

**Proposta para implantação de sistema de gerência
de pavimentos em vias urbanas no município de
Campo Grande, Mato Grosso do Sul**

***Implementation proposal of the pavement management
system in urban roads on the municipality of Campo Grande,
Mato Grosso do Sul***

***Propuesta para implantación de sistema de gerencia de
pavimentos en vías urbanas en el municipio de Campo Grande,
Mato Grosso do Sul***

José Carlos Taveira¹

Danilo Keniti Nais Inoue²

José Roberto Franco Marques³

¹ Doutor em Desenvolvimento Local pela Universidade Complutense de Madrid (UCM). Mestre em Matemática - Estatística pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Especialista em Matemática pela FAL-SP. Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), em Matemática pela Universidade Católica Dom Bosco (UCDB), em Pedagogia pela FUCMAT. Prefeito do Campus da UCDB, Campo Grande, MS, professor no curso de Engenharia Civil, e professor colaborador do Programa de Pós-Graduação (Mestrado e Doutorado) em Desenvolvimento Local (PPGDL). E-mail: proftave@gmail.com, Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-0967-2909>

² Acadêmico do Curso de Engenharia Civil pela Universidade Católica Dom Bosco (UCDB). Voluntário do LATRAN – Laboratório de Transportes da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS) e estagiário da empresa EGETRA – Engenharia de Transportes Ltda. E-mail: engdanilokeniti@gmail.com, Orcid: <http://orcid.org/0000-0003-0137-3389>

³ Mestre em Infra-estrutura de Transportes pela Universidade de São Paulo (USP). Especialista em Restauração de Pavimentos, Hidrologia e Drenagem, e Supervisão de Obras Rodoviárias. Graduado em Engenharia Civil pela USP. Professor no Curso de Graduação em Engenharia Civil na Universidade Católica Dom Bosco (UCDB). Sócio-diretor da empresa EGETRA Engenharia Ltda. E-mail: jroberto@egetra.com.br, Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-1660-4170>

Resumo: O objetivo desta pesquisa é propor a implantação do Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) em vias urbanas específicas de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, comprovando se tratar de uma ferramenta essencial para gestão viária e de fácil aplicabilidade. Para desenvolver esta proposta, foi realizado o procedimento de análise dos defeitos nos pavimentos em uma área-piloto do município de Campo Grande, utilizando os padrões fornecidos pelo *Pavement Condition Index* (PCI), conforme norma ASTM D-6433. As vias dentro da área-piloto foram divididas em seções, conforme o sentido do tráfego, e analisadas individualmente. Após a realização dos levantamentos de campo e do tratamento estatístico dos dados, concluiu-se que, embora haja adversidades (ausência de memória técnica das vias) para sua implantação, o Sistema de Gerência de Pavimentos possui uma atuação prática e eficaz. Os dados resultantes dos estudos colaboraram no encaminhamento de soluções, gerando propostas de qualidade técnica superiores às adotadas com custos abaixo do usual.

Palavras-chave: sistema de gerência de pavimentos; pavimentação asfáltica; gestão pública.

Abstract: The objective of this research is to propose the implementation of the Pavement Management System (SGP) in specific urban roads of Campo Grande, Mato Grosso do Sul, proving that it is an essential tool for road-management and easy applicable. In order to develop this proposal, the pavement defect analysis procedure was develop in a pilot area of the city of Campo Grande using the standards provided by the Pavement Condition Index (PCI), according to ASTM D-6433. The roads within the pilot area were divided into sections, according to traffic direction flow and analyzed individually. After conducting the field surveys and statistical data processing, it was concluded that although there are adversities (lack of technical history of the roads) for its implementation, the Pavement Management System has a practical and effective performance. The data from the studies collaborated in pavement solutions, generating proposals with superior technical quality than those adopted, with costs below the usual.

Keywords: pavement management system; asphalt pavement; public administration.

Resumen: El objetivo de esta investigación es proponer la implantación del Sistema de Gerencia de Pavimentos (SGP) en vías urbanas específicas de Campo Grande, Mato Grosso do Sul, comprobando que se trata de una herramienta esencial para gestión vial y de fácil aplicabilidad. Para desarrollar esta propuesta, se realizó el procedimiento de análisis de los defectos en los pavimentos en un área piloto del municipio de Campo Grande, utilizando los estándares proporcionados por el Pavement Condition Index (PCI), conforme a la norma ASTM D-6433. Las vías dentro del área piloto fueron divididas en secciones, según el sentido del tráfico y analizadas individualmente. Después de la realización de los levantamientos de campo y del tratamiento estadístico de los datos, se concluyó que, aunque hay adversidades (ausencia de memoria técnica de las vías) para su implantación, el Sistema de Gerencia de Pavimentos posee una actuación práctica y eficaz. Los datos resultantes de los estudios colaboraron en el encaminamiento de soluciones, generando propuestas de calidad técnica superiores a las adoptadas con costos por debajo de lo usual.

Palabras clave: sistema de gerencia de pavimentos; pavimento de asfalto; gestión pública.

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os problemas de infraestrutura das cidades são complexos e influenciam diretamente na qualidade de vida da população. Devido ao pouco, quando não mal direcionado, investimento dos municípios, as estruturas de pavimento existentes, muitas vezes, possuem falhas e vulnerabilidades que trazem problemas ao erário e, até mesmo, um desgaste político-administrativo ao gestor municipal.

Além da falta de técnicos fiscalizadores durante o processo de dimensionamento, ou até mesmo durante sua execução, existe também a carência de dados históricos e memórias técnicas nos municípios brasileiros, dificultando, assim, uma atuação efetiva da administração pública.

Os gestores responsáveis pelos sistemas viários tornaram-se, em grande parte, reféns de medidas emergenciais para correção dos defeitos causados pelo tráfego, demandando, conseqüentemente, um gasto acima do necessário e com qualidade abaixo da estimada.

O Sistema de Gerência de Pavimento (SGP) surge com o objetivo de otimizar os investimentos, através de levantamentos constantes das condições do pavimento e sua composição, bem como o volume de tráfego, realizando projeções de sua vida útil para que as manutenções ocorram no tempo e nos locais adequados, trazendo segurança de rolamento aos usuários.

Os problemas enfrentados na restauração de pavimentos em áreas urbanas tornam-se evidentes, considerando que os dados fundamentais de projeto, como tráfego e geotecnia, são praticamente escassos. A inexistência de uma normatização específica para o dimensionamento dos pavimentos urbanos influencia diretamente no desempenho destes, que muitas vezes trazem considerações em sua concepção, advindas do conhecimento empregado na pavimentação rodoviária.

Outro aspecto singular é a complexidade no controle e na estimativa do tráfego. Como a maior parte do tráfego é composta de veículos de pequeno porte, os dimensionamentos em grandes centros e áreas mais críticas acabam sendo prejudicados.

Embora existam metodologias que correlacionem o tráfego com os veículos de serviço (coleta de lixo, transporte público etc.), é difícil realizar

uma projeção precisa do comportamento futuro do pavimento, devido ao desenvolvimento urbano variado, decorrente do uso e da ocupação do solo.

Da mesma forma que o dimensionamento, os parâmetros para análise das condições das vias urbanas seguem adaptações dos modelos empregados em vias rurais.

Como se sabe, as prefeituras municipais no Brasil, infelizmente, preocupam-se somente com os custos iniciais para a construção, podendo conduzir a administração pública a tomar decisões que têm pouca eficiência econômica. Portanto, enquanto toda a vida útil do pavimento não for analisada ou conhecida, fatalmente as vias urbanas continuarão falidas.

O presente trabalho propõe a implantação de um Sistema de Gerência de Pavimento em vias específicas do município de Campo Grande, desenvolvendo índices e valores numéricos que simbolizem o estado e a qualidade das vias para que, através de análises estatísticas e metodologias normatizadas, sejam definidas as atividades de manutenção e reabilitação conforme a necessidade de cada trecho analisado.

2 PAVIMENTAÇÃO URBANA E NORMATIZAÇÃO

A avaliação da condição do pavimento acontece em duas faces: a avaliação subjetiva e a avaliação objetiva.

A avaliação subjetiva é uma análise dos aspectos do pavimento, sem necessariamente exigir um conhecimento técnico especializado, podendo, portanto, ser realizada até mesmo pelo próprio usuário da via. Já a avaliação objetiva se trata de uma análise mais crítica e técnica, composta por diversos indicadores (devidamente normatizados) que devem ser atendidos.

É sabido que os pavimentos se comportam de maneira variada, em função da sua idade, principalmente por causa da deterioração pelas intempéries e pelo tráfego. Para tanto, é necessário lembrar que os valores estruturais remanescentes (das estruturas mais antigas) devem ser levados em consideração para qualquer análise de caráter objetivo.

O levantamento dos defeitos, os procedimentos de planilhamento e o processamento de dados se dão com base na norma ASTM D-6433/07¹.

¹ *American Society for Testing and Materials: Standard Practice for Roads and Parking Lots*

O *Pavement Condition Index* (PCI) foi desenvolvido inicialmente para pavimentos aeroportuários, sendo posteriormente ampliado para rodovias, ruas e estacionamentos (em pavimentos flexíveis e rígidos).

No método PCI, o trecho a ser avaliado é dividido em segmentos de 225 m² (aproximadamente), sendo cada segmento inventariado através do preenchimento de uma planilha contendo os tipos de patologias, a quantidade e a severidade delas. Devido à natureza específica de cada tipo de defeito, a quantificação e a severidade são realizadas conforme a particularidade de cada uma das patologias (metro linear, metro quadrado, espessuras etc.).

Após processados todos os inventários, são calculados os valores de dedução por tipo de defeito, obtidos através de curvas empíricas, baseadas na densidade em que eles se apresentam no trecho. A Tabela 1, a seguir, apresenta os exemplos de defeitos e sua quantificação.

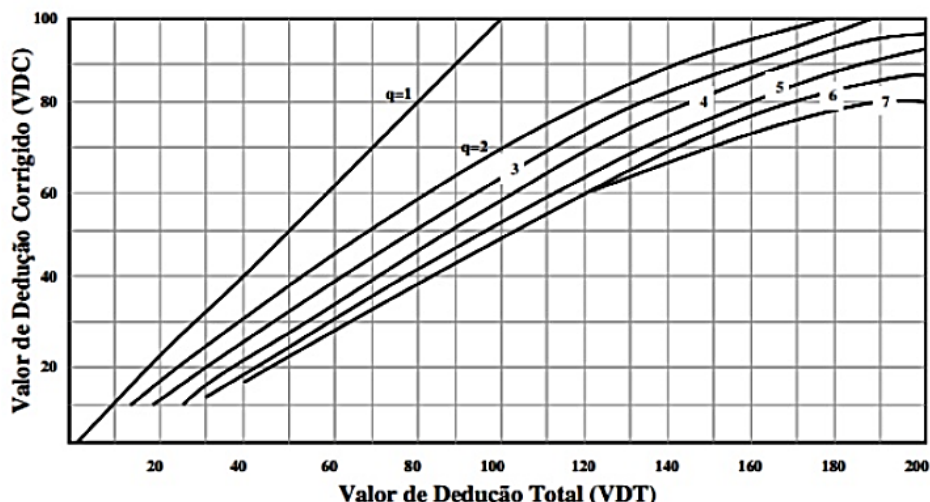
Tabela 1 – Defeitos conforme método PCI

Defeitos	Quantificação
Trinca – Couro de jacaré	área
Exsudação	área
Trincas em blocos	área
Corrugação	área
Afundamento localizado	área
Trincas de bordos	extensão
Trincas de reflexão de juntas	extensão
Desnível de pista/acostamento	extensão
Trincas longitudinais e transversais	extensão
Remendos	área
Agregado polido	área
Panelas	unidades
Cruzamento ferroviário	área
Trilha de rodas	área
Escorregamento de massa	área
Desgaste superficial	área

Fonte: Shahin e Khon (1979).

Conhecendo os valores deduzidos, calcula-se o valor corrigido pela curva de ajuste proposta por Shahin e Khon (1979), apresentada na Figura 1 que segue.

Figura 1 – Curva de Correção adaptada de Shahin e Khon para PCI



Fonte: Shahin e Khon (1979).

Para adequada análise do pavimento flexível, por sua vez, é necessário que a inspeção seja feita caminhando ao longo dos trechos analisados.

Durante o desenvolvimento do inventário, é preciso uma separação prévia dos diferentes ramos de pavimento, baseando-se em dados, quando existentes, como: histórico de construção, tráfego e condição estrutural.

Após dividir os ramos em seções devidamente enumeradas, é de grande importância registrar a área específica da seção inspecionada para, só então, iniciar a quantificação e classificações dos defeitos no pavimento.

Segundo a ASTM D-6433/07, é necessário atentar às seguintes observações:

- a) Se uma trinca por fadiga ocorrer na mesma área que uma trilha de roda, cada um é quantificado separadamente com suas respectivas severidades;
- b) Se ocorrer exsudação em uma área, não se contabilizam eventuais agregados polidos na mesma área;

- c) Se uma trinca possuir diferentes severidades ao longo de sua extensão, ela deve ser dividida em extensões da mesma severidade, separadamente. Caso seja difícil executar tal subdivisão, registra-se como trinca de alta severidade;
- d) Qualquer defeito observado sobre um remendo não deve ser quantificado, anotando-se, assim, apenas o remendo propriamente dito e sua respectiva severidade.

As tabelas 2 e 3, a seguir, demonstram a metodologia para quantificação e análise de severidade dos defeitos nos pavimentos flexíveis, de acordo com a ASTM D-6433.

Tabela 2 – Severidade de painéis conforme profundidade e diâmetro aproximado

Severidade de Painéis			
Profundidade (mm)	10 < Ø < 20 cm	20 < Ø < 45 cm	45 < Ø < 75 cm
13 a 25	Baixa	Baixa	Média
25 a 50	Baixa	Média	Alta
> 50	Média	Média	Alta

Fonte: Elaboração própria, adaptada de ASTM D-6433/07.

Tabela 3 – Severidade das patologias

Defeito	Severidade		
	Baixa	Média	Alta
Trinca por Fadiga	Trincas majoritariamente paralelas com pequenas interconexões, sem pequenos fragmentos de revestimento soltos.	Trincas interligadas já evoluídas, com aparência de couro de jacaré, com pouca desagregação entre as trincas.	Pedaços de trincas bem definidos, com uma rede intensa de trincamentos e aberturas bem definidas. Alguns pedaços podem aparentar estar soltos.
Trincas Long./ Transv.	Trincas expostas com espessuras inferiores a 10 mm ou qualquer trinca já preenchida.	Trincas expostas com espessuras entre 10 mm e 75 mm; Trincas expostas menores que 75 mm, com trincamento ao redor; Qualquer trinca já preenchida com trincamento no entorno.	Trincas maiores que 75 mm expostas ou com pavimento ao redor já comprometido.

Defeito	Severidade		
	Baixa	Média	Alta
Remendo	Remendo adequado em boas condições.	Remendo moderadamente danificado ou em condições inadequadas.	Remendo bem danificado ou em condições inadequadas, necessitando de reparo imediato.
Afundamento Plástico	Profundidade: 6 mm a 13 mm.	Profundidade: 13 mm a 25 mm.	Profundidade: > 25 mm.
Desgaste	Agregados e finos começam a se soltar.	Agregados começam a se soltar, havendo irregularidades superficiais.	Agregados e finos se soltam, com pequenas cavas de 10 cm de diâmetro e 13 mm de profundidade. Acima disso, deve-se quantificar como panelas.

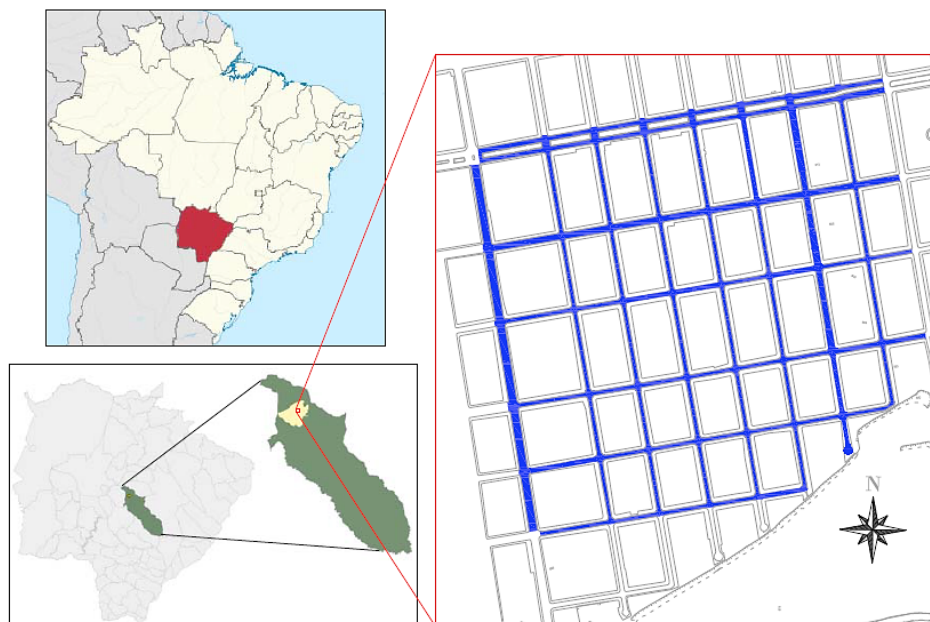
Fonte: Elaboração própria, adaptada de ASTM D-6433/07.

A parametrização normativa visa facilitar o levantamento dos dados primários, dirimindo a subjetividade do inspetor de campo.

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

A área-piloto escolhida para aplicação do Sistema de Gerência de Pavimentos nesta pesquisa foi o bairro Santa Fé, em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, MS, caracterizando-se por zona residencial adjacente à área central da cidade. A Figura 2, a seguir, detalha a localização da área-piloto.

Figura 2 – Mapa de localização da área-piloto



Fonte: Elaboração própria.

O cadastro do inventário da área-piloto é apresentado na Tabela 4, a seguir.

Tabela 4 – Cadastro do inventário da área-piloto

Trecho	Area (m ²)	Largura Média (m)	Sentido	Nº de Quadras
Av. Mato Grosso – sentido Bairro	5.893,60	7,60	Simple	8
Av. Mato Grosso – sentido Centro	6.244,87	7,80	Simple	8
R. Ceará	10.384,44	13,80	Duplo	5
R. da Paz	2.997,27	6,90	Simple	5
R. Piratininga	4.082,21	6,80	Simple	7
R. Manoel Inácio de Souza	4.644,33	6,90	Simple	8
R. Euclides da Cunha	4.944,42	7,30	Simple	8
R. Antônio Maria Coelho	7.227,30	10,90	Simple	8
R. José Gomes Domingues	4.044,03	6,90	Simple	5
R. João Akamine	4.074,30	6,90	Simple	5

Trecho	Area (m ²)	Largura Média (m)	Sentido	N° de Quadras
R. Frederico Soares	4.123,13	6,90	Simple	5
R. Zezé Flores	3.946,06	6,60	Simple	5
R. Hermelita de Oliveira Gomes	3.955,54	6,70	Simple	4
R. Nortelândia	5.152,78	9,00	Simple	4
R. Itiquira	3.249,36	6,80	Simple	4

Fonte: Elaboração própria.

Para a escolha da malha, foi utilizada como critério a presença de pelo menos três dos quatro principais tipos de vias urbanas, definidos pelo Código de Trânsito Brasileiro (1997), que são:

- Vias de trânsito rápido: velocidade máxima permitida de oitenta (80) quilômetros por hora;
- Vias artérias: velocidade máxima permitida de sessenta (60) quilômetros por hora;
- Vias coletoras: velocidade máxima permitida de quarenta (40) quilômetros por hora;
- Vias locais: velocidade máxima permitida de trinta (30) quilômetros por hora.

A seção de pavimento ensaiada para cada trecho possui área entre 225 m² e 315 m². Devido à dimensão da malha estudada, não haverá compensação de trecho ou análise parcial para correção de dados.

O modelo da planilha utilizada em campo foi o da Figura 3.

Figura 3 – Modelo de planilha utilizada em campo

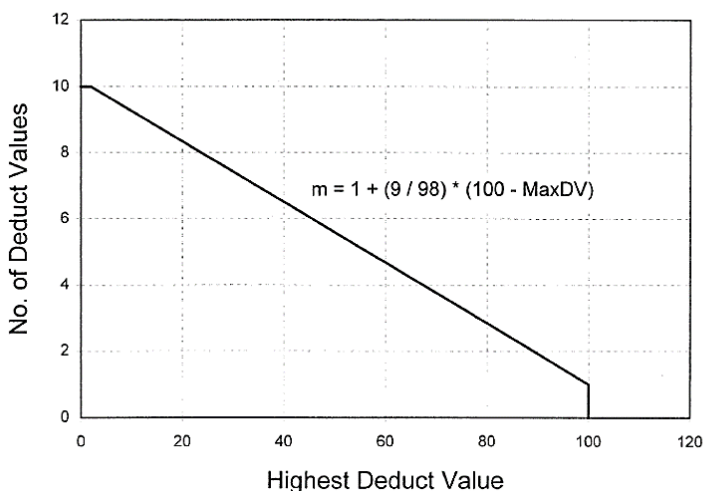
Planilha de Campo						
Avaliador: Rua:			Data:			
Área (m ²)	Seção	Defeito	Nível	Quantidade	Densidade	VD

Fonte: Elaboração própria.

Com a densidade de cada seção, foi possível determinar os Valores de Dedução (VD) de cada defeito conforme sua severidade. Para os VDs de uma mesma seção, em que nenhum ou apenas um dos valores foi maior que 2,0 (dois), foi adotado este valor como o Máximo Valor de Dedução Corrigido (VDC). Para os demais, foi realizada a correção conforme discorre a norma ASTM D-6433. A Figura 4, que segue, refere-se ao ajuste dos números de VD.

Figura 4 – Máximo valor de dedução corrigido

Adjustment of Number of Deduct Values



Fonte: ASTM D-6433/07.

Segundo a normatização, admite-se como valor máximo de 100 o PCI teórico de um pavimento em perfeita condição funcional e estrutural. Em seguida, é subtraído de 100 o VDC correspondente ao trecho, obtendo, assim, o PCI da seção analisada.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os trechos analisados foram divididos e enumerados em seções, de maneira crescente, no sentido do tráfego. De modo geral, constatou-se a

vasta utilização de medidas corretivas (remendos superficiais) sem critério técnico e generalizado para as diversas patologias de pavimento flexível.

Os pavimentos existentes, nas áreas desprovidas de remendos, possuem capacidades estruturais restritas à idade de sua implantação, sendo evidenciada a combinação dos diferentes tipos de trincas ao desgaste do revestimento.

Nos casos em que houve trincas por fadiga, o fenômeno está relacionado com a sucessiva sollicitação, muitas vezes em níveis de tensão inferiores àqueles de ruptura do pavimento, porém repetitivos, de forma a desenvolver lentamente alterações de sua estrutura interna, iniciando um processo de microfissuração progressiva, e assim culminar no desenvolvimento de fraturas e, conseqüentemente, no rompimento do material.

Essa descontinuidade transversal, gerada ao longo da extensão da fissura, implicou na perda de capacidade de deformação elástica e, portanto, perda de capacidade portante do material. Foram observadas algumas trincas longitudinais e transversais isoladas, devido à retração do pavimento.

Nos trechos com presença de deformação permanente, observou-se que, ao longo do dia, por conta do fluxo de sentido simples nas vias locais analisadas, havia concentração do tráfego nos horários de pico (no início da manhã e no final da tarde). Com essa concentração, o pavimento acaba sujeito não somente ao comportamento elastoplástico (deformação de natureza elástica e plástica), mas também ao comportamento viscoelástico, ou seja, deformações condicionadas ao tempo de aplicação de carga.

Os mecanismos de deformações plásticas dos materiais que compõem o pavimento estão relacionados à má compactação (redução de vazios), bem como ao escorregamento lateral do material, quando já não é possível a redução nos vazios sem alteração de volume. Dessa forma, esse tipo de processo é evidenciado em situações em que há baixa resistência das camadas inferiores (CBR) ou por canalização do fluxo de tráfego (como mostrado durante o estudo).

Foi observado também que as superfícies pavimentadas da área-piloto, de modo geral, possuem dificuldade para realizar o escoamento superficial das águas pluviais, devido ao excesso de remendos, desgastes e

afundamentos. Além disso, nota-se uma ineficiência dos equipamentos de microdrenagem urbana (sarjeta e bocas coletoras), predominantemente obstruídos e danificados.

A consequência da repetição desse cenário, somada à fragilidade do pavimento gerada pela grande quantidade de remendos, é saturar as camadas granulares do pavimento. Quando solicitada, buscando o alívio da pressão neutra na estrutura, a água é lançada em sentido ascendente. Durante esse processo, ocorre a contaminação das camadas superiores por finos das camadas adjacentes, bem como o surgimento de pequenos vazios nas camadas aliviadas.

Embora as camadas granulares apresentem um enorme atrito de contato (oriundo de sua compactação), o movimento ascensional da água carrega partículas finas de solo que se posicionam entre os grãos das camadas superiores, lubrificando o contato entre eles e diminuindo, assim, a resistência ao cisalhamento, bem como seu módulo resiliente. O resultado final é o afundamento na região solicitada, culminando no desenvolvimento de uma panela.

Foram observados desgastes nos revestimentos devido à oxidação dos asfaltos pelas intempéries, além da ação química de lubrificantes e combustíveis dos veículos.

A falta de hábito para realizar manutenções preventivas (como capa selantes) ocasionou amostras de agregados levemente polidos em algumas áreas isoladas da área de estudo, geralmente em cruzamento entre tráfegos de maior velocidade.

A Tabela 5, a seguir, resume os defeitos preponderantes observados dentro da área-piloto, bem como a respectiva proporção em relação à área total do estudo.

Tabela 5 – Detalhamento da presença das patologias na área-piloto

Resumo	
Patologia	%
Trinca transversal	0,04
Panela	0,37
Trinca por fadiga	0,56
Agregado polido	0,90
Deformação permanente	1,18
Trinca longitudinal	1,64
Desgaste por intemperismo	22,42
Remendo	72,89

Fonte: Elaboração própria.

A complexidade da análise da correlação das patologias com o índice de condição do pavimento se dá principalmente pela diferença da natureza de cada um dos defeitos, decorrente não somente das condições específicas da época de sua construção, mas também da severidade do defeito apresentado.

Os planos de amostragem para aceitação ou rejeição dos dados consistiram na escolha simplificada dos valores que não dispersassem (devido à não linearidade da distribuição dos defeitos) dos valores estimados pelo desvio gerado de cada seção amostral. Definidos os valores máximos e mínimos para as faixas de PCI, foram distribuídas as quantidades pertinentes para cada patologia, conforme a Tabela 6 abaixo.

Tabela 6 – Exemplo de distribuição dos defeitos para índices compreendido entre 10 e 25

PCI	Fadiga (%)	Long./Transv. (%)	Remendo (%)	Panela (%)	Desgaste (%)	Agregado Polido (%)	Deformação Permanente (%)
22	0,00	2,70	80,00	0,40	0,00	0,00	3,17
22	0,00	0,00	47,62	0,03	19,81	0,00	0,00
22	0,63	0,00	80,00	0,00	10,79	0,00	0,00
23	0,00	0,00	60,00	0,07	19,11	0,00	0,00

Fonte: Elaboração própria.

O intuito da distribuição dos defeitos por densidade (seja a área do defeito em relação à área total ou à extensão de uma trinca pela extensão de sua seção homogênea) é facilitar a identificação das patologias responsáveis pelo decréscimo do PCI.

Por se tratar de um trabalho sem precedentes na área estudada, não foi possível traçar curvas de desempenho das seções amostradas, que dependem necessariamente de memória técnica.

O resumo da densidade das patologias, conforme cada faixa de PCI médio, encontra-se na Tabela 7.

Tabela 7 – Resumo da densidade das patologias conforme cada faixa de PCI médio

PCI	Fadiga (%)	Long./Transv. (%)	Remendo (%)	Panela (%)	Desgaste (%)	Agregado Polido (%)	Deformação Permanente (%)
95	0,00	4,79	0,21	0,00	1,52	0,00	0,00
74	0,38	0,50	16,59	0,07	2,81	2,19	2,70
66	0,85	1,98	21,81	0,33	3,67	0,00	1,83
52	0,88	1,81	39,53	0,21	23,03	1,59	1,69
37	0,11	0,36	69,35	0,35	21,61	2,55	0,25
23	0,37	1,59	77,67	0,25	18,67	0,00	1,87

Fonte: Elaboração própria.

Conforme apresentado na Tabela 7, fica evidente que os índices dos pavimentos decaem com a presença excessiva de remendos. Não obstante, os desgastes evidenciam a ausência da manutenção preventiva. Por fim, os pavimentos de menores índices de condição apresentam um decréscimo dos defeitos painelas e desgastes, decorrente da orientação da metodologia do PCI, em que os defeitos sobre remendos não são contabilizados, impactando somente os valores das severidades destes.

Embora a densidade de painelas e desgastes reflita acentuadamente nos valores de dedução do PCI, foi observado maior impacto dos remendos na capacidade operacional dos pavimentos. Nesse momento, é válido lembrar que a correção dos valores de dedução para obter o PCI também está subordinada ao volume de defeitos de uma mesma seção amostral,

tornando verdadeiras as comparações, mesmo que existam diversos fatores não abordados no estudo, como as curvas de desempenho do pavimento, análise das bacias de deflexão, entre outros.

Foi desenvolvida uma escala de PCI, adaptada da norma ASTM D-6433, que buscou indicar de maneira inteligível o comportamento das seções da área-piloto, conforme a Figura 6.

Os entroncamentos das ruas nas esquinas foram simplificados, com finalidade prática, na metodologia empregada.

A proposta de gerência de pavimentos foi dividida em três níveis de intervenções:

- Intervenção paliativa: com a função de evitar que a exposição do pavimento à falta de manutenção eleve ainda mais os custos para a sua futura recuperação. É caracterizada pelos serviços de tapa-buraco (média de custo entre remendo superficial e profundo);
- Intervenção recuperativa: que busca retornar índices funcionais para o pavimento, através da combinação de medidas paliativas obrigatórias, seguidas da restauração, conforme a individualidade de cada seção. As medidas recuperativas subdividem-se em microrrevestimento a frio, tratamento superficial e concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ);
- Reconstrução: através de um dimensionamento simplificado, remove o pavimento existente e executa um novo corpo estradal para suportar as futuras solicitações. Para a reconstrução, adotou-se revestimento de 4,0 (quatro) centímetros de CBUQ e 18 (dezoito) centímetros de base de brita graduada (brita comercial). Não existe premissa obrigatória para tal solução, o intuito é apenas desenvolver valores financeiros com o potencial comparativo de uma reconstrução propriamente dita.

Para a composição das intervenções, foi utilizado o Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO), cujos valores correspondem especificamente ao Estado de Mato Grosso do Sul (data-base: maio/2018) e estavam vigentes até a data da realização do estudo. Para realização do custo comparativo dos serviços, dispensou-se o transporte local, contabilizando apenas a aquisição e o transporte dos materiais asfálticos. O reflexo dessa dispensa é irrelevante para a ótica do estudo.

Concatenando as intervenções e as condições atuais da área-piloto, foi possível desenvolver, conforme a Tabela 8, uma matriz representativa dos valores para cada tomada de decisão do gestor e/ou administrador viário municipal, com o custo por unidade de área recuperada.

Tabela 8 – Matriz de intervenções por PCI: Gerência de Pavimentos

PCI	Intervenção Paliativa (\$/m ²)	Intervenção Recuperativa (\$/m ²)			Reconstrução (\$/m ²)
		MRAF	TSD – 2,5 cm	CBUQ – 4,0 cm	
100-85	5.52	-	-	-	-
85-70	29.49	8.44	10.68	-	-
70-55	24.17	8.44	10.68	29.64	-
55-40	99.22	-	10.68	29.64	41.64
40-25	-	-	-	-	41.64
25-10	-	-	-	-	41.64

Fonte: Elaboração própria.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma das principais dificuldades da pavimentação urbana é a não elaboração de um plano de atuação que permita apontar os problemas existentes e encaminhar soluções adequadas às necessidades estruturais do pavimento. Esse encaminhamento muitas vezes se dá de maneira equivocada, na sede por soluções imediatistas, custando caro para a administração e sem serventia adequada aos usuários.

Após os levantamentos das condições atuais dos pavimentos, observou-se o comportamento quase linear da degradação diante da presença abundante dos remendos, que condizem com capacidades limitadas de suporte. Dessa forma, o desempenho do PCI foi conduzido pela presença principalmente de remendos e desgastes.

Com a divisão dos trechos homogêneos e a aplicação das três soluções de intervenções, é possível definir um horizonte de projeto baseado na alçada orçamentária da administração pública. É importante expor o comportamento exponencial dos custos das intervenções paliativas que poderiam estar sendo destinados a intervenções de caráter recuperativo, proporcionando pequenas assíntotas nas curvas de desempenho dos pavimentos, prolongando, assim, sua vida útil.

Mesmo utilizando apenas um levantamento de condições estruturais, os valores obtidos foram trabalhados e convergiram em dados analíticos pertinentes à realidade da malha das vias urbanas de Campo Grande, MS.

Embora, infelizmente, ainda exista resistência cultural dos engenheiros ao uso do Sistema de Gerência de Pavimentos, ele possui uma dinâmica prática e eficaz, justificada pelo seu emprego nos países mais desenvolvidos.

Buscando aperfeiçoamento da técnica utilizada, melhor aplicabilidade das análises dos dados e comparações estatísticas mais precisas, futuros diagnósticos dos pavimentos de Campo Grande poderiam contribuir para o desenvolvimento de séries históricas das vias urbanas, possibilitando desenvolver suas respectivas curvas de desempenho.

Salienta-se, ainda, que a relação dos dados com as soluções se refina de maneira iterativa: quanto mais dados alimentarem o Sistema de Gerência de Pavimentos, mais precisas e realistas serão as propostas e soluções de intervenção.

REFERÊNCIAS

ASTM INTERNATIONAL. *Standard practice for roads and parking lots pavement condition index surveys*. D-6433-07. USA: American Society for Testing and Materials, 2007.

SHAHIN, M. Y.; KHON, S. D. *Development of a pavement condition rating procedure for roads, streets and parking lots*. Distress Identification Manual. CERL-TR-M-268. U.S. Army, 1979. v. 1; 2.