



26º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 49ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPV)

REMODELAGEM E ATUALIZAÇÃO DO SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS DO DNIT (SGP-DNIT)

*Mateus Aguiar Lima¹; Karina Soares da Costa e Oliveira¹; Vinicius Quintiliano Pereira¹;
Leonardo Fabri de Moraes¹; Cintia Adriana Azevedo de Liz Anhaia²; Régis Martins Rodrigues³
& Luiz Guilherme Rodrigues de Mello⁴*

RESUMO

Um sistema de gerência de pavimentos (SGP) visa manter e garantir uma infraestrutura viária em condições adequadas de trafegabilidade, de segurança e de conforto para os usuários, adotando estratégias de manutenção, com a maximização da relação benefício-custo, que melhorem o pavimento. O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) é responsável por gerenciar uma malha rodoviária federal pavimentada de mais de 50.000 km. Dada a complexidade das análises e a quantidade de dados a serem considerados, o órgão contratou a remodelagem do SGP existente. Este trabalho apresenta as ações realizadas para modernizar, organizar e estruturar os dados no SGP com objetivo de aprimorar suas análises e apoiar a tomada de decisão dos gestores. A partir do diagnóstico do sistema, do mapeamento de processos e dados existentes no órgão, foram definidos os dados relevantes e as análises a serem introduzidos no sistema. Atualmente, o SGP-DNIT, completo e operacional, permite consultar dados de levantamento e de condição da superfície da malha; analisar a condição atual do pavimento; determinar as necessidades atuais de manutenção; simular e comparar cenários de investimentos, por fim, gerar planos plurianuais de investimento, com ou sem restrições orçamentárias, para auxiliar os gestores na identificação da melhor estratégia de investimentos em manutenção rodoviária. Assim, espera-se avançar das ações de manutenção corretiva para ações de manutenção preventiva, buscando atingir a máxima eficácia nos investimentos.

PALAVRAS-CHAVE: Remodelagem; Modelos de previsão de desempenho; Árvores de decisão; Índices de desempenho; Cenários de investimentos.

ABSTRACT

A Pavement monitoring system (PMS) seems to maintain and ensure a road infrastructure in adequate conditions of trafficability, safety, and comfort for users adopting maintenance strategies, with the maximization of the benefit-cost ratio, that improve the pavement. The National Department of Transportation Infrastructure (DNIT) is responsible for managing a paved road network spanning over 50,000 km. Given the complexity of analyses and the quantity of data to be considered, the agency contracted the redesign of the existing SGP. This work presents the actions made to modernize, organize, and structure data in the PMS, aiming to improve its analyses and assist managers' decision-making. Through diagnosing the system, mapping processes and data existing in the agency, were defined relevant data e analyses to be considered in the system. Thus, DNIT' PMS, completed e functional, allows consult data e the surface condition, analyse current network condition, determine current maintenance interventions, simulate e compare maintenance strategies, finally, generate mult-year plans, with or without budget restrictions, to assist managers in identifying the best maintenance strategy. Thus, a shift from corrective maintenance actions to preventive maintenance actions is taken, aiming to achieve maximum effectiveness in investments.

KEY WORDS: Remodeling; Performance prediction models; Decision trees; Performance indices; Investment scenarios.

¹ Consórcio Engefoto-Pavesys, mateuslima@consorcioep.com.br; karinaoliveira@consorcioep.com.br; viniciuspereira@consorcioep.com.br; leonardomoraes@consorcioep.com.br

² ENGEFOTO, cintializ@engefoto.com.br

³ PAVESYS, regis@pavesys.com.br

⁴ DNIT, luiz.mello@dnit.gov.br



1 INTRODUÇÃO

A gerência de pavimentos é um conjunto amplo de atividades que consistem em ações voltadas para o planejamento, o projeto, a construção, a manutenção, a avaliação e a pesquisa de pavimentos de uma determinada infraestrutura viária. Assim, a gerência desempenha um papel importante dentro das mais diversas atividades de um determinado órgão ou instituição.

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) é responsável pela administração de uma malha rodoviária federal pavimentada de mais de 50 mil quilômetros. Dada essa extensão, é desafiador e complexo seu o gerenciamento e a concepção de métodos, de diretrizes e de ferramentas para indicar a melhor forma de gerenciá-la. Neste aspecto, desde 1980, o DNIT, na época DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem), tem empreendido diversos esforços para implantar e fortalecer a gerência de pavimentos na autarquia. Foram desenvolvidas metodologias e normas para levantamento da condição da superfície dos pavimentos, além do próprio Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) e manual desse sistema. Diversas campanhas de levantamento de coleta de dados em campo são realizadas frequentemente para alimentar o banco de dados do SGP do DNIT. Atualmente, está em andamento, no âmbito da Diretoria de Planejamento e Pesquisa (DPP), o contrato, firmado com o Consórcio Engefoto-Pavesys, de engenharia consultiva para remodelagem do SGP, visando ampliar a gerência com alinhamento às diretrizes internacionais de gestão de ativos.

O objetivo deste artigo é apresentar a remodelagem do SGP-DNIT realizada entre os anos de 2022 e 2024 a fim de atualizar e modernizar o sistema existente no maior órgão de infraestrutura do Brasil.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Um sistema de gerência de pavimentos é um conjunto coordenado de ferramentas, naturalmente, associado a um banco de dados, para auxiliar os gestores na tomada de decisão quanto à identificação das estratégias mais eficientes e eficazes para manter, durante um certo período, o pavimento em condições aceitáveis de trafegabilidade, de conforto e de segurança para o usuário com o menor custo possível. Assim, é primordial que o sistema detecte o que é preciso fazer, aonde e quando, observando prioridades, políticas e restrições orçamentárias de uma organização.

Quando um pavimento é novo ou recém-restaurado, ele se deteriora lentamente durante um tempo mais longo e isso propicia custos menores de manutenção. Com o início da fase de trincamento por fadiga, a velocidade de deterioração aumenta substancialmente, elevando os custos de manutenção e reduzindo o tempo para que o pavimento entre em colapso, caso não sejam realizadas as intervenções adequadas para prolongar a vida útil. A Figura 1, a seguir, retrata um exemplo de comportamento de desempenho de um pavimento asfáltico em função do tempo durante as fases pré e pós trincamento.

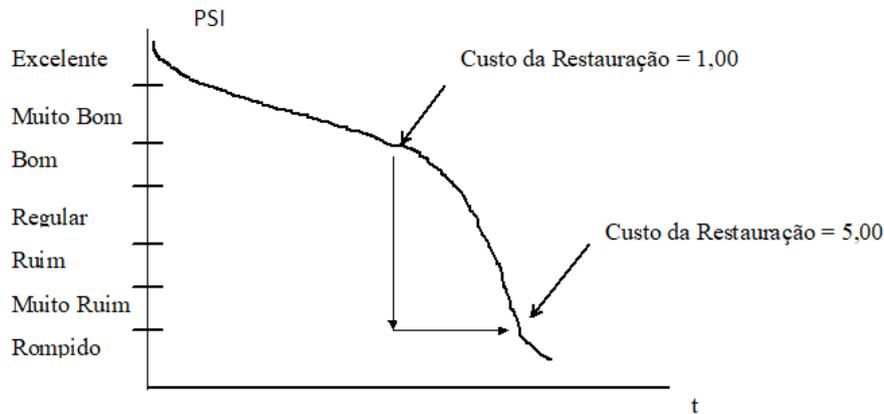


Figura 1. Comportamento típico de desempenho de um pavimento (Adaptado de SHAIN e WALTHER, 1990).

O objetivo central de um SGP é manter e elevar o nível de serviço dos pavimentos para o usuário de modo a minimizar os custos de manutenção. Assim, o sistema tem diversas funções e finalidades, dentre elas, assegurar consistência nas decisões em diferentes níveis de uma mesma organização; aumentar a eficiência do processo de tomada de decisão; fornecer resposta acerca das consequências dessas decisões; garantir um sistema de transporte seguro, confortável e econômico; obter o melhor retorno para os recursos disponíveis, bem como, determinar a importância relativa de fatores locais que possam contribuir para a deterioração dos pavimentos.

Um SGP deve atender desde o nível de decisão do planejamento, a mais alta administração da instituição, com informações sobre as sínteses da condição e das necessidades da rede, o padrão futuro face os recursos disponíveis e a estratégia de manutenção com o maior retorno econômico dos investimentos para a sociedade. Até os engenheiros projetistas, contexto operacional, com informações úteis sobre diretrizes de soluções técnicas eficazes de manutenção.

O SGP é uma ferramenta multiusuário, para responder os variados questionamentos de uma organização e perseguir a aplicação das soluções de maior custo-benefício possíveis, baseada em conceitos e ferramentas, pautados na engenharia de pavimentos, que apontem um diagnóstico consistente, observando tipos, extensão e severidade dos defeitos, além da idade e estrutura do pavimento, bem como, o tráfego atuante. Ainda, que trabalhem com modelos de previsão de desempenho precisos para pavimentos e para as técnicas de manutenção. Por fim, que retratem coerência entre o requerido pelos modelos aplicáveis no âmbito do projeto e os utilizados em rede para diminuir a distância entre o requisitado em cada âmbito de decisão com o intuito de assegurar recurso suficiente para resolução dos problemas identificados na avaliação.

Para concepção, primeiramente, deve-se observar os componentes que precisam compor o sistema. A Figura 2, na sequência, compara os elementos básicos de acordo com (a) o *The AASHTO Pavement Management Guide* (2012) e (b) o Manual de Gerência de Pavimento do DNIT (2011). Ambos evidenciam a importância de montar a base do inventário da rede viária com o máximo de dados relevantes sobre ela; ter módulos de análises; gerar cenários e planos de investimentos de acordo com prioridades.

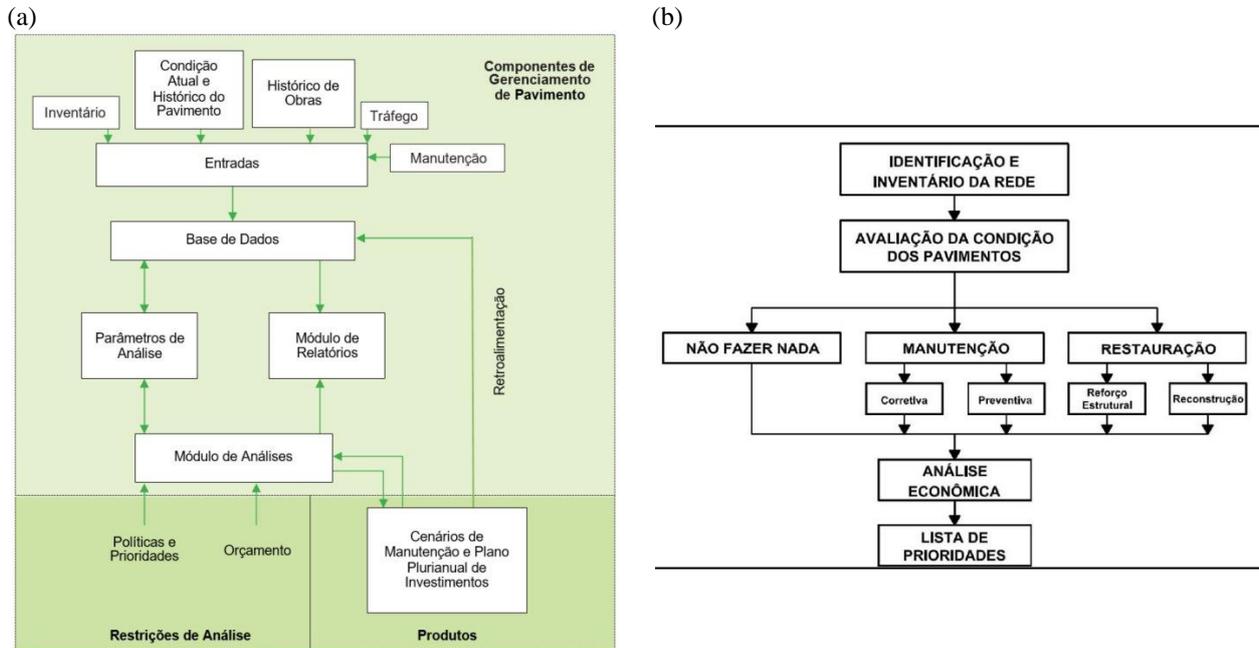


Figura 2. Componentes básicos de um sistema de gerenciamento de pavimentos, segundo (a) Guia da AASHTO (Adaptado de AASHTO, 2012) e (b) IPR-745 (DNIT, 2011).

Em seguida, definir as informações a serem levantadas, os critérios, os indicadores de desempenho e a frequência desses levantamentos. Prever a organização e o armazenamento dos dados para serem utilizados no processo de decisão. Estabelecer como os módulos de análises identificarão a condição atual da rede avaliada, irão prever o comportamento futuro e realizarão o diagnóstico consistente que expresse as reais necessidades de manutenção para simulação de cenários e elaboração de planos plurianuais de investimento com ênfase nas prioridades, nas políticas e nas restrições que acometem um órgão. Por fim, incluir o processo de monitoramento da rede e de retroalimentação das informações executadas por esses planos para aprimorar as análises futuras.

Todos esses aspectos foram considerados durante a remodelagem do SGP do DNIT, além do diagnóstico do sistema existente no órgão. O sistema anterior basicamente armazenava os dados de levantamento e gerava gráficos que demonstravam a condição da superfície. Não continha módulos para retroanalisar bacias de deflexão, prever o desempenho do pavimento, determinar soluções de manutenção, simular e comparar cenários de investimentos e, por fim, gerar planos de investimentos.

3 IMPORTAÇÃO DE DADOS

O primeiro passo considerado foi a estruturação e consolidação do banco de dados do SGP-DNIT. Após mapeamento dos dados relevantes para a gestão do pavimento, verificou-se que a maior parte desses dados é proveniente da Coordenação de Levantamentos para Planejamento (COLEP), responsável pelos contratos de levantamento visual contínuo (LVC), de coleta dos dados das bacias de deflexão, do tráfego e da estrutura de pavimento (*as built*).



A base de dados é composta da seguinte forma:

- Cadastro de rodovias: informações das rodovias federais pavimentadas de acordo com o Sistema Nacional de Viação (SNV);
- Avaliação funcional e estado da superfície: provenientes dos contratos anuais de LVC com uso do veículo de diagnóstico de rodovias (VDR) por meio de vídeo registro que possibilita a aquisição de dados da condição da superfície, sendo eles: índice de irregularidade longitudinal (IRI), *present serviceability index* (PSI), afundamentos de trilha de roda (ATR), defeitos do pavimento, índice de gravidade global (IGG), o *surface condition index* (SCI) e índice de condição da superfície (ICS);
- Avaliação estrutural: entre 2020 e 2021, foi realizada campanha de levantamento das bacias de deflexão com o equipamento *Falling Weight Deflectometer* (FWD) a cada 200 metros, de forma alternada, na malha viária de responsabilidade da autarquia;
- Tráfego: oriundo do Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT) que fornece dados de contagem volumétrica por categoria de veículos, estimativa de volume médio diário anual (VMDa) e dados de pesagem a partir de balanças fixas implantadas pelo plano;
- Estrutura de pavimento: consumidos da ferramenta *As Built*;
- Condições climáticas: pluviometria e temperaturas médias a partir de dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia);
- Custos: referência no Sistema de Custos Rodoviários do DNIT (SICRO).

Durante o processo de importação desses dados para a base em comento, primeiro, determinou-se a extensão da menor unidade de análise (UA), no caso do atual SGP-DNIT, igual a 100 metros (m).

O cadastro das rodovias utilizou o SNV que fornece para cada trecho rodoviário informações de localização e características. Dessas informações o SGP-DNIT considera: UF, código da rodovia (“BR”), código do SNV, quilômetros inicial e final, e classificação da superfície quanto a ser Simples ou Duplicada. Assim, todos os dados de levantamento foram agrupados com o intuito de preencher esse cadastro para a menor UA. Em razão das diferentes versões de SNV utilizadas, nos levantamentos realizados, em relação ao SNV mais atual do órgão, cadastrado no sistema, foram consultadas as coordenadas geográficas desses dados para localizá-los espacialmente no referido SNV. Essa técnica automatizada facilitará as futuras atualizações do banco, mantendo as informações vinculadas sempre ao SNV mais recente que o DNIT publique.

Os dados do LVC possuem a maior frequência de atualização no SGP-DNIT. Para consolidação no banco do sistema, adaptou-se o cálculo do IGG, uma vez que a Norma DNIT 006/2023-PRO considera a ocorrência dos defeitos em uma área de apenas 6 metros pela extensão da faixa de tráfego, a cada 20 metros de pista, alternadamente nas pistas simples e nas faixas mais solicitadas em pista duplicada. O que difere da forma como o VDR registra os defeitos, pois a marcação considera toda a plataforma da pista de rolamento pela extensão levantada em campo. Assim, sintetizou-se os defeitos averiguados em estações a cada 20 metros, do trecho levantado, para o cálculo do IGG e do SCI referentes aos 100 m da unidade de análise.

Em relação ao IRI e ao ATR, o VDR realiza leituras, por meio do perfilógrafo inercial a laser, sempre na faixa de tráfego mais solicitada. Assim, os valores foram consolidados para a menor UA, agregando o cálculo do PSI em função do IRI.



Pela relevância para a DPP e o Plano Nacional de Manutenção Rodoviária (PNMR), foi mantido na base do SGP do DNIT o ICS que por definição do DNIT é dado pela pior condição entre o IRI e o IGG. No sistema, a Coordenação de Planejamento (COPLAN) do DNIT adotou as escalas de classificação conceitual desses índices de acordo com a Tabela 1, a seguir.

Tabela 1. Escala de classificação conceitual do IGG, IRI e ICS (DNIT).

IGG Índice de Gravidade Global	IRI International Roughness Index	ICS Índice da Condição da Superfície	Conceito
$0 \leq \text{IGG} \leq 20$	$0 \leq \text{IRI} \leq 2,5$	5	Ótimo
$20 < \text{IGG} \leq 40$	$2,5 < \text{IRI} \leq 3,5$	4	Bom
$40 < \text{IGG} \leq 80$	$3,5 < \text{IRI} \leq 4,5$	3	Regular
$80 < \text{IGG} \leq 160$	$4,5 < \text{IRI} \leq 6,0$	2	Ruim
$\text{IGG} > 160$	$\text{IRI} > 6,0$	1	Péssimo

As bacias de deflexão, contratualmente, foram levantadas a cada 200 metros, alternadamente, sempre na faixa mais solicitada. Assim, para cada 100 metros foi atribuído o dado da bacia deflectométrica imediatamente anterior. Os dados de tráfego também foram armazenados para a menor UA.

Quanto à estrutura do pavimento, nas lacunas existentes na rede viária identificadas na ferramenta *As Built*, adotou-se as informações de largura de faixa de rolamento de 3,5 m e de acostamento de 2,5 m. A identificação de ocorrência ou não de acostamentos é verificada a partir das marcações do LVC. Já as espessuras das camadas do pavimento genérico (*default*) considerado diferem de acordo com o tipo de pista. No caso de pistas simples, adotou-se 7 cm de revestimento asfáltico com CBUQ, 17 cm de camada de base composta por brita graduada simples e 20 cm de subbase com solo estabilizado; enquanto para pistas duplas, as espessuras foram de 12,5 cm, 20 cm e 30 cm, respectivamente. Em que pese a extensão da malha administrada pelo DNIT e a dificuldade de levantamento desse tipo de dado, o órgão está promovendo esforços no sentido de identificar a estrutura do pavimento nessas lacunas e atualizar a base de dados do SGP.

A partir das soluções de manutenção adotadas no SGP do DNIT foram formulados e introduzidos os preços unitários utilizados no sistema. Para tanto, considerou-se o escopo dos serviços que compõe cada uma dessas soluções e relacionou-se com o respectivo custo definido no SICRO. Foi utilizada a data-base de custos mais recente, o sistema atualiza o custo dos preços unitários para cada unidade da federação de forma automatizada.

4 ANÁLISES DO SGP

O ponto chave da remodelagem do SGP-DNIT consistiu na introdução dos módulos necessários para o diagnóstico consistente com base na deterioração esperada dos pavimentos detectada por modelos de previsão de desempenho que descrevem a interação tráfego-estrutura, da rede viária, com o intuito de gerar cenários de investimentos mais eficazes para a alocação de recursos orçamentários na manutenção rodoviária. Aqui, foi inserida a base técnica de engenharia de pavimentos, para alavancar as análises do sistema e conferir a consistência imprescindível para suporte à tomada de decisão, aliada a um ambiente de sistema *web* moderno, responsivo, intuitivo, prático e seguro, juntamente com capacidade de processamento no servidor do DNIT.



4.1 Retroanálise de bacias

Neste módulo, é preciso conhecer as camadas e espessuras do pavimento da rede avaliada. A interpretação das bacias visa obter os módulos de resiliência efetivos *in situ* das camadas do pavimento e o Número Estrutural (SN). Primeiramente, o sistema verifica se há inconsistência nos dados da bacia para corrigir, caso seja possível, ou descartá-la. Depois, corrige a temperatura para determinar esses módulos de resiliências, ajustar as espessuras das camadas do pavimento e, por fim, calcular o SN, a deflexão máxima e o fator de calibração para o Modelo de Resiliência da Brita Graduada.

4.2 Modelos de Previsão de Desempenho

Neste módulo, foram introduzidos modelos de previsão de desempenho consistentes, do PSI, do IRI, do SCI e do IGG, provenientes da fusão do Guia da AASHTO de 1993 com os modelos empíricos do HDM (*Highway Development and Management model*), junto com modelos mecânicos-empíricos para previsão de trincamento por fadiga e de afundamentos nas trilhas de rodas (Modelo da Shell). Esses modelos são destinados à previsão do desempenho futuro dos pavimentos e ao dimensionamento da espessura da camada de recapeamento em concreto asfáltico para atendimento ao período de projeto. Foram estruturados em bases mecânico-empíricas para tornar suas previsões compatíveis com as necessidades de intervenção que seriam detectadas por meio de projetos executivos. Estimam a vida restante (VR) do pavimento, a camada crítica e o índice que condiciona essa VR, prevendo a deterioração dos referidos índices de desempenho e calculando os seus fatores de calibração.

A interação tráfego-estrutura foi introduzida por meio das equações da AASHTO, enquanto o efeito da deterioração a longo prazo e a calibração para as rodovias brasileiras foram incorporados pelo HDM. Foram adicionadas técnicas de *machine learning* que possibilitam a recalibração desses modelos a partir dos próprios resultados de desempenho da rede.

4.3 Árvores de Decisão

Foram criadas árvores de decisão completas, que observam a deterioração da superfície e as deficiências funcionais e estruturais existentes no pavimento, capazes de estabelecer um diagnóstico preciso acerca da condição atual dos pavimentos e determinar as soluções de manutenção mais eficazes de modo a corrigir todos os problemas identificados. Destaca-se que as intervenções sugeridas em um sistema com visão de planejamento se estreitam à solução de projeto, mas não sugere a eliminação da etapa do projeto executivo.

O SGP-DNIT faz um diagnóstico detalhado do pavimento analisado, indica a necessidade atual de manutenção e calcula as espessuras de recapeamento e fresagem para atendimento ao período de projeto, observando a camada crítica da estrutura. A pergunta inicial da árvore é sobre a vida restante, se menor que a estipulada pelo usuário, indica-se restauração, senão, conservação. Para que as árvores apontem o melhor tipo de solução de cada um desses universos, são considerados os resultados dos módulos anteriores e parâmetros definidos em tela pelo usuário. Como soluções, por exemplo, têm-



se: conservação rotineira, leve e pesada; recapeamento simples ou com uso de concreto betuminoso modificado; aplicação de camada antirreflexão de trincas e recomposição do revestimento, parcial e total.

4.4 Simulação de Cenários de Investimentos

Este módulo gera planos plurianuais de investimentos em manutenção, com ou sem restrição orçamentária, ao longo do período de análise. Para a simulação de cenários, parte-se de uma ordem de priorização de trechos com base em um índice de prioridade (IP) formado por quatro componentes: conforto ao rolamento, deterioração da superfície, segurança e tráfego.

Inicialmente, o SGP-DNIT deteriorará em um ano os índices de desempenho a partir dos dados presentes na base em razão da defasagem entre o levantamento dos dados e o momento em que o plano de investimentos se iniciará. Com esses novos valores, o sistema acionará as árvores de decisão e identificará a solução proposta futura para calcular os quantitativos e custos associados do referido plano. Caso o usuário tenha forçado uma determinada solução para um trecho específico de um dado ano ou mais na análise, então, será considerada essa imposição em detrimento da solução indicada pela árvore de decisão.

Um recurso adicional deste módulo permite que o usuário otimize a priorização realizada e a forma de imposição das restrições. Assim, o método de priorização escolhido pelo usuário, considerado na simulação de cenários, poderá ser realizado selecionando toda a rede ou um Estado. Já a imposição das restrições poderá ser aplicada determinando as extensões anuais dos programas de manutenção aplicados pelo DNIT (Conservação, Revitaliza, CREMA e Restauração) ou observando o orçamento e os parâmetros de desempenho limites que podem ser variados, à critério do usuário, para cada ano da análise, possibilitando a realização de diversas estratégias.

O sistema compara esses cenários entre si para que o usuário acompanhe a evolução dos parâmetros de desempenho ao longo do período de análise e identifique aquele que apresenta a melhor relação benefício-custo. Os resultados dessa comparação auxiliam o usuário na identificação do melhor cenário em relação a outro, ambos tomando por base a solução de manutenção mínima.

5 RESULTADOS

Atualmente, o SGP-DNIT pode ser utilizado para consulta de dados de condição da malha, retroanálise de bacias de deflexão, identificação da camada crítica, cálculo da idade e respectiva vida restante do pavimento, diagnóstico da condição atual do pavimento, identificação das necessidades atuais de manutenção, simulação e comparação de cenários de investimento, por fim, geração de quantitativos de serviços e custos dos planos plurianuais de investimento. Os resultados que podem ser obtidos em cada um dos módulos do SGP-DNIT são descritos a seguir.

5.1 Consulta de Dados de Condição

No SGP-DNIT, o usuário pode consultar as proporções de malha viária classificadas em relação aos ICS, IRI e IGG (vide Figura 3). Os gráficos são responsivos ao filtro de seleção da rede que o usuário



deseja consultar e estão divididos em grupos de Região, Unidade Federativa (UF), Rodovia e Ano de levantamento dos dados. No nível mais específico de consulta, Rodovia, o usuário pode verificar as estatísticas das ocorrências dos defeitos da rede e gráficos lineares com o acompanhamento da evolução dos índices no hodômetro crescente da rodovia analisada.

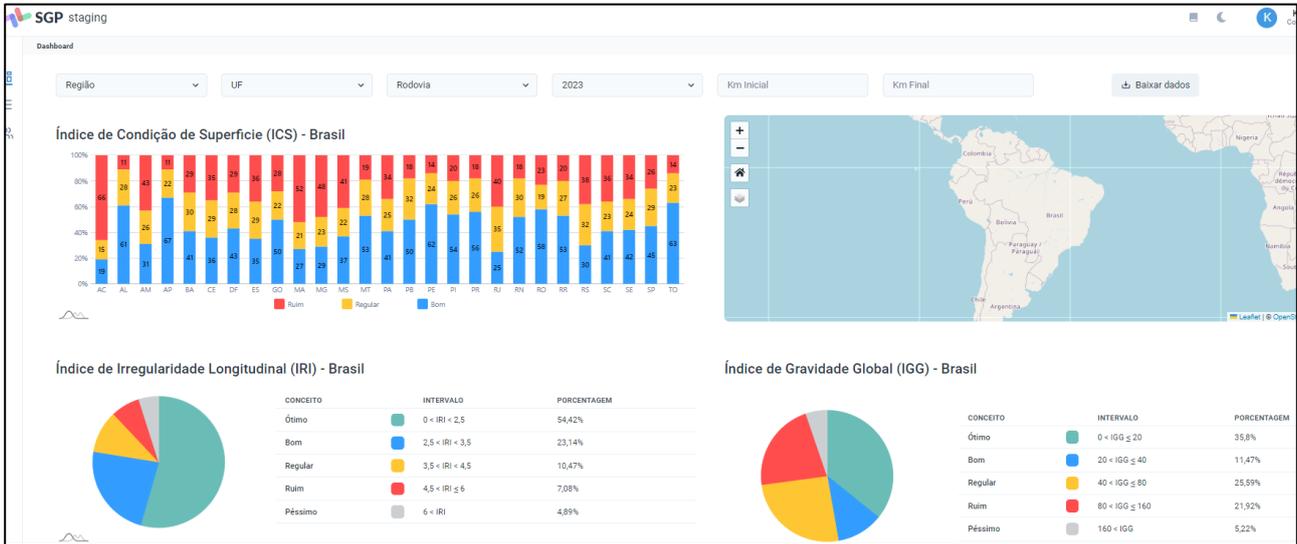


Figura 3. Tela de consulta de dados de condição do SGP/DNIT (2024).

5.2 Retroanálise de Bacias de Deflexão

São interpretadas as bacias de deflexões do FWD para obtenção dos módulos de resiliência efetivos *in situ* dos materiais das camadas do pavimento, junto com o Número Estrutural Efetivo da AASHTO por unidade de análise e por trecho de SNV. São corrigidas as espessuras das camadas dos pavimentos e calculados os fatores de calibração dos modelos de resiliência para a brita graduada, além dos fatores médios de calibração e dos desvios- padrão. A Figura 4, na sequência, apresenta a tela de um resultado da retroanálise da bacia.

Modelo Geral de Resiliência para Brita Graduada										Modelo da Shell									
Fc Médio		Desvio Padrão		Fc Médio		Desvio Padrão		E2 = fc x 0,2 x [Hbase(mm) ^ 0,45] x Efund		K _{SL}		ENE _{SL}		ECCP		KEF		HREV	
1.4007	0.4325	0.2558	0.2558																
MR (kgf/cm²) = fc x 152 x Theta (θ) ^ 0,6309 x Epsv (ε) ^ -0,319																			
D0FWD (0,01 MM)	SNPAV	SNREV	SNREVBASE	RC (M)	E1REF (KGF/CM²)	E1 (KGF/CM²)	E2 (KGF/CM²)	E3 (KGF/CM²)	ESL (KGF/CM²)	ETOPBASE (KGF/CM²)	ESBSL (KGF/CM²)	K _{SL} (KGF/CM²)	ENE _{SL}	JDR	ECCP (KGF/CM²)	KEF (KGF/CM²)	HREV (CM)		
64.1000	3.0270	1.0370	1.665	133.3000	34122	14842	1314	2307	1263	1454.0000	1564	1175.751	-0.1922323	-1	-1	-1	7.4980		
58.2000	3.0300	1.1170	1.706	154.4000	52706	23975	1556	2398	2343	1753.0000	1860	2297.621	-0.1510313	-1	-1	-1	7.2889		
48.5000	3.0980	0.9870	1.707	156.6000	45916	21519	1997	2548	3085	2299.0000	2476	3070.159	-0.07692677	-1	-1	-1	6.7049		
41.7000	3.3390	0.9610	1.828	179.0000	30114	14507	1973	3248	2404	2290.0000	2485	2333.523	-0.1151433	-1	-1	-1	7.4366		
49.0000	2.9810	1.2440	1.614	143.0000	117666	54980	1610	2411	2172	1853.0000	2021	2120.625	-0.1055334	-1	-1	-1	5.9174		
54.3000	2.8760	0.9050	1.585	116.9000	32211	15130	1500	1996	2127	1740.0000	1887	2128.956	-0.05035188	-1	-1	-1	6.7331		
42.5000	2.9810	0.8940	1.68	138.7000	29183	14377	1856	2026	3141	2192.0000	2412	3165.953	0.02787837	-1	-1	-1	6.8079		
53.0000	2.7470	0.8510	1.529	106.9000	26054	12469	1562	1849	2857	1894.0000	2242	2876.279	0.03348118	-1	-1	-1	6.7323		
40.1000	3.0080	0.9300	1.663	143.5000	42955	20474	2167	2371	3785	2592.0000	2928	3818.378	0.02850549	-1	-1	-1	6.4524		
39.7000	3.1020	0.9770	1.698	143.2000	41956	19161	2276	2791	3021	2523.0000	2676	3043.159	0.01035328	-1	-1	-1	6.6047		
41.4000	3.1200	1.0340	1.834	166.4000	32950	15251	1870	1821	3259	2171.0000	2354	3358.415	0.06934159	-1	-1	-1	8.0917		
44.9000	2.8670	0.8890	1.637	131.5000	32966	13816	1760	1695	3558	2085.0000	2294	3678.825	0.08510208	-1	-1	-1	6.5411		

Figura 4. Exemplo da tela do SGP-DNIT com resultados da retroanálise de bacias deflectométricas.



5.3 Recalibração de Modelos de Previsão de Desempenho

Como resultado é calculada a vida restante e recalibrados os modelos de previsão de desempenho, apresentando, para cada unidade de análise, os fatores de calibração do PSI, do SCI e do ATR. Além da síntese da recalibração e da vida restante para a rede avaliada. As Figuras 5 e 6, a seguir, ilustram, em tela, os resultados da recalibração dos modelos e a síntese dos fatores de calibração, além do cálculo da vida restante para um trecho de rede avaliada.

INÍCIO (KM)	FINAL (KM)	EXTENSÃO	FCSCI	FCPSI	FCATR	FCCCP	FCCCPSCI	FCCCPTR	FCDELTAJTR	SN CALIBRAÇÃO	MR CALIBRAÇÃO	Q10	CALIBROUATR	CAMADA CRITICA	VR_ANOS	CRITVR
297.2	298.2	1.000	0.441	2.303	2.135	-1	-1	-1	-1	4.037	23712.66	15	S	Subleito	0.00	IGG
297.2	298.2	1.000	0.740	0.442	1.689	-1	-1	-1	-1	3.424	14907.54	15	S	Subleito	0.00	IRI e IGG
298.2	299.2	1.000	0.465	2.260	2.671	-1	-1	-1	-1	3.863	30796.59	15	S	Subleito	0.00	IGG
298.2	299.2	1.000	0.403	0.435	1.835	-1	-1	-1	-1	3.618	16472.26	15	S	Subleito	0.00	IRI e IGG
299.2	299.4	0.200	0.544	0.564	1.000	-1	-1	-1	-1	2.317	57050.73	15	N	Sub-base	6.49	ATR
299.2	299.4	0.200	1.165	0.613	1.784	-1	-1	-1	-1	3.327	14694.17	15	S	Subleito	0.00	IRI e IGG
614.6	615.6	1.000	1.000	1.000	2.325	-1	-1	-1	-1	5.865	32916.07	15	S	Subleito	4.60	IGG
614.6	615.6	1.000	1.057	0.619	1.349	-1	-1	-1	-1	1.647	96586.06	15	S	Base	0.00	IGG
615.6	616.6	1.000	2.016	1.216	1.654	-1	-1	-1	-1	1.512	92863.92	15	S	Base	0.20	IGG
615.6	616.6	1.000	0.646	0.334	1.282	-1	-1	-1	-1	1.661	116609.8	15	S	Base	0.00	IRI e IGG
616.6	617	0.400	1.774	1.027	1.190	-1	-1	-1	-1	1.56	80218.12	15	S	Base	0.00	IRI e IGG
616.6	617	0.400	1.000	1.000	1.552	-1	-1	-1	-1	6.134	44807.96	15	S	Subleito	1.00	IRI

Figura 5. Exemplo da tela do SGP-DNIT com resultados da recalibração dos modelos por UA.

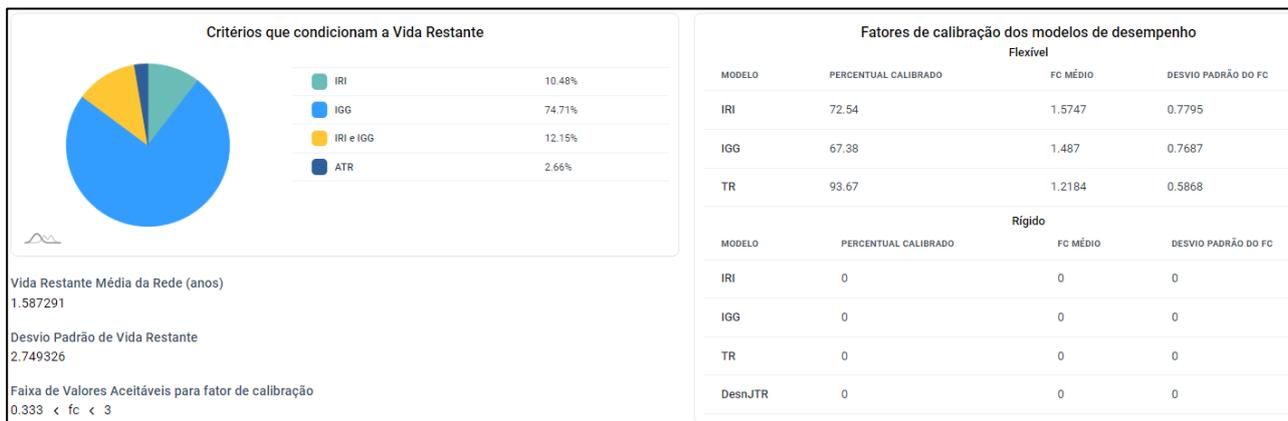


Figura 6. Exemplo da tela do SGP-DNIT com a síntese da recalibração dos modelos e cálculo da VR.

5.4 Diagnóstico e Necessidades Atuais de Manutenção

Esse módulo apresenta o diagnóstico e as indicações das necessidades atuais de manutenção para cada unidade de análise, por faixa de tráfego e por trecho de SNV da rede avaliada. Além de arquivos com os quantitativos de serviços e custos associados para o acostamento e a pista de rolamento. A Figura 7, na sequência, apresenta a tela de um resultado de diagnóstico e identificação de necessidade atual de manutenção.



VIDA RESTANTE	CRITÉRIO DA VIDA RESTANTE	CAMADA CRÍTICA	DIAGNÓSTICO	MEDIDA	CONSERVA PESADA	ESPESSURA DE FRESAGEM	ESPESSURA DE REVESTIMENTO	DEFLEXÃO	ACOSTAMENTO LADO ESQUERDO	ESPESSURA DE REVESTIMENTO LADO ESQUERDO	ESPESSURA DE FRESAGEM LADO ESQUERDO	FAIXA 1	ESPESSURA DE FRESAGEM NA FAIXA 1
0.00	IRI	Sub-base	Pavimento deve ser restaurado, pois a vida restante está abaixo da mínima admissível. Pavimento tem deficiência estrutural moderada. Fresagem previa é oportuna devido à irregularidade excessiva.	FR+CBUQ		3	11	29	TST	3	0	FR+CBUQ	3
0.00	IGG	Sub-base	Pavimento deve ser restaurado, pois a vida restante está abaixo da mínima admissível. Pavimento tem deficiência estrutural moderada.	CBUQ		0	10	29.01	PMF	5	0	CBUQ	0
0.00	IGG	Sub-base	Pavimento deve ser restaurado, pois a vida restante está abaixo da mínima admissível. Pavimento tem deficiência estrutural moderada.	CBUQ		0	13.5	20.4	PMF	8.5	0	CBUQ	0
0.00	IGG	Sub-base	Pavimento deve ser restaurado, pois a vida restante está abaixo da mínima admissível. Pavimento tem deficiência estrutural moderada.	CBUQ		0	13	18.88	PMF	8	0	CBUQ	0
0.00	IGG	Sub-base	Pavimento deve ser restaurado, pois a vida restante está abaixo da mínima admissível. Pavimento tem deficiência estrutural moderada.	CBUQ		0	5	37.66		0	0	CBUQ	0
0.00	IGG	Sub-base	Pavimento deve ser restaurado, pois a vida restante está abaixo da mínima admissível. Pavimento tem deficiência estrutural moderada.	CBUQ		0	12.5	23.4	PMF	7.5	0	CBUQ	0
0.60	IRI	Sub-base	Pavimento deve ser restaurado, pois a vida restante está abaixo da mínima admissível. Pavimento tem deficiência estrutural moderada.	CBUQ		0	13.5	18.61	PMF	8.5	0	CBUQ	0
2.30	IGG	Subleito	Pavimento em condição regular. Existe vida restante e Conserva Pesada não é necessária.	CL		0	0	53		0	0	CL	0
0.00	IGG	Sub-base	Pavimento deve ser restaurado, pois a vida restante está abaixo da mínima admissível. Pavimento tem deficiência estrutural moderada.	CBUQ		0	13.5	17.88	PMF	8.5	0	CBUQ	0
0.00	IGG	Sub-base	Pavimento deve ser restaurado, pois a vida restante está abaixo da mínima admissível. Pavimento tem deficiência estrutural moderada.	CBUQ		0	13.5	17.75	PMF	8.5	0	CBUQ	0
0.00	IGG	Sub-base	Pavimento deve ser restaurado, pois a vida restante está abaixo da mínima admissível. Pavimento tem deficiência estrutural moderada.	CBUQ		0	13.5	18.28	PMF	8.5	0	CBUQ	0
0.00	IGG	Sub-base	Pavimento deve ser restaurado, pois a vida restante está abaixo da mínima admissível. Pavimento tem deficiência estrutural moderada.	CBUQ		0	13.5	19.34	PMF	8.5	0	CBUQ	0
0.30	IGG	Base	Pavimento deve ser restaurado, pois a vida restante está abaixo da mínima admissível. Pavimento tem deficiência estrutural moderada.	CBUQ		0	4.5	31.4		0	0	CBUQ	0
0.00	IGG	Base	Pavimento deve ser restaurado, pois a vida restante está abaixo da mínima admissível. Pavimento tem deficiência estrutural moderada.	CBUQ		0	4.5	32.28		0	0	CBUQ	0

Figura 7. Exemplo da tela do SGP-DNIT com resultados de diagnóstico e necessidades atuais de manutenção.

5.5 Planos Plurianuais de Investimento

Por fim, no último módulo do SGP-DNIT, são gerados os planos plurianuais de investimentos com os quantitativos de serviços e custos para acostamentos e faixa de rolamento, para cada ano do período de análise, por unidade de análise e trechos de SNV da rede analisada. Além da previsão de desempenho futuro dos pavimentos e a síntese da estratégia gerada em termos de custos e benefícios.

Na simulação demonstrada na Figura 7, a seguir, a rede analisada não apresenta melhoria na condição da superfície nos anos 2024 e 2025 em decorrência da restrição orçamentária imposta.

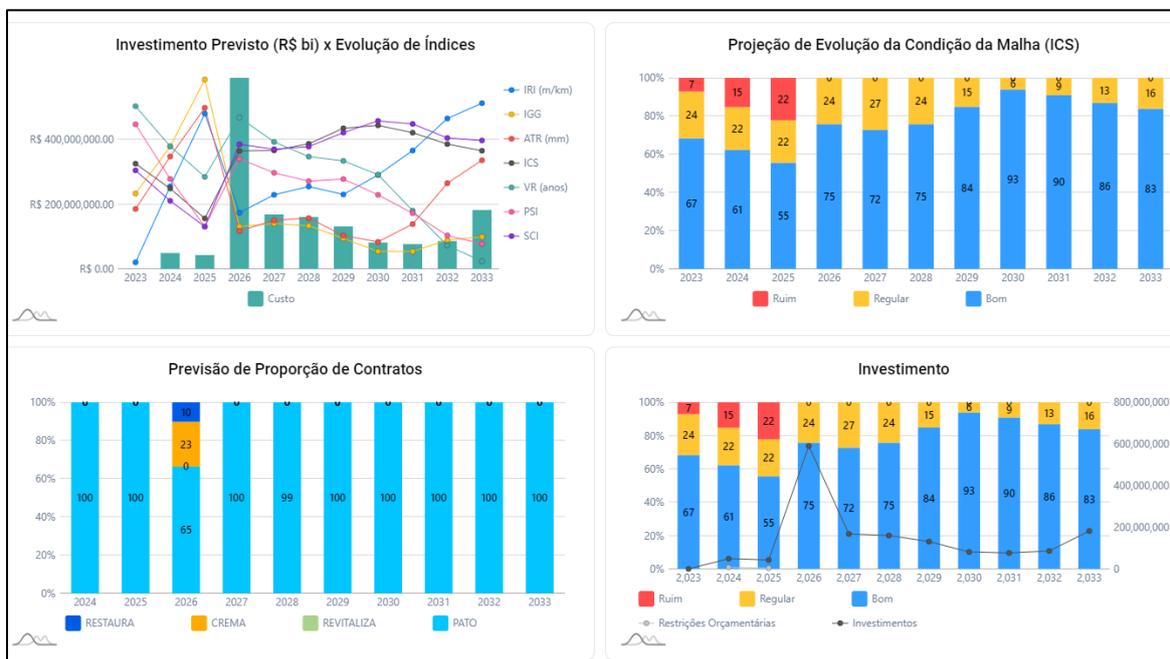


Figura 6. Exemplo da tela do SGP-DNIT com resultados de plano plurianual de investimentos.



6 CONCLUSÃO

A remodelagem, realizada entre 2022 e 2024, trouxe atualização, modernização e consistência para o SGP-DNIT pautada em conceitos e metodologia mecânica de engenharia de pavimentos alinhada às melhores práticas adotadas na gerência de pavimentos no âmbito mundial. Atualmente, o DNIT possui um sistema completo e operacional que atende perfeitamente às demandas do cenário brasileiro submetidas à autarquia em relação aos *softwares* existentes no mercado.

Na atualidade, o órgão está evidenciando evolução significativa na melhoria da avaliação da condição da malha rodoviária federal sob sua responsabilidade, na detecção das necessidades atuais de manutenção a partir do PSI, do IRI, do SCI, do IGG, do ATR e do trincamento, na previsão de desempenho dos pavimentos e na geração e comparação de cenários de investimentos de planos plurianuais para manutenção rodoviária.

Percebe-se que a remodelagem atendeu o fundamento primordial de um SGP que é dar suporte à tomada de decisão dos gestores, visto que assegura consistência técnica nas avaliações e decisões, aumenta a eficiência do processo de decisão e fornece respostas acerca das consequências de cada estratégia. No entanto, pelo sistema ter sido entregue em março de 2024, os usuários estão identificando possíveis melhorias e sugestões relativas à interface, às análises e à usabilidade do sistema. Assim, um novo trabalho pode abordar, por exemplo, o estudo de um trecho específico e discutir as limitações observadas, dentre elas, o impacto da adoção de uma estrutura de pavimento em face das lacunas encontradas.

Essa atualização traz a oportunidade de aperfeiçoamento dos processos de gerenciamento de dados e dos normativos do órgão, sejam eles voltados para o levantamento de dados e metodologias de soluções de manutenção ou para a concepção do Plano Nacional de Manutenção Rodoviária (PNMR). Ademais, impulsiona o órgão a buscar atingir a máxima eficácia nos investimentos, evoluindo da manutenção corretiva para a manutenção preventiva, para propiciar uma rede viária segura, econômica e confortável para a sociedade.

7 REFERÊNCIAS

- AASHTO (2012). The AASHTO Pavement Management Guide. Second Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC.
- DNIT (2006). Brasil. Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR 720. Manual de restauração de pavimentos asfálticos. - Rio de Janeiro.
- DNIT (2011). Brasil. Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR 745. Manual de gerência de pavimentos. - Rio de Janeiro.
- DNIT (sem data). Índice de Condição da Superfície. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/planejamento/evolucao-da-malha-rodoviaria/ndicedaCondiodaSuperficie.pdf>.
- RODRIGUES, R. M. (2020). Engenharia de Pavimentos, Partes 1 e 2, Porto Alegre – RS, Brasil.
- SHAIN, M. Y. e WALTHER, J. (1990). *Pavement Maintenance Management for Roads and Streets Using the PAVER System*. CERL-TR-M-90/05. US Army. USA.