

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS E POWER BI COMO FERRAMENTAS EM UM SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM AND POWER BI AS TOOLS IN AN URBAN PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEM

ANA BEATRIZ FIDELIX BORGES¹, LUANA MESQUITA PEREIRA², JESNER SERENI ILDEFONSO³,
DANILO RINALDI BISCONSINI⁴, JORGE BRAULIO COSSIO DURÀN⁵, FÁBIO ZANCHETTA^{6*}

1. Engenheira Civil - Universidade de Brasília - UnB; 2. Estudante de Engenharia Civil - Universidade de Brasília - UnB; 3. Professor Doutor, Infraestrutura de Transportes, Universidade Estadual de Maringá - UEM; 4. Professor Doutor, Infraestrutura de Transportes, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR; 5. Doutor em Infraestrutura de Transporte e Gerente de Pavimentos em Maricopa/AZ/EUA; 6. Professor Doutor, Infraestrutura de Transportes, Universidade de Brasília - UnB.

* Programa de Pós-Graduação em Transportes - PPGT - Anexo SG-12, Térreo Campus Universitário Darcy Ribeiro Universidade de Brasília – UNB, Brasil. CEP: 70.910-900. fabio.zanchetta@unb.br

Recebido em 13/02/2026. Aceito para publicação em 07/03/2026

RESUMO

Vias pavimentadas sofrem deterioração com o tempo devido ao tráfego intenso e às condições climáticas, o que exige manutenções regulares para que sua vida útil se prolongue. O Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU) auxilia nesse processo ao monitorar, avaliar e prever as condições das vias, o que possibilita decisões bem-informadas para intervenções preventivas e corretivas que otimizam os recursos públicos. Ferramentas como o Power BI transformam dados brutos em *dashboards* interativos, que permite visualizar defeitos, custos e orçamentos, para a melhor alocação de recursos e a manutenção estratégica da malha urbana. Avaliações com o Índice de Condição do Pavimento (ICP) orientam as necessidades e indicam intervenções eficazes e econômicas ao longo do tempo.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos; Modelo de desempenho; Análise econômica; Power BI.

ABSTRACT

Paved roads deteriorate over time due to heavy traffic and weather conditions, requiring regular maintenance to extend their lifespan. The Urban Pavement Management System (UPMS) assists in this process by monitoring, evaluating, and forecasting road conditions, enabling informed decisions for preventive and corrective interventions that optimize public resources. Tools like Power BI transform raw data into interactive *dashboards*, allowing for the visualization of defects, costs, and budgets for the best resource allocation and strategic maintenance of the urban network. Assessments using the Pavement Condition Index (PCI) guide and indicate effective and economical interventions over time.

KEYWORDS: Urban Pavement Management System; Performance Model; Economic Analysis; Power BI.

1. INTRODUÇÃO

As vias pavimentadas se deterioram principalmente pela ação constante do tráfego, que submete o pavimento a cargas repetidas, provocando deformações plásticas e fadiga das camadas, e pelas intempéries, como chuvas e variações de temperatura¹. A capacidade da via de servir aos usuários, oferecendo viagens seguras, confortáveis e econômicas, diminui com o tempo, exigindo manutenções e reabilitações periódicas. Em países em desenvolvimento, a insuficiência de manutenção agrava a deterioração das vias, onde as altas cargas de tráfego frequentemente excedem os limites e há deficiências inerentes no projeto e na execução das obras².

O envelhecimento dos pavimentos é inevitável, mas estratégias de manutenção e uma boa gerência podem prolongar a vida útil das vias. Mediante isto, o Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU) é uma alternativa importante para o monitoramento, avaliação e execução de manutenções preventivas e corretivas de pavimentos urbanos. O sistema envolve métodos e ferramentas que ajudam na tomada de decisão sobre quando e como intervir em uma via para mantê-la em boas condições e com o menor custo ao longo de sua vida útil³. Estudos de implementação mostram que a priorização de manutenção preventiva e o emprego de ferramentas de otimização trazem economias significativas e melhor aproveitamento orçamentário^{4,5}.

Com a implementação e uso continuado de um SGPU, são coletados dados da condição atual da malha pavimentada e, a partir de séries históricas de vários ciclos de avaliações ao longo dos anos, é possível obter um modelo matemático para a previsão da condição futura das vias, chamado Modelo de Previsão de Desempenho. Assim, é possível prever as necessidades orçamentárias no curto, médio e longo prazos, auxiliando o planejamento dos órgãos responsáveis pela compatibilização de demandas e orçamento disponível⁶.

Para que todas essas etapas sejam realizadas, é necessário definir um método de avaliação de campo, um modelo de desempenho do pavimento urbano e uma planilha para o controle e acompanhamento das necessidades orçamentárias.

Para tomar decisões eficazes sobre a manutenção e reabilitação de vias, é fundamental visualizar os dados de forma clara e intuitiva. Ferramentas como o *Power Business Intelligence* (Power BI) transformam dados brutos em painéis interativos, o que permite aos gestores identificar rapidamente o estado das vias, os tipos de defeitos mais comuns, os custos envolvidos em cada intervenção e a evolução das condições ao longo do tempo. De modo semelhante, estudos como os de Wang e Smadi (2011)⁷ e Wang et al. (2020)⁶ destacam a importância de sistemas computacionais e bancos de dados integrados para coleta e interpretação de informações, reforçando a necessidade de métodos visuais e automatizados para aprimorar o processo de tomada de decisão em sistemas de gestão de pavimentos urbanos.

Esta pesquisa tem como objetivo apresentar os tipos de defeitos encontrados na superfície dos pavimentos flexíveis, bem como as intervenções de manutenção e reabilitação a serem aplicadas, os custos relacionados a cada tipo de intervenção necessária para cada segmento de pista e a análise mediante o valor de orçamento disponível em comparação com a necessidade orçamentária dos dados coletados, assistida pela ferramenta Power BI.

Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos – SGPU

Um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) tem como objetivo aumentar a eficiência na tomada de decisão, ampliar o seu alcance, possibilitar a retroalimentação de dados e garantir a consistência das decisões tomadas em diferentes níveis da organização⁸. Além disso, esses sistemas permitem a priorização de intervenções, a otimização de recursos e o planejamento de manutenção ao longo do ciclo de vida dos pavimentos. Embora os SGP's tenham sido desenvolvidos inicialmente para rodovias, ajustes podem ser aplicados a pavimentos urbanos, servindo como base para a implementação de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos (SGPU)^{9,10}.

As etapas para implementar um SGP incluem:

- Inventário: coleta e organização de informações detalhadas sobre o pavimento.
- Avaliação das condições do pavimento: análise de parâmetros que determinam o Índice de Condição do Pavimento (ICP), que pode ser avaliado de forma objetiva ou subjetiva, indicando a necessidade de manutenção ou reabilitação.
- Modelagem de desempenho: previsão do comportamento do pavimento ao longo do tempo.
- Planejamento de manutenção e reabilitação: definição das ações necessárias para a manutenção e reabilitação do pavimento.
- Análise econômica: busca pela melhor relação

custo-benefício para a implementação das ações planejadas.

Avaliação da Condição do Pavimento

Após a elaboração do inventário da malha viária, com dados de localização das vias (coordenadas para utilizar um Sistema de Informações Geográficas – SIG), tipo de pavimento, volume de tráfego, clima, drenagem das vias e demais atributos necessários e disponíveis, parte-se, então, para a avaliação da condição do pavimento.

A avaliação da condição das vias é uma etapa crucial em um SGP. Segundo Haas, Hudson e Zaniewski (1994)¹¹, a condição funcional de um pavimento reflete sua capacidade de servir os usuários. Um dos principais métodos para essa avaliação é o *Pavement Condition Index (PCI)*, desenvolvido por Shahin e Kohn (1979)¹² e formalizado na norma ASTM D 6433¹³, que fornece uma base objetiva para avaliar a condição do pavimento por meio de defeitos visíveis na superfície, refletindo também sua integridade estrutural e operacional. O monitoramento contínuo do *PCI* permite identificar de forma objetiva as necessidades de reparo e possibilita a detecção antecipada de intervenções de reabilitação.

De acordo com Shahin (1994)¹⁴, o nível de deterioração de um pavimento depende do tipo de defeito, da severidade e da extensão, sendo estes considerados dentro da planilha de avaliação. Nesse método, os pavimentos são divididos em segmentos específicos e o avaliador registra os defeitos em planilhas apropriadas, fornecendo a base para classificar cada segmento em uma escala de 0 a 100.

Segundo Fernandes Jr., Guerini e Oda (2018)¹⁵, o valor do *PCI* é obtido através da equação 1.

$$PCI = 100 - \sum_i \sum_j D_{ij} \times f_{ij} \quad (1)$$

Onde:

D_{ij} representa a extensão;

f_{ij} representa o fator de ponderação do defeito (i) com o nível de severidade (j).

Segundo Tavakoli (1992)¹⁶, a relação entre o valor de *PCI* e a estratégia de M&R recomendada é apresentada na tabela 1.

Tabela 1. Estratégia de M&R de acordo com o *PCI*.

PCI	Considerações	M&R
96 - 100	Nenhum defeito	Nada a fazer
76 - 95	Nenhuma	Manutenção de rotina
61 - 75	Poucos defeitos na superfície do pavimento	Manutenção de rotina ou preventiva
	Apenas defeitos superficiais	Manutenção preventiva
51 - 60	Defeitos distribuídos uniformemente	Ação postergada
	Apenas defeitos estruturais	Reabilitação
41 - 50	Relativamente suave Irregular	Ação postergada Reabilitação
26 - 40	Suave a irregular	Reabilitação
	Muito irregular	Reconstrução
0 - 25	Nenhuma	Reconstrução

Fonte: Tavakoli, 1992¹⁶.

Atividades de Manutenção e Reabilitação

As atividades de manutenção e reabilitação (M&R), em sua maioria, consistem na adição de camadas à estrutura do pavimento, visando melhorar seu desempenho, aumentar a qualidade da via e prolongar sua vida útil. Essas ações podem englobar melhorias estruturais ou funcionais. Segundo Hansen (2008)¹⁷, as intervenções de manutenção são essenciais para aumentar a serventia do pavimento, prevenindo a deterioração precoce, preservando sua vida útil e reduzindo a gravidade dos defeitos.

Conforme Fernandes Jr., Oda e Zerbin (2006)¹⁸, as ações de manutenção e reabilitação, também conhecidas como intervenções, incluem:

- **Manutenção Corretiva:** indicada para vias em boas condições, as ações incluem remendos superficiais, reparos localizados e impermeabilização de trincas.
- **Manutenção Preventiva:** tem como objetivo conter a deterioração em seu estágio inicial, podendo envolver rejuvenescimento da capa asfáltica e recapamentos delgados.
- **Ação Postergada:** envolve a execução de remendos e é indicada para seções que já passaram do ponto em que a manutenção preventiva seria eficaz, mas ainda não requerem reabilitação.
- **Reforço:** refere-se ao recapamento estrutural, que consiste na construção de uma ou mais camadas asfálticas sobre o pavimento existente. Devido ao seu alto custo unitário, essa ação deve ser objeto de estudos de priorização.
- **Reconstrução:** inclui a remoção e substituição de toda a estrutura do pavimento, e também deve ser analisada quanto à sua priorização.

Em estudo realizado no município de São Carlos, interior do Estado de São Paulo, Zanchetta (2017)⁹ determinou as estratégias de manutenção e reabilitação mais adequadas para cada segmento de pista ao analisar o Índice de Condição do Pavimento (ICP) objetivo de cada trecho. Com base nos valores do ICP, conforme apresentados na tabela 2, estabeleceu-se uma relação entre esse índice e atividades de M&R.

Tabela 2. Valores médios de ICP para cada M&R

M&R	NF	MP	MC	RF
ICP Objetivo Médio	93	89	84	73
ICP Objetivo de transição	91	87	78	

Fonte: Zanchetta, 2017⁹.

A implantação de um SGP é uma alternativa para facilitar a decisão sobre a atividade de M&R mais eficaz, otimizando recursos financeiros. O SGP abrange um inventário de infraestrutura, inclusão de métodos avaliação da condição existente e previsão da condição futura, bem como a determinação dos recursos necessários para a manutenção da rede em um nível aceitável, identificando os trabalhos necessários, priorizando os projetos e otimizando os gastos com as atividades de M&R. Intervenções adequadas prolongam

a vida útil do pavimento, enquanto sua ausência diminui a serventia e eleva os custos, conforme ilustrado na Figura 1.

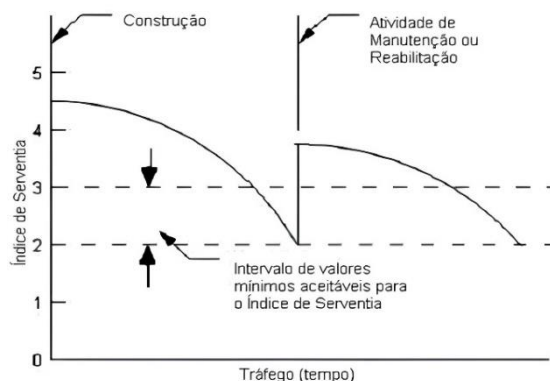


Figura 1. Serventia e desempenho **Fonte:** Haas, Hudson e Zaniewski, 1994¹¹

Método de Priorização

Os recursos financeiros são um fator limitante durante a aplicação das atividades de manutenção e reabilitação, por isso há a necessidade de definir, por meio de estudos, a ordem na qual os trechos devem receber intervenção. Modelos multiatributo e algoritmos de otimização podem ser empregados para equilibrar as prioridades da rede com o orçamento disponível (Meneses e Ferreira, 2015)³.

Segundo Tavakoli (1992)¹⁶, o modelo de priorização cataloga a condição atual dos pavimentos, verifica a sua taxa deterioração e revisa as possíveis M&Rs para avaliar os custos dos reparos. Sendo assim, para a obtenção da ordem de prioridades, é necessário obter o Índice de Prioridade (IP), obtido através da equação 2.

$$PI = \frac{1}{PCI} \times TF \times FC \times TR \times MF \quad (2)$$

Onde:

- PI representa o índice de prioridade,
- PCI representa o índice de condição do pavimento,
- TF representa o fator de tráfego,
- FC representa o fator de classificação funcional,
- TR representa o fator de rota e
- MF representa o fator de manutenção.

O fator de tráfego (TF) varia de 10 a 100, de acordo com o Volume Diário Médio (VDM) de veículos, conforme a tabela 3.

Tabela 3. Fator de tráfego de acordo com o Volume Diário Médio

TF	VDM
10	0 - 99
20	100 - 499
30	500 - 999
40	1000 - 1999
50	2000 - 4999
100	>5000

Fonte: Tavakoli, 1992¹⁶.

O fator de classe (FC) varia de acordo com a classificação funcional da via, conforme a Tabela 4.

Tabela 4. Fator de classe de acordo com a classificação funcional

FC	Classe Funcional
1,0	Local
1,1	Coletora
1,2	Arterial

Fonte: Tavakoli, 1992¹⁶.

O tipo de rota (TR) é igual a 1,1 em trechos de vias onde há fluxo de ônibus escolar e 1,0 nos demais. O fator de manutenção (MF) é obtido segundo a equação 3.

$$MF = \frac{1 + \text{índice de manutenção}}{10} \quad (3)$$

O fator de manutenção varia de 0 a 5, conforme a estratégia de M&R adotada. Um valor de 0 indica que a intervenção escolhida requer pouco ou nenhum investimento, enquanto um valor de 5 representa o custo máximo de manutenção.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados desta pesquisa foram coletados em uma amostra de 225 segmentos de pista, no município de Valparaíso de Goiás/GO, nos anos de 2019, 2021 e 2022.

Esta pesquisa fez parte de um projeto com financiamento, cujo título é “Contribuição ao desenvolvimento de metodologia visando à implantação de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos – SGPU em cidades brasileiras”, vinculado ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo de número 439506/2018-2 e chamada MCTIC/CNPq N° 28/2018 – Universal/Faixa A, com vigência de 2019 até 2023, coordenado por um dos autores deste artigo.

A ferramenta Power BI viabiliza a transformação de dados brutos em informações compreensíveis e visualizações analíticas por meio de relatórios e *dashboards* dinâmicos. Ela permite a análise e o compartilhamento de dados em tempo real, ajudando em tomadas de decisões estratégicas.

Com o intuito de servir os municípios, os *dashboards* em Power BI foram desenvolvidos para auxiliar na tomada de decisões relativas à manutenção de pavimentos urbanos. Através de uma visualização clara e dinâmica, os gestores podem utilizar a plataforma para realizar uma melhor alocação de recursos.

Para o desenvolvimento dos *dashboards*, foram utilizados os dados de inventário disponíveis, aplicando-se métodos de avaliação de pavimentos e de priorização. Os *dashboards* apresentam o conceito Sistema de Gerência de Pavimentos, os tipos de defeitos encontrados na superfície dos pavimentos flexíveis em uma amostra de vias pavimentadas, as intervenções de

manutenção e reabilitação, os custos relacionados a cada tipo de intervenção e o valor total para a amostra de 225 segmentos, a análise de cenários mediante o valor orçamentário disponível e a localização através de mapas com o uso de geotecnologias. Na Figura 2 está apresentada a ordem das informações.

Os dados foram extraídos do programa computacional Sispav-U/UnB, desenvolvido por Alarcão (2023)¹⁹, com registro de software no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) n° BR512023003194-1. Após a extração dos dados, estes foram organizados em tabelas-base, divididas por temas, como: base do segmento, base da condição do pavimento, base de custos, base de defeitos, base de localização, entre outras.

Em seguida, os dados foram trabalhados na ferramenta Power BI. Através da função *Power Query* as planilhas foram inseridas, realizou-se o processo de modelagem de dados, onde definiu como as diferentes tabelas estão conectadas através de relacionamentos. Foram ajustados os tipos de dados e criadas chaves de ligação entre tabelas de segmentos, custos e defeitos, garantindo que as informações pudessem ser cruzadas corretamente.

Com as relações estabelecidas no processo de modelagem de dados, deu-se o início da criação dos *dashboards* interativos. Nesses painéis, os dados brutos são organizados e apresentados de maneira visualmente atraente e compreensível, transformando-se em informações estratégicas. Este formato fornece uma visão clara e imediata dos indicadores mais importantes, permitindo aos gestores identificar rapidamente o estado das vias e otimizar a tomada de decisões.

Em cada *dashboard* foram escolhidos os tipos de visualizadores que melhor representariam os dados daquela página, como gráfico de barras, mapas e textos. Também foram implantados filtros e segmentações para permitir que o usuário explore os dados de diferentes perspectivas. As configurações de design e layout foram criadas, permitindo o posicionamento de forma organizada e intuitiva, para que os usuários possam entender rapidamente as informações e após realizou-se a configuração de interatividade permitindo que os visuais fiquem interativos, onde ao clicar o usuário pode filtrar automaticamente e navegar para outras opções do menu.

Após finalizado, o material foi publicado no Power BI Service, garantindo que gestores e técnicos pudessem acessar os *dashboards*, acompanhar atualizações em tempo real e apoiar decisões estratégicas de manutenção e alocação de recursos.

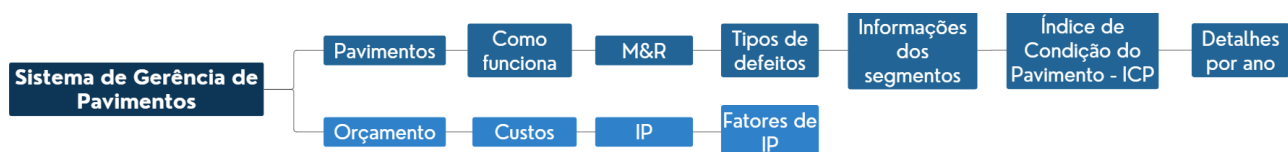


Figura 2. Ordem dos dados apresentados na plataforma. **Fonte:** Os Autores

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a criação dos *dashboards*, foram utilizados dados de avaliações de vias urbanas coletados em 2019, 2021 e 2022 no município de Valparaíso de Goiás – GO. A seguir, são apresentados os painéis elaborados a partir dessas informações.

Ao iniciar, o usuário encontra a tela inicial, conforme a Figura 3. A seta à direita leva o usuário a um menu com opções Pavimentos e Orçamentos, acessadas por botões, como na Figura 4.



Figura 3. Tela inicial. Fonte: Os Autores



Figura 4. Tela do menu principal. Fonte: Os Autores

Para instruir o usuário, foram adicionados em cada *dashboard* botões que retornam ao menu principal, à página anterior e à página seguinte. Clicando no botão desejado, o usuário é automaticamente direcionado para o seu respectivo *dashboards*.

Clicando no menu "Pavimentos", o usuário é levado ao menu de informações, no qual pode escolher qual *dashboard* deseja seguir, conforme apresentado na Figura 5.

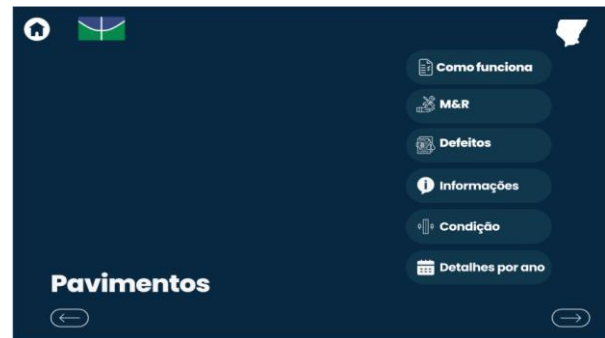


Figura 5. Menu Pavimentos. Fonte: Os Autores

A escolha da opção "Como funciona" conduz a um *dashboard* explicativo, detalhando o fluxo de trabalho do Sistema de Gerência de Pavimentos. O processo é ilustrado por um formulário de coleta de dados de campo, dividido em duas etapas: o "Inventário e Avaliação da condição do pavimento" e a "Quantificação dos defeitos". Estes dados de campo são a base para o cálculo do Índice de Condição do Pavimento (ICP), sendo o formulário de coleta visualmente representado no *dashboard*, conforme ilustrado na Figura 6.

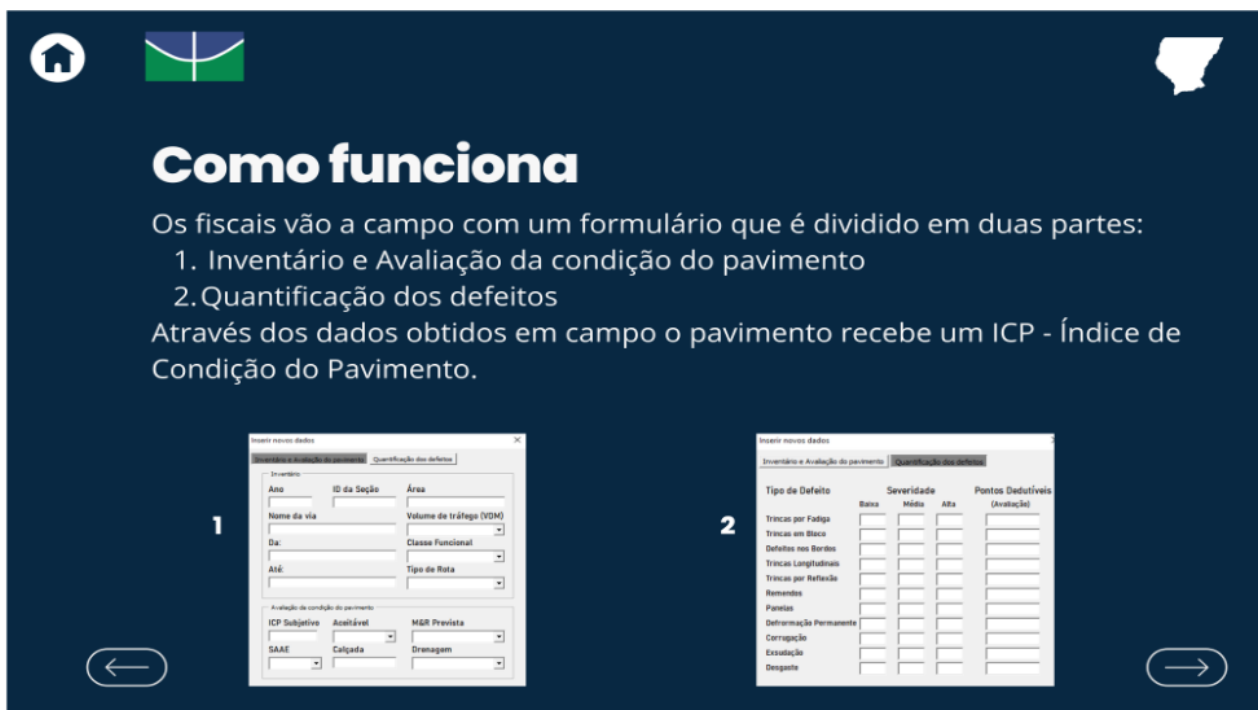


Figura 6. Dashboards sobre como funciona o processo de inventário. Fonte: Os Autores

Prosseguindo na navegação do menu "Pavimentos", o usuário é direcionado ao *dashboard* de Manutenção e Reabilitação (M&R). Conforme apresentado na Figura 7, esta tela estabelece a relação direta entre o valor do Índice de Condição do Pavimento (ICP) e a ação de M&R recomendada, com base em faixas de ICP específicas que indicam se a intervenção deve ser "Nada a Fazer" (NF), "Manutenção Preventiva" (MP), "Manutenção Corretiva" (MC), "Reforço Estrutural" (RF) ou "Reconstrução" (RC).

(RF) ou "Reconstrução" (RC).

Pode-se observar, também, no *dashboard*, os tipos de defeitos, nos quais são apresentados ao usuário os tipos de defeitos que podem ser encontrados nos segmentos de pista. Ao selecionar um defeito específico, no menu interativo, o sistema exibe informações detalhadas sobre suas características e uma imagem representativa, conforme ilustrado na Figura 8.

M&R	Descrição	ICP
NF	Nada a fazer	> 91
MP	Manutenção Preventiva	87 - 91
MC	Manutenção Corretiva	78 - 86
RF	Reforço Estrutural	77 - 68
RC	Reconstrução	<68

Fonte: Zanchetta, 2017

Figura 7. Relação entre ICP e a M&R recomendada. Fonte: Os Autores

Tipos de Defeitos

Defeitos
Painéis

Segmentos de Pista
225

Imagem

Características

São buracos resultantes de desintegração localizada, sob a ação do tráfego e em presença de água. A Fragmentação é causada por trincas por fadiga ou desgaste, levando à remoção localizada de partes do revestimento.

Fonte: Folha da Mata

Figura 8. Tipos de defeitos. Fonte: Os Autores

No próximo *dashboard* sobre as informações dos segmentos analisados, o usuário pode escolher o segmento de interesse na aba de ID do pavimento. O sistema apresenta um conjunto de dados detalhados para o segmento selecionado, incluindo sua localização geográfica, a área, a classe funcional e o volume de tráfego, bem como outras informações pertinentes, conforme ilustrado na Figura 9.

A próxima seção do *dashboard*, focada no

desempenho do pavimento, permite ao usuário analisar a evolução da condição do pavimento do segmento ao longo do tempo. Nesta seção, o usuário visualiza o valor ICP por ano e a respectiva M&R indicada. O monitoramento da deterioração de cada segmento ao longo dos anos auxilia diretamente na tomada de decisões estratégicas sobre intervenções futuras. Este *dashboard* é ilustrado na Figura 10.



Figura 9. Informações dos segmentos de pista. Fonte: Os Autores

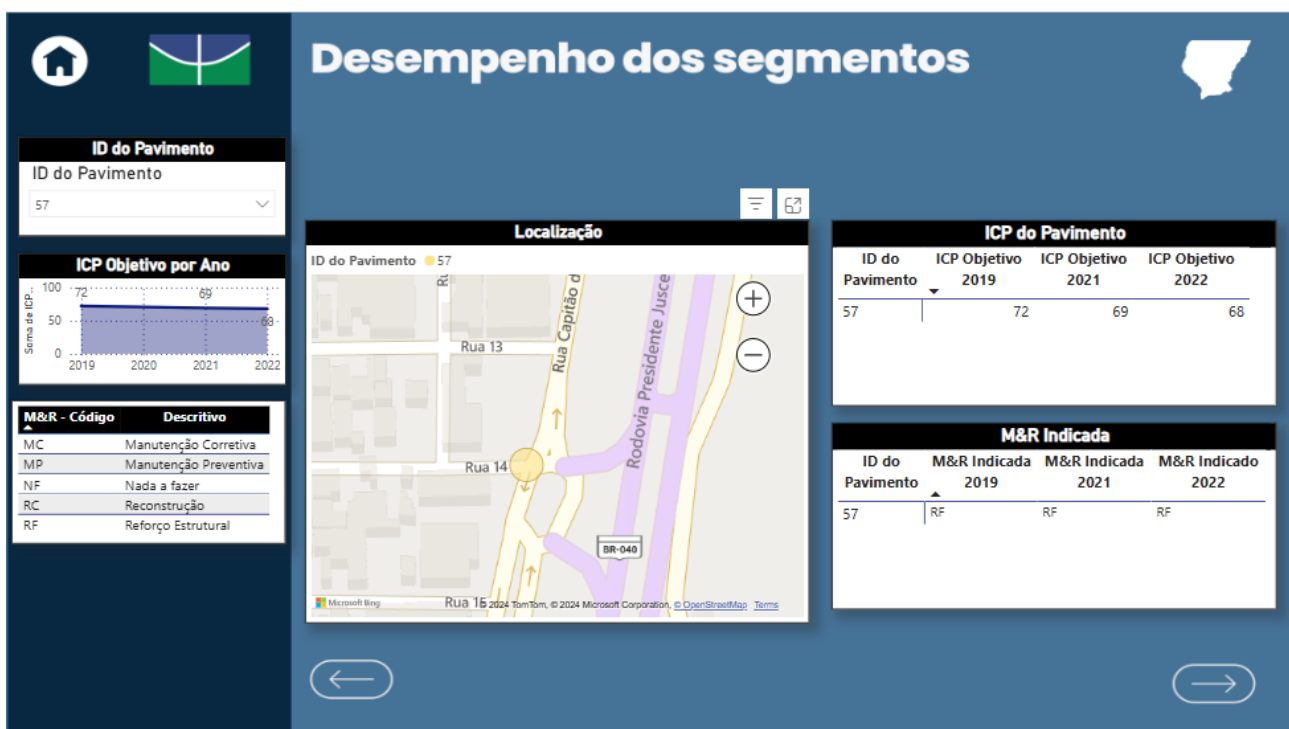


Figura 10. Desempenho dos segmentos. Fonte: Os Autores

O último *dashboard*, da área de pavimentos, apresenta os detalhes por ano de cada segmento. Neste *dashboard*, o usuário pode ver todos os segmentos ao mesmo tempo e observar, por meio do gráfico disponível

à direita, a porcentagem da quantidade de pavimentos por M&R indicada. Por meio dele, é possível perceber qual é o estado da malha viária do município, conforme a Figura 11.



Figura 11. Detalhes por ano. Fonte: Os Autores

Ao acessar o *dashboard* de orçamento, o usuário é levado ao menu no qual pode escolher qual *dashboard* deseja seguir, conforme apresentado na Figura 12.

Seguindo para o *dashboard* de custos (Figura 13), o usuário pode visualizar o custo de cada M&R por m², qual foi a M&R indicada ao longo dos anos, o custo total, referente ao valor necessário para a realização da M&R de todos os segmentos de pista, e o custo necessário por segmento de pista em cada ano.

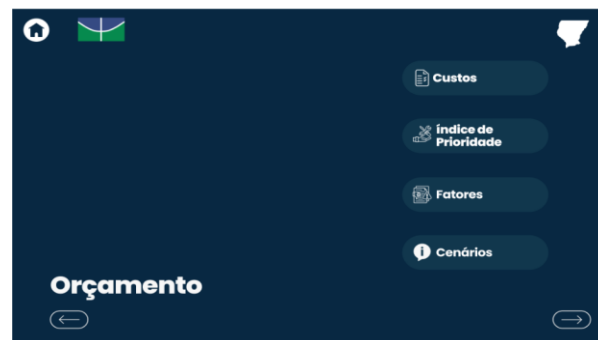


Figura 12. Menu orçamento. Fonte: Os Autores

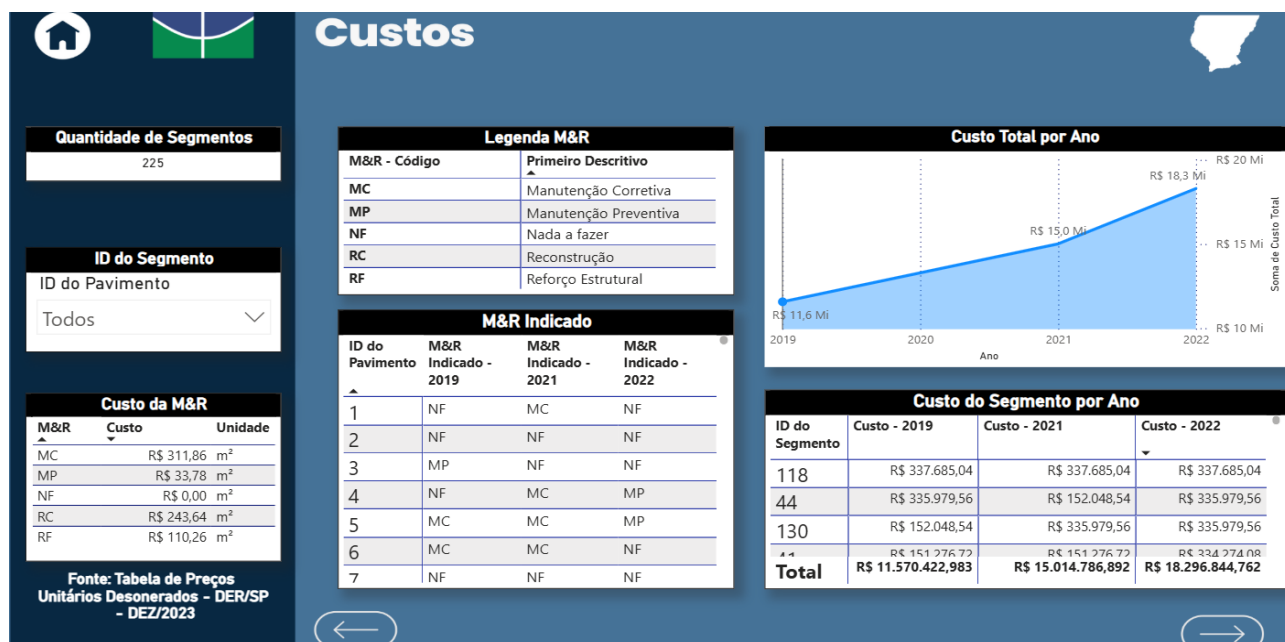


Figura 13. Custos. Fonte: Os Autores

Conforme ilustrado na Figura 14, encontra-se o Índice de Prioridade (IP). Este painel é fundamental, pois permite ao usuário visualizar o método escolhido para definir a ordem de atendimento dos segmentos de pista. Neste estudo, adotou-se o método Tavakoli, sendo a fórmula de cálculo do IP apresentada em *dashboards*.

Complementando esta informação, o *dashboard*

subsequente detalha os valores e as faixas de variação de cada um dos fatores que compõem a fórmula do IP, apresentando as diferentes classificações de tráfego, classe funcional e manutenção. Este detalhamento é crucial para a compreensão da metodologia de priorização. O *dashboard* com os fatores é ilustrado na Figura 15.

Índice de Prioridade

O índice é utilizado para definir a ordem de atendimento dos segmentos.

Neste estudo foi utilizado o método **Tavakoli**, obtido pela fórmula abaixo:

$$IP = (1/ICP) \times FT \times FC \times TR \times MF$$

Onde:
 IP é o índice de prioridade,
 ICP é o índice de condição do pavimento,
 FT é o fator de tráfego
 FC é o fator de classe funcional,
 TR é o fator de rota e
 MF é o fator de manutenção.

Figura 14. Índice de Prioridade. Fonte: Os Autores

Índice de Prioridade

Os fatores aplicados são os seguintes:

SIGLA	DEFINIÇÃO	VARIAÇÃO	VALOR INDICADO	
ICP	Índice de Condição do Pavimento	0 - 100	Determinado a partir do modelo de previsão	
FT	Fator de Tráfego	10 -100	20	Local
			30	Coletora
			50	Arterial
FC	Fator de Classe Funcional	1,0 - 1,2	1,0	Local
			1,1	Coletora
			1,2	Arterial
TR	Rota de Ônibus	1,0	1,0	Todas
MF	Fator de Manutenção	1,0 - 1,5	1	NF
			1,1	MP
			1,2	MC
			1,4	RF
			1,5	RC

Figura 15. Fatores do índice de prioridade. Fonte: Os Autores

Para finalizar a área de orçamentos, o *dashboard* de Análise de Cenários permite ao usuário simular a alocação de recursos. O painel visualiza quais

segmentos receberiam intervenção a partir de um valor financeiro estipulado, suportando a tomada de decisão, conforme a Figura 16.

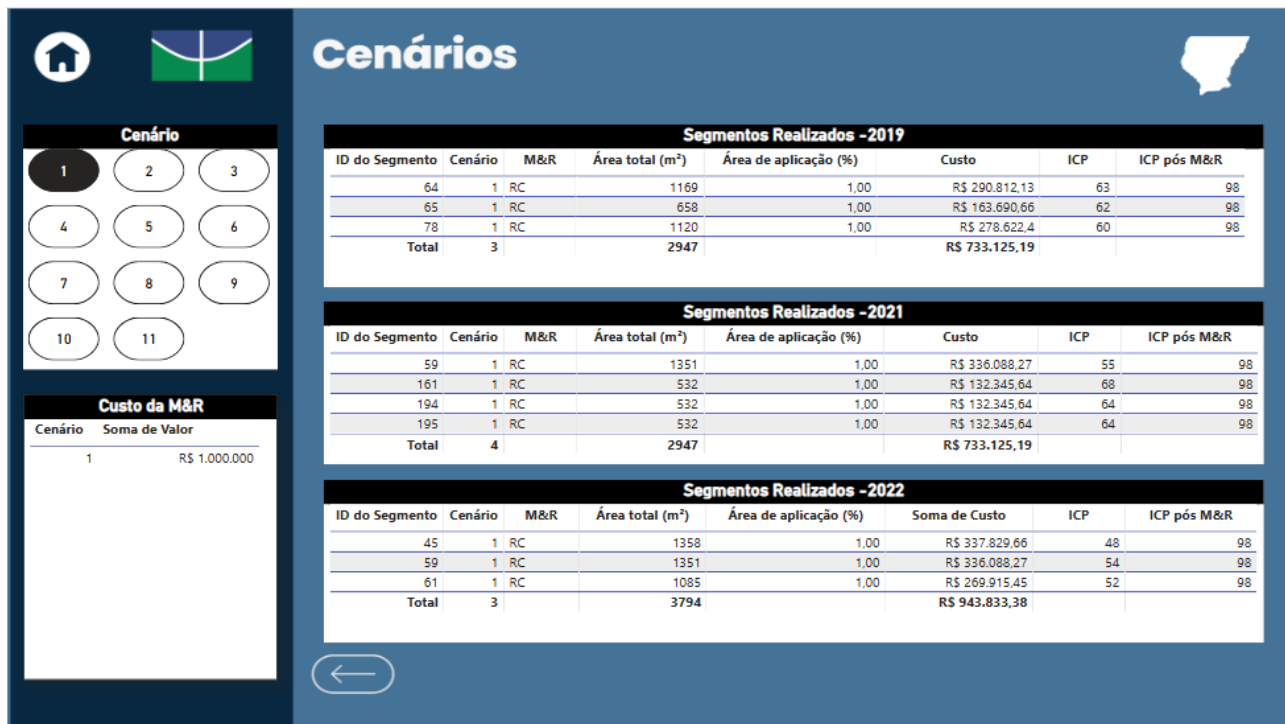


Figura 16. Cenários. Fonte: Os Autores



Figura 17. QR Code da plataforma em Powver BI. Fonte: Os Autores

4. CONCLUSÃO

A solução em Power BI como ferramenta auxiliar em SGPU demonstrou ser eficaz na alocação otimizada de recursos para os 225 segmentos de pista analisados em Valparaíso de Goiás/GO. Especificamente, o estudo aplicou o Método Tavakoli para priorização de vias, permitindo ao usuário, através do módulo de custos, analisar o efeito da antecipação das intervenções (M&R preventiva) em termos de economia total. Assim, a ferramenta pode contribuir na tomada de decisões.

O desenvolvimento de *dashboards* proporcionou uma visualização analítica sobre a gerência da manutenção de pavimentos e seu desempenho ao longo do tempo, permitindo a indicação mais adequada das ações de Manutenção e Reabilitação (M&R).

O módulo de custos contribuiu para a análise de viabilidade econômica quanto à antecipação de intervenções viárias. Essa análise de dados reforça a necessidade de visualização contínua das informações

para a tomada de decisão estratégica e para a obtenção de uma gestão mais eficiente.

Em conclusão, a utilização de ferramentas como o Power BI melhorou a qualidade da análise de dados de pavimentos. O desenvolvimento de *dashboards* evidenciou que novas tecnologias podem ser implementadas com sucesso, com uma gestão urbana mais inteligente, transparente e sustentável.

5. FINANCIAMENTO

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF) e ao Decanato de Pesquisa e Inovação da Universidade de Brasília (DPI/UnB) pelo apoio financeiro concedido para o desenvolvimento desta pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Galehouse L, Moulthrop J, Hicks G. Principles of Pavement Preservation Definitions, Benefits, Issues, and Barriers, Highway Infrastructure Preservation. 2003.
- [2] Chopra T, Parida M, Kwatra N, Mandhani J. Development of Pavement Maintenance Management System (PMMS) of Urban Road Network Using HDM-4 Model. International Journal of Engineering & Applied Sciences (IJEAS). 2017; 9(1):14-31.
- [3] Meneses S, Ferreira A. Flexible Pavement Maintenance Programming Considering the Minimisation of Maintenance and Rehabilitation Costs and the Maximisation of the Residual Value of Pavement.

- International Journal of Pavement Engineering. Taylor & Francis Group. 2015; 16(7):571-586.
- [4] Helali K *et al.* Potencial Benefits of Integrating Preventive Maintenance Into New Jersey Pavement Management System. Transportation Research Board, Annual Meeting CD-ROM. 2005.
- [5] Cottrell W D, Bryan S, Chilukuri B R, Kalyani V, Stevanovic A and Wu J. Transportation Infrastructure Maintenance Management: Case Study of a Small Urban City. Journal of Infrastructure Systems (ASCE). 2009.
- [6] Wang H, Xu Z, Yue L. Comparing of Data Collection for Network Level Pavement Management of Urban Roads and Highways. Journal of Advanced Transportation. 2020.
- [7] WANG, K.C.P; SMADI, O. Automated Imaging Technologies for Pavement Distress Surveys, Transportation Research Circular E-C156, Transportation Research Board, Washington DC. 2011.
- [8] Hudson W R and Haas R. Future Directions and Needs for Innovation in Pavement Management. International Conference on Managing Pavements. San Antonio, Texas. 1994; p. 122- 130.
- [9] Zanchetta F. Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos: Avaliação de Campo, Modelo de Desempenho e Análise Econômica. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos. 2017
- [10] Lird-osorio A, Chamorro A, Videla C, Tighe S, torres-machi C. Applications of Markovian Chains and Monte Carlo Simulations for Developing Pavement Performance Models for Urban Network Management. Structure and Infrastructure Engineering. Taylor and Francis Group. 2018.
- [11] Haas R, Hudson W R e Zaniewski J P. Modern pavement management. Melbourne, FL: Krieger Publishing. 1994.
- [12] Shahin M Y and Kohn D S. Development of a Pavement Condition Rating Procedure for Roads, Streets and Parking Lot. CERL-TR-M-268, US Army. 1979; V. 1 and 2.
- [13] ASTM - American Society for Testing and Materials D 6433. Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys. 2024.
- [14] Shahin M Y. Pavement Management for Airports, Roads and Parking Lots. Chapman & Hall. New York, USA. 1994.
- [15] Fernandes Jr J L, Guerini J F e Oda S. Software de gerenciamento de pavimentos aplicado a vias urbanas de cidades de pequeno a médio porte. Revista Cadernos Zygmunt Bauman, Volume 8, Páginas. 2018; 232-251.
- [16] Tavakoli A, Lapin M S e Figueroa J L. PMSC: Pavement Management System for Small Communities. Journal of Transportation Engineering. Cleveland, Ohio. 1992; 118(2):270-280.
- [17] Hansen A. Aplicação de SIG em Sistema de Gerência de Pavimentos para a Cidade de Maringá. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá. Maringá. PR. 2008.
- [18] Fernandes Jr, J. L, Oda S e Zerbini LF. Defeitos e atividades de manutenção e reabilitação em pavimentos asfálticos. Apostila Didática. Departamento 53 de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. 2006.
- [19] Alarcão K L. Proposta de Programa Computacional para Auxílio à Análise Econômica Aplicada à Gerência de Pavimentos Urbanos. Monografia de Projeto Final, Faculdade de Tecnologia – Universidade de Brasília, Brasília. 2023.