

ANÁLISES TEÓRICA E PRÁTICA DE MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES SUPERFICIAIS DE ESTRADA NÃO-PAVIMENTADA

FÁBIO MUTTI FERREIRA

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL PELA UNICAMP – DIRETOR DO DEPARTAMENTO DE TRÂNSITO URBANO E RODOVIÁRIO DO MUNICÍPIO DE PIRACAIA/SP

CÁSSIO EDUARDO LIMA DE PAIVA

PROFESSOR DR. ENGº DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS/SP – UNICAMP

RESUMO

Este trabalho analisa cinco métodos de avaliação das condições superficiais de estradas não-pavimentadas: GPM, URCI, RSMS, ERCI e o RCS/DVI. Análises comparativas teóricas e práticas foram realizadas: a 1ª empregou estudos de casos hipotéticos das condições superficiais para as classificações em função da relação do nível de severidade e densidade dos defeitos avaliados pelos métodos e a 2ª realizou-se pelas classificações apresentadas, por cada método, nas avaliações de campo, em dois períodos distintos. Concluindo, pela análise teórica, que os métodos apresentam consistência em suas metodologias em função dos fatores de correlações determinadas e, pela análise prática, não apresentam totalização de parâmetros que os definam para serem utilizados na gerência de manutenção e conservação das estradas não-pavimentadas brasileiras.

1. INTRODUÇÃO

As estradas não-pavimentadas representam mais de 90% de toda a malha rodoviária brasileira, com mais de 1,5 milhão de km, sendo os municípios responsáveis pela manutenção e conservação, que, via de regra, não possuem pessoal técnico especializado. O que acarreta na utilização de vários procedimentos técnicos usados equivocadamente, sendo, em muitos casos, o patrolamento (regularização da superfície pela utilização de motoniveladora), como a única forma de manutenção e conservação, e quando este não supre mais as necessidades das condições superficiais da estrada optam pela pavimentação, independente de outras técnicas mais apropriadas.

Os procedimentos técnicos empregados na estratégia de manutenção de uma estrada não-pavimentada podem ser definidos por métodos de avaliação das condições superficiais, que objetiva a sua classificação, especificando o tipo de manutenção, no caso: de rotina; periódica

Sendo: STI - seção transversal inadequada; BUR – buracos; ATR - afundamento de trilha de roda; OND – ondulações; DLI – drenagem lateral inadequada; SEA- segregação de agregados; POE – poeira; ESC - espessura de cascalho; SUS - superfície saturada; FEA - Falha e erosão de aterro na estrada; FMC - Falha no muro de contenção; ALS - altura da superfície; EII - estrutura ilegal de irrigação; PSE - plantas na superfície da estrada e OSE - ocupação da superfície da estrada. Estas abreviaturas também estão utilizadas na Tabela 4.

Tabela 2. Conceitos básicos dos métodos selecionados

| Itens | Métodos | | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------|---|-------------------------|
| | GPM | RCS/DVI | ERCI | URCI | RSMS |
| Origem | EUA | Europa | Egito | EUA | EUA |
| Metodologia | Subjetiva | Objetiva | | | |
| Defeitos Avaliados | Tabela 1 | | | | |
| Níveis de Severidade | Para algumas classificações | Baixo, Médio, Alto | Suave e Grave | Baixo, Médio, Alto | Baixo, Médio, Alto |
| Forma de Medição da Densidade | Para algumas classificações | Em %: <10, 10-50, >50 | Ocasional, freqüente, extenso | Nomogramas | Em %: <10, 10-30 e > 30 |
| Escala | 1 a 5 | 1 a 5 | 0 a 100 | 0 a 100 | 0 a 100 |
| Classificação | Falido a Excelente | Excelente a Falido | Falido a Excelente | | |
| Seções | Todo trecho | Mínimo 5 subseções | Mínimo 1 milha (1.6 km) | Para cada milha, mínimo de duas subseções | Todo trecho |
| Subseções | Não consta | 0.5 a 5.0 km | 10 % da seção | 135 a 300 m ² | Não consta |

Para os métodos RCS/DVI, RSMS e ERCI, os cálculos são realizados com os valores-dedução predefinidos em função do nível de severidade e densidade, que são somados obtendo o total valor-dedução – TVD, com exceção do URCI, que tem os valores-dedução de seus defeitos calculados por nomogramas e, a partir deles, os métodos classificam o trecho avaliado (estrada, subseção, unidade amostral), conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3. Escala e classificação dos métodos selecionados e a adotada para homogeneização

| Escala | Classificação | | | | | | |
|---------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| | Falido | Ruim | Regular | Bom | Excelente | | |
| GPM | 0 – 1.0 | 1.1 – 2.0 | 2.1 – 3.0 | 3.1 - 4.0 | 4.1 – 5.0 | | |
| RCS/DVI | 5.0 - 4.1 | 4.0 – 3.1 | 3.0 – 2.1 | 2.0 – 1.1 | 1.0 – 0.0 | | |
| ERCI | 0.0 – 40.0 | 40.1 - 65.0 | 65.1 – 80.0 | 80.1 – 90.0 | 90.1 - 100 | | |
| RSMS | 0 – 24.9 | 25.0 – 39.9 | 40.0 – 72.9 | 73.0 – 95.9 | 96.0 - 100 | | |
| URCI | 0.0 – 10.0 | Muito Ruim | Ruim | 40.1 – 55.0 | Bom | Muito Bom | 85.1 - 100 |
| | | 10.1 – 25.0 | 25.1 – 40.0 | | 55.1 – 70.0 | 70.1 – 85.0 | |
| ADOTADA | 0 – 1.0 | 1.1 – 2.0 | 2.1 – 3.0 | 3.1 – 4.0 | 4.1 – 5.0 | | |

3. ANÁLISE TEÓRICA DA METODOLOGIA EMPREGADA PELOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO ESTUDADOS

A análise teórica considerou duas hipóteses: a 1ª, pela relação dos níveis de severidade/densidade, num total de nove situações, iniciando em B/B, situação-1, e finalizando em A/A, situação-9, com os valores-dedução atribuídos por cada método aos defeitos avaliados que determinaram a classificação, de acordo com as escalas respectivas, com os resultados demonstrados na Figura 1.

A 2ª, pelo estudo de um caso hipotético, em função dos estados de condição que uma estrada ou seção pode apresentar, definidos em: excelente, bom, regular, ruim e falido, atribuindo as situações dos níveis de severidade e densidade em baixo, médio e alto (B, M e A), para cada defeito avaliado pelo respectivo método de acordo com Tabela 4 e com os seus resultados demonstrados na Figura 2.

Tabela 4. Definição de estado de condição de estrada de um caso hipotético, em função dos níveis de severidade (S) e densidade (D) dos defeitos avaliados por cada método

| Estado | Nível | Defeitos – níveis de severidade/densidade | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | STI | DLI | OND | ESC | ATR | BUR | SEA | POE | SUE | ATO | FMC | ALS | SUS | PSE | OSE |
| Excelente | S | B | B | B | B | B | SEM | B | SEM | B | X | B | B | SEM | B | SEM |
| | D | B | B | B | B | B | SEM | B | X | B | SEM | B | B | SEM | B | SEM |
| Bom | S | B | M | M | M | M | SEM | B | SEM | M | X | M | M | SEM | M | SEM |
| | D | B | B | B | B | B | SEM | B | X | B | SEM | B | B | SEM | B | SEM |
| Regular | S | M | M | M | M | M | B | B | B | M | X | M | M | B | M | B |
| | D | B | M | M | M | M | B | B | X | M | B | M | M | B | M | B |
| Ruim | S | M | A | A | A | A | M | M | M | A | M | A | A | M | A | M |
| | D | M | M | M | M | M | M | M | X | M | M | M | M | M | M | M |
| Falido | S | A | A | A | A | A | A | A | A | A | X | A | A | A | A | A |
| | D | A | A | A | A | A | A | A | A | X | A | A | A | A | A | A |

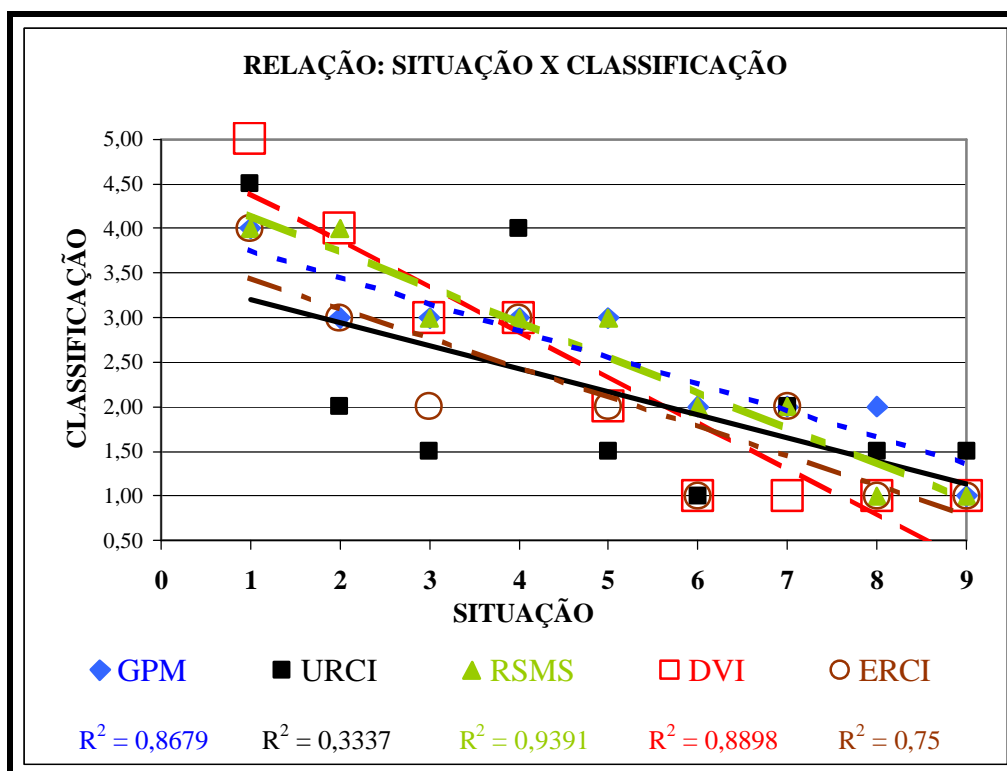


Figura 1. – Gráfico da relação entre a situação e classificação dos níveis de severidade e densidade dos defeitos avaliados pelos métodos de avaliação selecionados

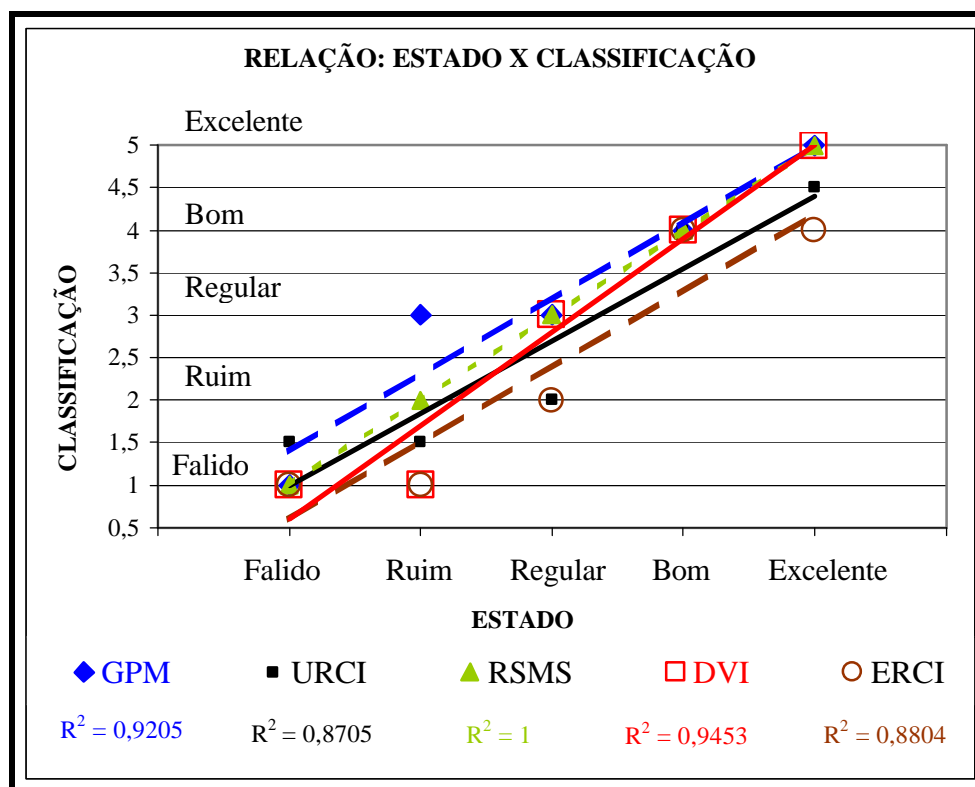


Figura 2. Gráfico da relação entre o estado de condição e as classificações obtidas

Pela análise teórica de sensibilidade dos métodos de avaliação realizada por duas hipóteses, sendo que, na 1ª (Figura 1), se observou que os métodos de avaliação RSMS, DVI e GPM apresentaram valor considerável na correlação proposta, com R^2 , na ordem de 0,90.

Resultado encontrado, por estes métodos apresentarem os valores-dedução dos defeitos avaliados com boa distribuição, em função dos níveis de severidade/densidade para as classificações da condição da superfície da estrada (excelente, boa, regular, ruim e falida).

As menores correlações foram estabelecidas para os métodos ERCI e URCI, neste a menor ($R^2 = 0.33$), por ter os valores-dedução dos defeitos avaliados obtidos de nomogramas, em função das medidas da severidade e da densidade, que foram considerados nos três pontos médios.

Verificou-se que todos os métodos apresentaram fatores de correlação significativos na 2ª hipótese (Figura 2), com o método RSMS apresentando resultados idênticos nas relações: Estado X Classificação, determinando um fator de correlação $R^2 = 1.0$, apresentando a melhor distribuição dos valores-dedução em função dos níveis de severidade e densidade dos defeitos avaliados.

4. RESULTADOS E ANÁLISES DO EXPERIMENTO DE CAMPO DA APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO

O experimento de campo realizou-se em uma estrada não-pavimentada – Estrada PRC-331, do Município de Piracaia/SP, com 5.6 km de extensão, dividido em 5 subseções, com as suas características gerais conforme mostra Tabela 5.

Duas avaliações de cada método foram realizadas em períodos distintos: a 1ª entre os dias 10 e 16 de agosto e a 2ª entre os dias 11 e 20 de dezembro do ano de 2003, denominadas como avaliação na estação seca e chuvosa, respectivamente, por apresentarem condições climáticas que as determinaram

Após as vistorias realizadas por FERREIRA (8) para avaliação das subseções, obtendo os dados de levantamento de campo e os respectivos cálculos de cada método, para determinar a nota e classificação de cada subseção e do trecho experimental (Geral), homogeneizou-os em relação à escala adotada e esses resultados encontram-se nos gráficos das Figuras 3 e 4 para a avaliação na estação seca e chuvosa, respectivamente.

Tabela 5. Características gerais das subseções para avaliação do trecho experimental

| Características | Subseções | | | | | |
|-------------------------------|------------|-----------------------------|---------------|------------|---------------|------------|
| | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | |
| Marco | início-km2 | km2-km3 | km3-km4 | km4-km5 | km5-fim | |
| Extensão (m) | 2000 | 1000 | 1000 | 1000 | 600 | |
| Largura da Plataforma - m | 6,0 | 6,0 | 5,0 | 5,0 | 6,0 | |
| Revestimento * trecho íngreme | Cascalho* | Cascalho* | Leito natural | Cascalho* | Leito natural | |
| Velocidade média km/h | 30-40 | < 40 | < 30 | < 40 | 30-40 | |
| VPD | < 50 | < 50 | 50-100 | 50-100 | 50-100 | |
| Unidade Amostral | GPM | Trecho todo | | | | |
| | RCS/DVI | 0 + 500m | km2 250m | km3 250m | km4 250m | km5 250m |
| | ERCI | 0 + 100m | km2 + 100m | km3 + 100m | km4 + 100m | km5 + 100m |
| | URCI | 50 + 50m | km2 + 50m | km3 + 60m | km4 + 60m | km5 + 50m |
| | RSMS | Trecho todo | | | | |
| Ocupação lindeira | Sítios | Sítios, loteamento, olarias | | | | |

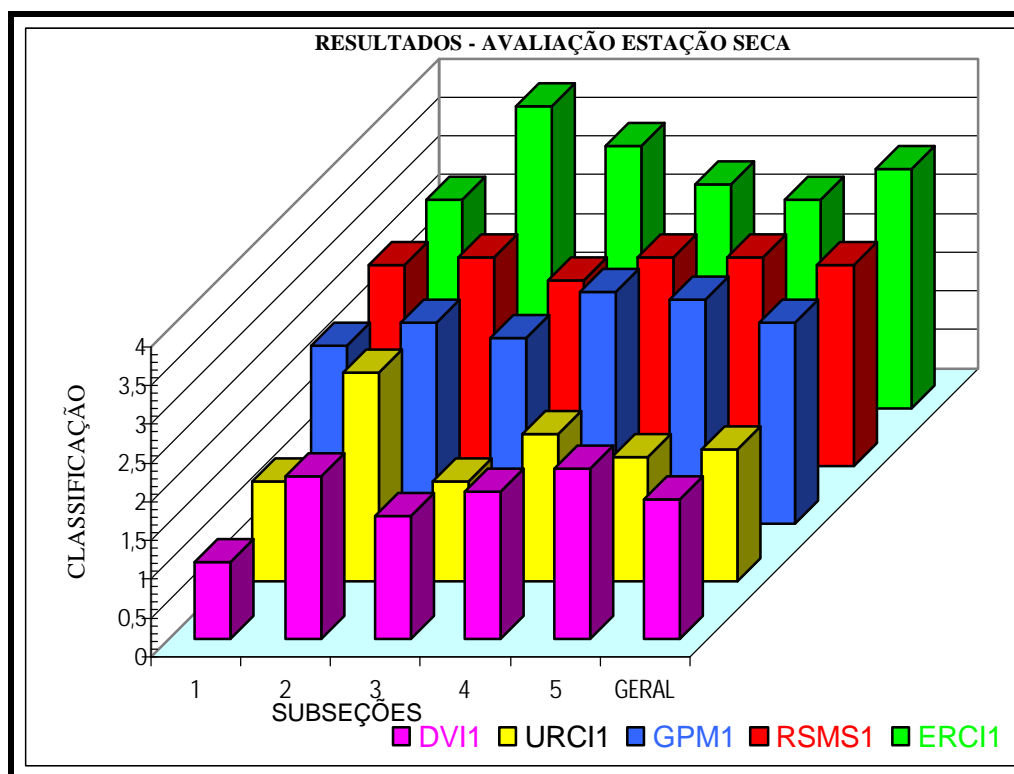


Figura 3. Histograma dos resultados das subseções e geral pelos métodos aplicados em campo na estação seca

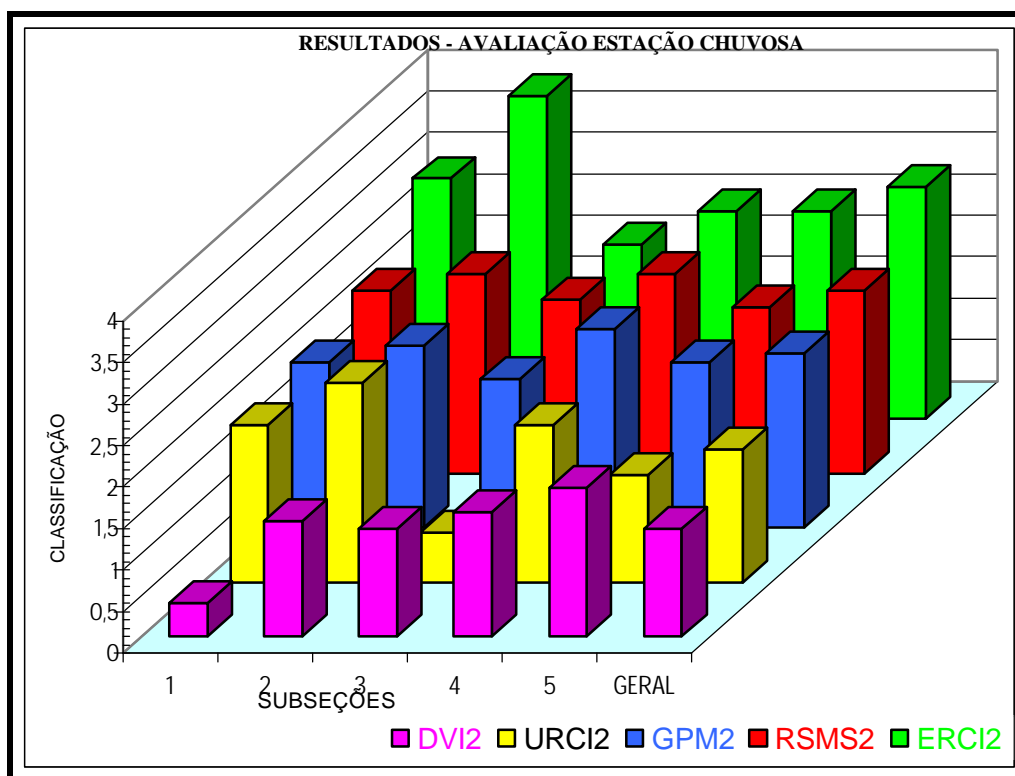


Figura 4. Histograma dos resultados das subseções e geral pelos métodos aplicados em campo na estação chuvosa

Na avaliação de campo nos dois períodos, os métodos GPM e o RSMS apresentaram resultados próximos e a mesma classificação das condições superficiais para o trecho experimental, mas as subseções tiveram resultados diferentes entre eles.

O DVI e o URCl apresentaram resultados abaixo dos demais. No caso, do URCl, os resultados encontrados devem, provavelmente, pelo método avaliar os defeitos provenientes de estradas revestidas com espessura considerada de cascalho, ou seja, cerca de 15 cm, no mínimo, o que é comum no país de origem do método, no caso EUA, segundo as pesquisas realizadas e todos os defeitos não estarem presentes quando da avaliação e nem apresentarem a mesma situação.

Situações que não ocorreram no trecho avaliado, principalmente, por ter apresentado nível de severidade alto nos defeitos seção transversal e drenagem lateral inadequadas, que ocasionam outros defeitos, tais como: buracos, sulcos de erosão e ondulações.

O DVI apresentou os defeitos mais semelhantes com os encontrados em campo, mas com nível de severidade mais rigoroso do que os demais, por exemplo, para o defeito buraco, o

nível de severidade alto é para profundidade acima de 40 mm, valor este que, para o RSMS e URCI, é para o nível médio.

Os resultados encontrados, no ERCI, foram maiores, por apresentarem pesos para os defeitos, sendo que o maior peso é para o FEA (Falha e Erosão de Aterro na estrada), no valor de 20, seguido de ALS (Altura de Superfície), no valor de 15 e por ter defeitos que diferem daqueles que a maioria dos métodos de avaliação possuem em sua metodologia, com o FEA e o EII (Estrutura Ilegal de Irrigação) não sendo observados no trecho experimental.

5. CONCLUSÃO

Concluindo, pelo experimento de campo, que os métodos não têm parâmetros gerais, que os definam como ideal às condições das estradas não-pavimentadas brasileiras, para serem utilizados na gerência de manutenção e conservação na aplicação das estratégias propostas por cada qual, de acordo com a classificação avaliada, principalmente, das subseções. Mas apresentam metodologias consistentes, conforme valores de correlações encontrados, tendo as suas aplicações mais adequadas nos países em que foram desenvolvidos, por apresentarem clima, tipo de solo, características de materiais, tecnologias mais ou menos representativas de que aquelas encontradas na região estudada.

Portanto, numa estrada não-pavimentada com as características semelhantes com a que foi realizado o experimento de campo recomenda-se o emprego dos métodos RCS/DVI e RSMS para fins de classificação das condições superficiais da estrada e desaconselha-se a utilização dos métodos URCI e ERCI.

Na continuidade deste trabalho, pretende-se aplicar o mesmo tipo de comparação em segmentos não-pavimentados, mas em diferentes estados de conservação, de forma a se poder indicar os métodos mais adequados para cada situação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- WALKER, D.M. **Gravel-Paser Manual: Pavement Surface Evaluation and Rating**. Wisconsin Transportation Information Center: Wisconsin, Madison, 1989. 32 p.
- 2- EATON, R.A.; BEAUCHAM, R.E. **Unsurfaced Road Maintenance Management**. U.S. Army Corps of Engineers, Cold Regions Research & Engineering Laboratory, Special Report 92-26. Washington, D.C., EUA, Dezembro, 1992. 62 p.
- 3- UNIVERSITY OF NEW HAMPSHIRE. Technology Transfer Center, T². **Road Surface Management System – RSMS**, Workshop Notebook and Reference. Durban, NH, EUA, Maio 2001. In: PWMS Distribution – RSMS01 and SIMS02, 2002. CD-ROM.
- 4- _____. **Field Manual – Identification of Road Surface Conditions: A guide for Users of the Road Surface Management System**. Durban, NH, EUA, Maio 2001. 24 p. In: PWMS Distribution – RSMS01 and SIMS02, 2002. CD-ROM.
- 5- ABDELRAHMAN, M.; SHARAF, E. **Use of Field Data in Calculating Cost of Earth Road Maintenance**. Transportation Research Record 1304, TRB, National Research Council, Washington, D.C., EUA, 1991, pp. 32-37.
- 6- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, OECD e INTERNATIONAL BANK FOR RECONSTRUCTION AND DEVELOPMENT, BIRD – WORLD BANK. **Road Monitoring Manual for Maintenance Management. Volume1: Manual for Developing Countries**. Paris, 1990. 115 p.
- 7- _____. **Road Monitoring Manual for Maintenance Management. Volume 2: Damage Catalogue for Developing Countries**. Paris, 1990. 91 p.
- 8- FERREIRA, F.M. **Uma Aplicação Comparativa de Métodos de Avaliação das Condições Superficiais de Estrada Não-Pavimentada**. 2004. 215p. Dissertação (Mestrado em Transporte). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, SP.