas das rodas



• *Como Medir*: É medido em metro linear por unidade amostral, ao longo da linha central ou paralela a esta. Numa mesma unidade amostral pode haver diferentes níveis de severidade.

### B.2.2. Corrugações/Ondulações

São ondas ou sulcos em intervalos regulares ou irregulares no sentido perpendicular ao tráfego. A sua presença é evidenciada pelas trepidações do veículo causando grande desconforto ao usuário.



- *Níveis de severidade:*

Baixo: sulcos com profundidade inferior a 2,5 cm;

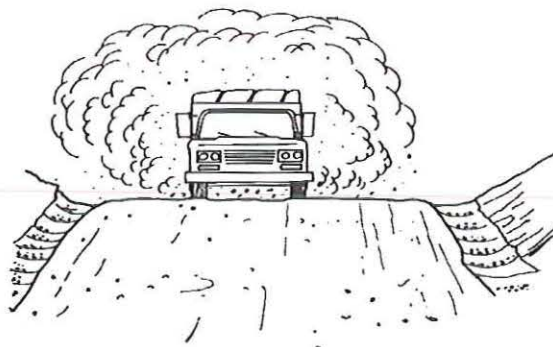
Média: sulcos com profundidade variando entre 2,5 a 7,5 cm;

Alta: sulcos com profundidade superior a 7,5 cm.

- *Como Medir*: É medido em metro quadrado de área da superfície da unidade amostral afetada pelo defeito.

### B.2.3. Poeira

A ação do tráfego em estradas não pavimentadas de solos com baixo teor de umidade faz com que as partículas mais finas deste solo se soltem da superfície, formando nuvens de poeira que representam perigos para os veículos e ao meio ambiente.



- *Níveis de severidade:*

Baixo: nuvem pouco densa, não obstrui a visibilidade;

Médio: nuvem moderadamente densa, obstrui parcialmente a visibilidade e torna o tráfego lento;

Alto: nuvem muito densa, obstrui severamente a visibilidade e torna o tráfego muito lento ou parado.

- *Como medir*: Somente através da observação da nuvem formada por um veículo dirigindo a cerca de 40 km/h.

#### B.2.4. Buracos

Os buracos são depressões em forma de bacia na superfície da estrada e aumentam de tamanho rapidamente devido às intempéries e o tráfego.

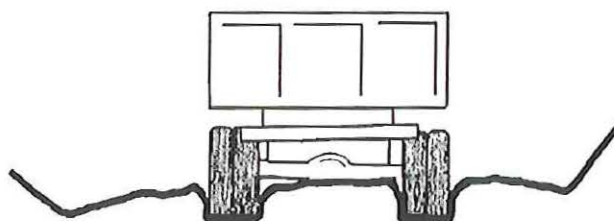
- Níveis de severidade:

DIÂMETRO MÉDIO (m)	PROFUNDIDADE (cm)			
	< 5	5 – 15	15 – 25	> 25
< 1,50	BAIXO	MÉDIO	MÉDIO	ALTO
1,50 – 2,50	BAIXO	MÉDIO	ALTO	ALTO
2,50 – 3,50	BAIXO	MÉDIO	ALTO	ALTO
> 3,50	BAIXO	MÉDIO	ALTO	ALTO

- *Como medir*: É medido através da contagem do número de buracos existentes na unidade amostral de acordo com o nível de severidade.

#### B.2.5. Afundamento de trilhas de rodas

É uma depressão na superfície da estrada na trilha dos pneus do veículo. Este problema ocorre devido às cargas repetidas do tráfego em épocas de chuva, onde o solo fica com sua resistência diminuída pela saturação.



- *Níveis de severidade:*

Baixo: trilhas com profundidade menor que 5 cm;

Médio: trilhas com profundidade entre 5 e 10 cm;

Alto: trilhas com profundidade maior que 10 cm.

- *Como medir:* É medido em metro quadrado de área da superfície da unidade amostral de fora a fora da trilha. Numa mesma unidade amostral pode haver diferentes níveis de severidade.

### **B.2.6. Segregação de agregados**

A ação do tráfego move as partículas de agregados soltos para fora das trilhas de rodas e forma bermas no centro ou ao longo do acostamento da estrada ou na área menos trafegável, paralela à linha central da estrada. O problema da segregação acontece em áreas onde foi adicionado material para aumentar o atrito das rodas do veículo com o pavimento sem compactação adequada.

- *Níveis de severidade:*

Baixo: bermas menores que 5 cm de altura;

Médio: bermas entre 5 cm e 10 cm de altura;

Alto: bermas maiores que 10 cm de altura.

- *Como medir:* É medido em metro linear por trecho, paralelo a linha central da estrada. Cada berma é medida separadamente, no acostamento ou na área menos trafegável. Pode haver diferentes severidades na mesma unidade amostral.

### **B.2.7. Areiões**

Os problemas de areiões se localizam em áreas geralmente planas e de solo arenoso com falta de material ligante (argila). Na época seca, o material (que não é

importado) é movido pelo tráfego para o centro das trilhas de rodas e laterais da estrada formando bermas de areia solta e impedindo a saída da água.

- *Níveis de severidade:*

Baixo: bermas menores que 5 cm de altura;

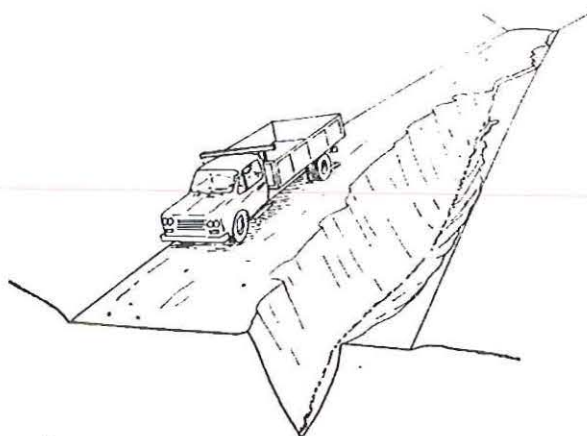
Médio: bermas entre 5 cm e 15 cm de altura;

Alto: bermas maiores que 15 cm de altura.

- Como medir: É medido em metro linear por unidade amostral, paralelo a linha central da estrada. Cada berma é medida separadamente, nas laterais ou centro da estrada. Pode haver diferentes severidades na mesma unidade amostral.

### **B.2.8. Erosões**

São sulcos formados pela ação da água encontradas em estradas com rampas acentuadas, sem declividade transversal adequada e drenagem insuficiente. Com a chuva, os sulcos formados vão aumentando até formar grandes ravinas.



- *Níveis de severidade:*

LARGURA (m)	PROFUNDIDADE (cm)		
	< 15	15 – 30	> 30
< 0,50	BAIXO	MÉDIO	ALTO
0,50 – 1,50	BAIXO	MÉDIO	ALTO
> 1,5	MÉDIA	ALTO	ALTO

- *Como medir:* É medido em metro quadrado de área da superfície da unidade amostral.

### B.2.9. Facão

Resultam do lançamento de material da superfície da estrada para o centro e laterais, sem ocorrer o afundamento nas trilhas das rodas. Geralmente se encontra este defeito em estradas onde há a presença de areiões.

- *Níveis de severidade:*

Baixo: bermas com altura menor que 5 cm;

Médio: bermas com altura entre 5 cm e 10 cm;

Alto: bermas com altura maior que 10 cm.

- *Como medir:* É medido em metro linear por unidade amostral. Cada berma é medida separadamente nas laterais ou centro da estrada. Pode haver diferentes severidades na mesma unidade amostral.

### B.2.10. Trincas de retração

São trincas encontradas na superfície de estradas não pavimentadas de solo argiloso que quando secos contraem formando blocos aproximadamente retangulares. Não se trata de um defeito relacionado ao tráfego, embora este possa aumentar sua severidade.



- *Níveis de severidade:*

Baixo: trincas de largura menor que 10 mm;

Médio: trincas de largura entre 10 a 40 mm;

Alto: trincas de largura maior que 40 mm.

- *Como medir:* É medido em metro quadrado da superfície da unidade amostral. Pode haver diferentes níveis de severidade numa mesma unidade.

A seguir ilustra-se nas Figuras B.3 e B4 a folha de inspeção dos defeitos das unidades amostrais preenchida.

FOLHA DE INSPEÇÃO DE DEFEITOS NAS UNIDADES AMOSTRAIS																												
1. Estrada: 01 - SCA 237																												
2. Trecho: 3			7. Data: 25/03/99																									
3. Unidade amostral: 5			8. Avaliador: João																									
4. Largura da unidade (m): 6,8			9. Condições climáticas: Dia ensolarado																									
5. Comprimento da unidade (m): 30			10. Drenagem:																									
6. Área da unidade (m <sup>2</sup> ): 204			Sim ( ) Não ( x )																									
11. Escala de notas para classificar os defeitos quanto a seu efeito nas condições da superfície:																												
<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">100</td> <td style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; height: 10px;"></td> <td style="padding-left: 10px;">Efeito grave, péssimo</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">90</td> <td style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; height: 10px;"></td> <td style="padding-left: 10px;">Efeito muito ruim</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">75</td> <td style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; height: 10px;"></td> <td style="padding-left: 10px;">Efeito ruim</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">60</td> <td style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; height: 10px;"></td> <td style="padding-left: 10px;">Efeito regular</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">45</td> <td style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; height: 10px;"></td> <td style="padding-left: 10px;">Efeito pequeno</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">30</td> <td style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; height: 10px;"></td> <td style="padding-left: 10px;">Efeito muito pequeno</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">15</td> <td style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; height: 10px;"></td> <td style="padding-left: 10px;">Efeito muito pequeno</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; height: 10px;"></td> <td style="padding-left: 10px;">Nenhum efeito ou quase nenhum</td> </tr> </table>					100		Efeito grave, péssimo	90		Efeito muito ruim	75		Efeito ruim	60		Efeito regular	45		Efeito pequeno	30		Efeito muito pequeno	15		Efeito muito pequeno	0		Nenhum efeito ou quase nenhum
100		Efeito grave, péssimo																										
90		Efeito muito ruim																										
75		Efeito ruim																										
60		Efeito regular																										
45		Efeito pequeno																										
30		Efeito muito pequeno																										
15		Efeito muito pequeno																										
0		Nenhum efeito ou quase nenhum																										
12. Defeitos:																												
12.1. Seção Transversal Inadequada: calha ( x ) mista e encaixada ( ) abaulada encaixada ( )																												
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m)	Severidade do defeito																										
28	30	Baixa	Média	Alta																								
		x																										
12.2. Ondulações/Corruções:																												
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m <sup>2</sup> )	Severidade do defeito																										
		Baixa	Média	Alta																								
12.3. Poeira:																												
Nota para o defeito	Altura da nuvem de poeira (m)	Severidade do defeito																										
		Baixa	Média	Alta																								

FIGURA B.3. Folha individual de inspeção de defeitos nas unidades amostrais (frente)

12.4. Buracos/Panelas:				
Nota para o defeito	Quantidade de buracos/panelas	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta
35	3	x		
12.5. Afundamento nas trilhas de roda:				
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m <sup>2</sup> )	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta
12.6. Segregação de agregados:				
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m)	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta
36	7		x	
12.7. Areiões:				
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m)	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta
12.8. Erosões:				
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m <sup>2</sup> )	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta
12.9. Facão:				
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m)	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta
12.10. Trincas de retração:				
Nota para o defeito	Dimensões do defeito (m <sup>2</sup> )	Severidade do defeito		
		Baixa	Média	Alta
80	150			x

FIGURA B.4. Folha individual de inspeção de defeitos nas unidades amostrais (verso)