

# ANÁLISE PATOLÓGICA DE PAVIMENTO FLEXÍVEL DA BR-163/PR SUB-TRECHO BARRACÃO/PR - SANTO ANTÔNIO DO SUDOESTE/PR

Carlos Eduardo de Oliveira Baptista<sup>1</sup>

## RESUMO

A pavimentação é essencial para garantir uma trafegabilidade adequada em qualquer condição climática e ao longo de todas as estações do ano. Uma estrutura de pavimentação segura deve ser projetada para distribuir os esforços induzidos pelo tráfego de veículos, isto se deve ao fato de que o solo natural, por si só, não possui a capacidade de suportar tais cargas sem degradar. A infraestrutura rodoviária é fundamental para o transporte eficiente de materiais e insumos essenciais que sustentam as demandas urbanas e rurais. Diante da atual situação da infraestrutura do Brasil, observa-se que muitas de nossas rodovias apresentam sinais de avançados obstáculos físicos. Isso é agravado pelo expressivo aumento da frota veicular e pela falta de ações efetivas de reabilitação e fortalecimento da malha rodoviária. Tais condições resultam em uma ampliação progressiva das patologias no pavimento, enfatizando a necessidade de intervenções técnicas além das manutenções rotineiras. Diante disso, torna-se essencial o monitoramento e a análise das patologias que podem surgir com o tempo de uso dos pavimentos. Neste estudo objetiva-se a realização de um diagnóstico das patologias manifestadas na camada superficial do pavimento flexível da Rodovia BR-163(Paraná) – Segmento: Barracão/PR km 10 – Santo Antônio do Sudoeste/PR km 35. Utilizando-se da metodologia VSA (Valor de Serventia Atual), busca-se sistematizar, detalhar e quantificar as principais não-conformidades observadas na estrutura do pavimento.

**Palavras-chave:** Pavimentação. Patologias. Pavimento flexível.

---

<sup>1</sup> Carlos Eduardo de Oliveira Baptista

## ABSTRACT

Pavement is essential to ensure adequate trafficability in any weather condition throughout all seasons of the year. A safe pavement structure must be designed to distribute the stresses induced by vehicle traffic, as natural soil alone cannot withstand such loads without degrading. Road infrastructure is crucial for efficiently transporting materials and essential supplies that support urban and rural demands. Given the current state of Brazil's infrastructure, it is evident that many of our highways show signs of advanced physical obstacles. This is exacerbated by the significant increase in vehicle fleets and the lack of effective actions for rehabilitating and strengthening the road network. These conditions lead to a progressive increase in pavement pathologies, emphasizing the need for technical interventions beyond routine maintenance. Therefore, monitoring and analyzing the pathologies that may arise over time from pavement use becomes essential. This study aims to diagnose the pathologies manifested in the surface layer of the flexible pavement of BR-163 Highway (Paraná) – Segment: Barracão/PR km 10 – Santo Antônio do Sudoeste/PR km 35. Using the VSA (Value of Current Serviceability) methodology, the objective is to systematize, detail, and quantify the main non-conformities observed in the pavement structure.

**Keywords:** Pavement. Pathologies. Flexible pavement.

## 1 INTRODUÇÃO

A pavimentação é essencial para garantir uma trafegabilidade adequada em qualquer condição climática e ao longo de todas as estações do ano. Esta infraestrutura não só facilita a mobilidade, como também promove economia e conforto na circulação. O aspecto mais crítico, porém, é a segurança tanto dos usuários quanto das cargas transportadas.

Uma estrutura de pavimentação segura deve ser projetada para distribuir os esforços induzidos pelo tráfego de veículos, isto se deve ao fato de que o solo natural, por si só, não possui a capacidade de suportar tais cargas sem degradar.

A infraestrutura rodoviária é fundamental para o transporte eficiente de materiais e insumos essenciais que sustentam as demandas urbanas e rurais. A robustez e a eficácia das vias são intrínsecas ao desenvolvimento e à manutenção da qualidade de vida da população, o que pode resultar em complicações graves, não apenas no âmbito econômico, com o aumento dos custos de transporte refletindo no preço dos produtos, mas também no aspecto social, podendo comprometer o acesso a serviços básicos como saúde e educação.

Diante a atual situação da infraestrutura do Brasil, observa-se que muitas de nossas rodovias apresentam sinais de avançados obstáculos físicos. Isso é agravado pelo expressivo aumento da frota veicular e pela falta de ações efetivas de reabilitação e fortalecimento da malha rodoviária.

Tais condições resultam em uma ampliação progressiva das patologias no pavimento, enfatizando a necessidade de intervenções técnicas além das manutenções rotineiras. A implementação de estratégias de reabilitação e melhorias nas rodovias é essencial para garantir e potencializar o conforto, a eficiência econômica e, primordialmente, a segurança de seus usuários.

Diante disso, torna-se essencial o monitoramento e a análise das patologias que podem surgir com o tempo de uso dos pavimentos. Para tanto, é necessário ter um embasamento teórico sobre a pavimentação, formas de construção e os tipos de patologias, além de seguir os manuais do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), normas regulamentadoras vigentes no Brasil com o objetivo de construir e de monitorar os pavimentos, proporcionando segurança e conforto a seus usuários (REIS, 2019).

Neste estudo técnico-científico, objetiva-se a realizar um diagnóstico das patologias manifestadas na camada superficial do pavimento flexível da Rodovia BR-163(Paraná) –

Segmento: Barracão/PR km 10 – Santo Antônio do Sudoeste/PR km 35. Utilizando-se da metodologia VSA (Valor de Serventia Atual), busca-se sistematizar, detalhar e quantificar as principais não-conformidades observadas na estrutura do pavimento.

## **2. CARACTERÍSTICAS GERAIS E TIPOS DE PAVIMENTOS**

Conforme explica Galvan (2017), para que as camadas do pavimento tenham um desempenho adequado às solicitações de tráfego e as condições ambientais, os materiais que constituem os pavimentos devem atender aos requisitos estabelecidos por Normas e Especificações aprovadas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Além disso, para direcionar a identificação de patologias nas superfícies dos pavimentos, tem-se a norma DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos que fornece definições a terminologia aplicada para definir cada tipo de defeito e sua caracterização, a qual será utilizada para o desenvolvimento do tema proposto.

Atualmente o tipo de pavimento mais utilizado é o asfáltico, o qual é construído por meio do concreto asfáltico produzido por usinagem a quente (SILVA FILHO, 2021). Conforme explica Silva Filho (2021), os pavimentos asfálticos apresentam algumas camadas responsáveis pela estruturação do pavimento (as camadas de subleito, sub-base, base, e reforço do subleito).

Os pavimentos podem ser flexíveis, semi rígidos e rígidos, sendo que a aplicação depende do tipo de área em que será aplicado (ARAÚJO, 2019). Nas pavimentações flexíveis as camadas sofrem uma significativa deformação elástica, portanto, as cargas se distribuem em parcelas equivalentes entre as camadas. Esse tipo de pavimento será abordado durante este trabalho. Os pavimentos semi rígidos possuem uma base cimentada constituída por algum aglutinante com propriedades cimentícias, enquanto o os pavimentos rígidos apresentam uma elevada rigidez conforme o nome sugere, e absorve praticamente todas as tensões das cargas aplicadas.

### **2.1 Patologias na pavimentação**

Patologias podem ser entendidas como sendo falhas ou danos na pavimentação, que ocorrem devido a utilização. No Brasil devido à grande quantidade de transporte terrestre as

estradas não resistem por muito tempo, nesse sentido, são essenciais o acompanhamento das estradas para a realização da análise e da manutenção (AMARAL *et al.*, 2021).

Conforme abordam Adures (2019) e Amaral *et al.* (2021), muitas dessas patologias estão relacionadas ao mal planejamento e execução de um projeto. No Brasil, os pavimentos flexíveis de revestimento betuminoso são os mais utilizados e, nos últimos anos tem-se notado muitas manifestações de patologias, tais como fissuras, trincas, buracos, ondulações, entre outros, comprometendo a funcionalidade das vias (ADURES, 2019).

Conforme já explicado os pavimentos flexíveis são compostos principalmente por camadas de asfalto (concreto asfáltico) e são suscetíveis a várias patologias ao longo de sua vida útil devido ao tráfego, condições climáticas e outros fatores. De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) do Brasil, algumas das principais patologias encontradas nestes pavimentos, bem como a forma de correção, são:

- **Trincas e Fissuras:** Este tipo de patologia pode ser entendido como aberturas superficiais no pavimento, originadas por movimentações térmicas ou cargas repetidas.
- **Afundamentos e Deformações:** Podem ser entendidas como deformações na superfície do pavimento, geralmente causadas por falhas nas camadas inferiores ou excesso de carga.
- **Desagregação Superficial:** Consiste na separação das partículas do pavimento, resultando em perda de agregado e textura superficial.
- **Sangramento (Exsudação):** É o excesso de ligante asfáltico na superfície do pavimento, resultando em uma aparência brilhante e pegajosa.
- **Rachaduras por Fadiga:** Rachaduras que se formam devido à fadiga causada pelo tráfego repetido.

## 2.2 Formas de intervenções

Existem três diferentes grupos de intervenções no pavimento em geral: a conservação (rotineira, periódica e de emergência), a restauração e a reconstrução (melhoramentos), segundo MANUAL DE RESTAURAÇÃO – DNIT 2006.

- **Conservação:** De acordo com o Manual de Conservação rodoviária do DNIT (2005), as atividades de conservação são destinadas a manter a operacionalidade da via, além

de proporcionar conforto, economia e segurança aos usuários que passam pela mesma.

- **Restauração:** Segundo Manual de Conservação Rodoviária do DNIT (2005), é o conjunto de medidas que visam restabelecer todas as características técnicas originais de projeto, ou seja, promover com que a via aumente a sua vida útil, trazendo segurança, conforto e economia ao usuário.
- **Reconstrução:** De acordo com a Norma DNER-TER 02-79, a reconstrução é caracterizada como um conjunto de intervenções que oferecem a via novas propriedades ou até mesmo modificar as existentes. Gonçalves (2007) apresenta a reconstrução como a remoção de todo o material existente na constituição física da rodovia.

### 2.3 Valor de Serventia Atual (VSA)

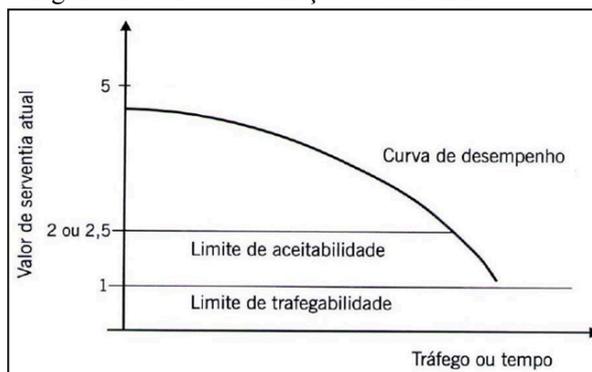
De acordo com a Norma DNIT 009/2003-PRO, regulamentadora desta avaliação, valor de serventia atual é a determinação da capacidade de pavimento proporcionar ao usuário, conforto de rolamento em quaisquer condições de tráfego. Através desta estimativa é emitido o diagnóstico do estado de superfície do pavimento e de que maneira intervém na trafegabilidade de veículos.

Os níveis de serventia adotados são distribuídos em uma escala de 0 a 5 sendo 0-1 péssimo; 1-2 ruim; 2-3 regular; 3- 4 bom e 4-5 ótimo.

Conforme Bernucci et al (2008), de maneira geral, o VSA é elevado a seu maior valor quando da restauração ou reconstrução do pavimento se bem executado, pois proporciona uma superfície suave e, praticamente sem irregularidades e/ou patologias. Todavia a condição de estado perfeito da via, sem irregularidades (VSA=5), não é verdadeiramente encontrada na prática. o VSA do pavimento tende a decrescer de acordo com o passar do tempo, devido às ações intempéries ou intensidade de tráfego da via. A Norma DNIT 008/2003-PRO, (Quadro 01) estabelece os critérios adotados na Avaliação Subjetiva do pavimento.

Ainda conforme Bernucci et al (2008) o VSA do pavimento tende a decrescer de acordo com o passar do tempo, devido às ações intempéries ou intensidade de tráfego da via. O gráfico da curva de serventia com tempo decorrido de utilização do pavimento é mostrado no Figura 01.

Figura 01: Curva da Variação de Serventia



Fonte: BERNUCCI et al (2008, p.405)

Quadro 01 – Critérios da Avaliação do Pavimento

Conceito	Descrição
Ótimo	Necessita apenas de conservação rotineira
Bom	Desgaste superficial, poucas trincas em áreas localizadas
Regular	Trincas, poucos buracos superficiais, irregularidade longitudinal e transversal
Mau	Defeitos generalizados, remendos superficiais e profundos em áreas localizadas
Péssimo	Defeitos generalizados com necessidades de correções prévias em toda a extensão do trecho. Deterioração do revestimento e demais camadas – infiltração de água e descompactação da base

Fonte: DNIT 008/2003-PRO

De acordo com a Norma DNIT 009/2003-PRO, deve-se avaliar em trechos diferentes o pavimento estudado, e finalmente calcular o VSA médio total do pavimento. Para isto, deve-se utilizar a Equação 01 para o cálculo do VSA da via.

$$VSA = \frac{\sum Xx}{n} \quad (\text{Eq. 01})$$

Onde:

VSA = Valor de Serventia Atual;

X = Valores de Serventia Atual individual atribuído por cada avaliador;

n = Número de membros de avaliadores.

Segundo Rodrigues (2007) para um criterioso diagnóstico do avaliador, quanto ao valor de serventia, deve se considerar, além do tipo de patologia, intensidade, gravidade, frequência e extensão dos defeitos.

## 2.4 Soluções para Recuperação Funcional do Pavimento

Segundo Bernucci et al (2008), quando não existirem problemas estruturais e a restauração é necessária somente para correção de defeitos a nível de capa asfáltica, são

executados os tipos de revestimentos apresentados abaixo, no qual podem ser isolados ou combinados e antecedidos ou não por uma remoção do revestimento a ser recuperado por fresagem.

- **Lama Asfáltica (LAMA):** Bernucci et al (2008) a aplicação da Lama Asfáltica tem como objetivo revitalizar o revestimento existente, no qual é capaz de selar as trincas e rejuvenescer o pavimento.
- **Tratamento Superficial Simples ou Duplo (TSS ou TSD):** Bernucci et al (2008) define como Tratamento Superficial Simples ou Tratamento Superficial Duplo, como um revestimento que tem como função selar as trincas e restauração de aderência superficial. Consiste na aplicação de ligante betuminoso coberto por uma camada de material granular, sem constituição mineral, submetida ao processo de compactação.
- **Microrrevestimento Asfáltico a Frio e a Quente (MICRO):** O Microrrevestimento é indicado para selagem de trincas, restauração da aderência superficial, impermeabilização, rejuvenescimento da capa asfáltica e até mesmo como antiderrapante de pavimentos segundo Bernucci et al (2008).
- **Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ):** De acordo com a Norma DNIT 031/2006-ES, o Concreto Betuminoso Usinado a Quente é uma mistura executada a quente, em usina específica, composto de agregado graduado, material de enchimento e cimento asfáltico petrolífero (CAP). Sua aplicação é precedida de material ligante entre a base e o revestimento, no qual deve-se ter um cuidado especial com a temperatura do mesmo.

## 2.5 Número “N” – Fator de Dimensionamento do Pavimento Flexível

Segundo o Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006), o principal fator que influi no dimensionamento adequado dos pavimentos flexíveis é o tráfego que uma via irá suportar em determinado tempo de uso com segurança e conforto adequado. Quando os veículos passam pela via, há um processo de carregamento e descarregamento de cargas das rodas em um ponto fixo da superfície, ao longo de um período. O dano que é causado por estes carregamentos é significativo quando considerado o efeito acumulativos dos veículos que passam pela via, o que determina a resistência de vida à fadiga dos pavimentos.

Este mesmo Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006), determina que Número “N” é um método, dentro outros, que pode ser utilizado como maneira de dimensionamento da espessura do revestimento asfáltico, como mostra o Quadro 02.

Quadro 02 – Parâmetros da espessura do revestimento em relação ao Número “N”

N	Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamento superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimento betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Fonte: Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006)

### 2.5.1 Cálculo adotado pelo DNER

Conforme o Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006), este índice é o número de repetições dos eixos dos veículos, equivalentes às ações do eixo padrão rodoviário, no qual é de 8,2 tf, durante um determinado tempo de vida útil segura e eficiente do pavimento.

O Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis do DNER (1996) define o Número “N”, número de solicitações equivalentes, utilizando a seguinte Equação 02:

$$N = 365 \times VMDA \times FV \times FR \times FD \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

N = Número equivalente de operações de eixo-padrão de 8,2 tf;

VMDA = Volume Médio Diário Anual na rodovia;

FV = Fator Veículos;

FR = Fator Climático Regional (adotado = 1,0)

FD = Fator Direcional (considerando 50% no caso de rodovia de pista simples).

- **Volume médio diário anual (VMDA)**

Segundo o Manual de Restauração dos Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006), a avaliação dos volumes de tráfego deve levar em consideração as séries históricas existentes de contagens volumétricas que foram coletadas ao longo dos últimos anos. O estudo do VMDA determina a taxa de crescimento anual dos veículos, podendo assim, estabelecer uma projeção futura do projeto.

Conforme estabelece o Manual de Restauração dos Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006) estes dados podem ser coletados no órgão responsável pela jurisdição da rodovia, podendo ser o próprio Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre (DNIT) ou o Departamento de Estradas e Rodagem (DER) do determinado estado.

Fica estabelecido por este Manual do DNIT que o VMDA deve projetar um tráfego futuro, de no mínimo dez anos, levando em consideração a taxa de crescimento de veículos da via, com base no estudo da série histórica e definido pela equação 03 abaixo.

$$VMDAf = VMDAi \times (1 + i)^n \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

VMDAf = Volume Médio Diário Anual na rodovia (futuro);

VMDAi = Volume Médio Diário Anual na rodovia (atual);

n = Número de anos do Período do Projeto;

i = Taxa de crescimento anual

- Fator veículos (FV)

O Manual de Restauração dos Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006) define como sendo o Fator Veículo o produto do Fator Eixo com o Fator Carga, no qual estão definidos como fator por eixo, correspondente ao número de eixo dos veículos de carga, e o fator por carga, que corresponde a um coeficiente que, multiplicado pelo número de eixos que circulam, corresponde ao número equivalente de eixos padrões de 8,2 tf, no qual podem ser utilizados valores com a carga máxima permitida pela Lei da Balança e com limite de tolerância.

Ainda de acordo com o Manual de Restauração dos Pavimentos Asfálticos do DNER (2006), os coeficientes do Fator Veículo (FV) possuem seus valores de equivalência já estabelecidos para três tipos de situações, sendo elas para caminhões vazios, carga legal, e carga máxima. Ainda de acordo com o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006) a Equação 04 abaixo, define pelo Método AASHTO ou antigo DNER, o Fator Veículo Final do Trecho.

$$FV_{final} = \Sigma \frac{VMDAv \times FVv}{VMDAf} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:

FVfinal= Fator Veículo Final;

VMDAv = Volume Médio Diário Anual do tipo do veículo na rodovia (futuro);

VMDAf = Volume Médio Diário Anual na rodovia dos Veículos de Carga (futuro);

FVv = Fator Veículo específico

Tabela 01 – Tipos de Veículos com descrição dos Eixos

TIPOS DE VEÍCULOS											
CLASSE / TIPO		CONFIGURAÇÃO	TIPOS DE EIXOS				Nº EIXOS	Nº PNEUS	Nº UNIDADES		
			1º	2º	3º	4º					
VEÍCULOS LEVES	CARROS DE PASSEIO		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	SIMPLES DE RODAS SIMPLES			02	04	01		
	UTILITÁRIOS (PICK-UPS E FURGÕES)	 	SIMPLES DE RODAS SIMPLES	SIMPLES DE RODAS SIMPLES			02	04	01		
ÔNIBUS	ÔNIBUS ≈ 2C		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	SIMPLES DE RODAS DUPLAS			02	06	01		
	TRIBUS		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	DUPLO ESPECIAL			03	08	01		
VEÍCULOS COMERCIAIS	CAMINHÃO LEVE (608 e F4000)	2C LEVE		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	SIMPLES DE RODAS DUPLAS			02	06	01	
		CAMINHÕES MÉDIOS E PESADOS	2C		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	SIMPLES DE RODAS DUPLAS			02	06	01
			3C		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	DUPLO TANDEM			03	10	01
			4C		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	TRIPLO TANDEM			04	14	01
	CAMINHÕES COM SEMI-REBOQUE (CARRETAS)	2S1		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	SIMPLES DE RODAS DUPLAS	SIMPLES DE RODAS DUPLAS			03	10	01
		2S2		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	SIMPLES DE RODAS DUPLAS	DUPLO TANDEM			04	14	01
		2S3		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	SIMPLES DE RODAS DUPLAS	TRIPLO TANDEM			05	18	01
		3S2		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	DUPLO	DUPLO TANDEM			05	18	01
		3S3		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	DUPLO	TRIPLO TANDEM			06	22	01
		CAMINHÕES COM REBOQUE (ROMEU E JULIETA)	2C2		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	SIMPLES DE RODAS DUPLAS	SIMPLES DE RODAS DUPLAS	SIMPLES DE RODAS DUPLAS		04	14
	2C3			SIMPLES DE RODAS SIMPLES	SIMPLES DE RODAS DUPLAS	SIMPLES DE RODAS DUPLAS	DUPLO		05	18	02
	3C2			SIMPLES DE RODAS SIMPLES	DUPLO	SIMPLES DE RODAS DUPLAS	SIMPLES DE RODAS DUPLAS		05	18	02
	3C3			SIMPLES DE RODAS SIMPLES	DUPLO	SIMPLES DE RODAS DUPLAS	DUPLO		06	22	02
	"TREMINHÃO"		3C4		SIMPLES DE RODAS SIMPLES	DUPLO	DUPLO	DUPLO		07	26

Fonte: Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006)

- Taxa de crescimento (TX)

A Taxa de Crescimento do VMDA é definida pela seguinte equação 05.

$$TX(\%) = \frac{VMDAf - VMDAi}{(n-1) \cdot VMDAi} \times 100 \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:

TX = Taxa de Crescimento Anual de Veículos

VMDAf = Volume Médio Diário Anual do último ano da série histórica;

VMDAi = Volume Médio Diário Anual do início da série histórica;

n = Número de anos da série histórica.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho fez uso da metodologia de pesquisa do tipo estudo de caso que consiste em uma pesquisa qualitativa e descritiva, sendo definido com um estudo empírico que investiga um fenômeno de determinada realidade (YIN, 2005).

O estudo de caso será realizado na Rodovia BR-163(Paraná) – Segmento: Barracão/PR km 10 – Santo Antônio do Sudoeste/PR km 35 para poder descrever e analisar as principais não-conformidades observadas na estrutura do pavimento.

Os dados serão apresentados em forma de relatório fotográfico, tabelas e gráficos, definindo os valores de VSA, identificando assim as patologias encontradas no trecho e formular estratégias de intervenção e recuperação eficientes para o segmento em questão, de modo a preservar sua funcionalidade: garantir economia operacional, conforto durante a locomoção e, sobretudo, segurança aos usuários.

O correto diagnóstico e tratamento das patologias em pavimentos flexíveis são fundamentais para a eficiência e a evolução das rodovias e vias urbanas. Considerando a relevância da temática e as observações feitas em estudos preliminares e revisões bibliográficas, propõe-se as seguintes hipóteses: A incidência de patologia em pavimentos flexíveis está diretamente relacionada à inadequação dos procedimentos construtivos e à falta de manutenção periódica. A implementação de técnicas construtivas otimizadas e um programa de manutenção preventiva pode reduzir a ocorrência dessas patologias.

Este postulado servirá como base para a condução das investigações e análises subsequentes neste trabalho. A verificação dessas hipóteses permitirá não apenas uma compreensão mais aprofundada das causas subjacentes às patologias em pavimentos flexíveis, mas também fornecerá insights detalhados sobre as melhores práticas e técnicas para mitigar ou prevenir tais ocorrências no campo da engenharia civil. O trabalho também pretende analisar o comportamento do pavimento após a análise do VSA e estabelecer similaridade entre tais parâmetros, e propor soluções econômicas que se adequem às patologias encontradas.

#### 3.1 Rodovia BR-163

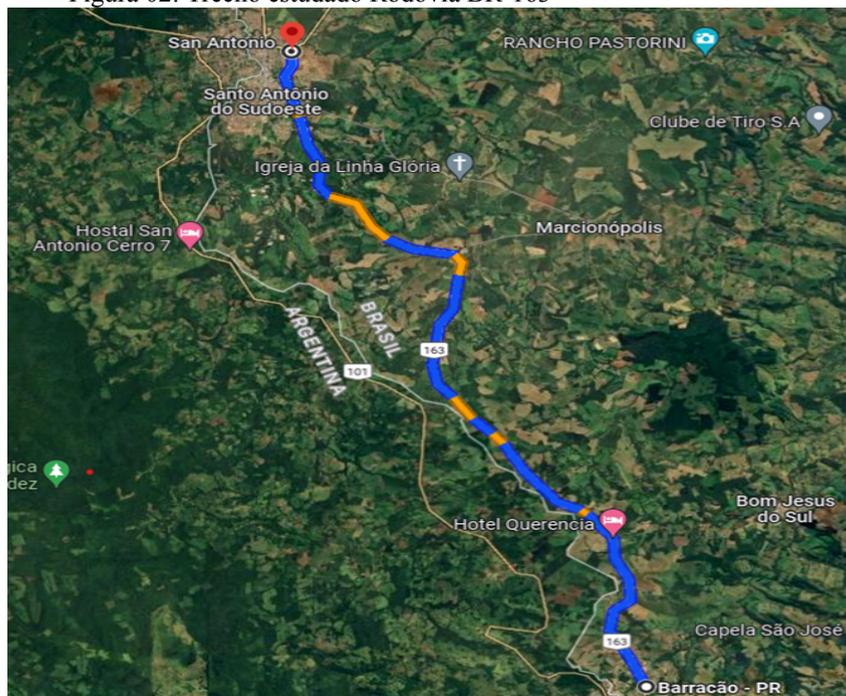
A BR-163 é uma rodovia transversal brasileira que se estende do Rio Grande do Sul até o estado do Pará. Seu traçado corta uma série de estados, sendo importante através do

escoamento da produção agrícola brasileira, em especial a produção de grãos do Sul ao Centro-Oeste Brasileiro.

No trecho da rodovia que se estende do km 10, situado no município de Barracão, ao km 35, localizado em Santo Antônio do Sudoeste, ambos no Paraná, conforme figura 02, observa-se uma localização geográfica na fronteira com a Argentina. Esta localização estratégica implica em um elevado volume diário de circulação de veículos, com uma presença significativa de tráfego pesado.

Como consequência do intenso fluxo e um aparente déficit em ações de conservação, são perceptíveis diversas patologias no pavimento. Este cenário evidencia a necessidade urgente de um estudo técnico detalhado, voltado para a identificação, análise e proposição de soluções para os problemas apresentados, garantindo a segurança, o conforto e a eficiência deste segmento rodoviário.

Figura 02: Trecho estudado Rodovia BR-163



Fonte: Google Maps (2024)

### 3.2 Etapas da pesquisa

A pesquisa teve como premissa a realização em três etapas:

- **1º Etapa:** Inicialmente, foi caracterizado o nível de serventia do pavimento em cada trecho, através da aplicação da metodologia do VSA. Através dessa análise é possível determinar o tipo de intervenção necessária no processo de reabilitação.

- **2º Etapa:** Nessa etapa, será calculado o tráfego futuro para projeção de horizonte de projeto. Assim, é possível obter um dimensionamento eficiente do pavimento, para que a solução funcional adotada garanta eficiência.
- **3º Etapa:** Na última etapa do estudo, após a análise da contagem volumétrica dos veículos, foram propostas as possíveis soluções para recuperação do pavimento a partir de defeitos obtidos pelo VSA.

## **4 RESULTADO E DISCUSSÃO**

O estudo seguiu ordenadamente a definição dos valores de VSA (Valor de Serventia Atual), com base em relatório fotográfico e tabelas, a fim de identificar as patologias encontradas em cada trecho. O segmento em análise foi dividido em trechos de 500 em 500 metros, sendo uma extensão total de 25 quilômetros, do km 10 ao km 35.

Em cada segmento de 500 metros foram realizadas fotografias, registro das patologias encontradas e anotado valor de VSA tomado pelo avaliador, conforme demonstra o ANEXO A.. Para obter um valor aproximado e criterioso do Valor de Serventia, foram realizadas visitas em veículo automotor e caminhadas sobre o pavimento definido como objeto de estudo.

### **4.1 Situação Atual do Trecho**

Tendo em consideração a importância do método de análise subjetiva e visual, através do VSA, ficou evidente que o trecho se encontra em situação desconfortável de rolamento, no qual pode ser perceptível pelos constantes desnível do pavimento e excesso de ruídos dos pneus do veículo com o desgaste da capa asfáltica.

As condições desfavoráveis estão associadas a segmentos onde se tem frequentes ocorrências de fissuras, remendos e trincas tipo “couro de jacaré” com e sem erosão, trincas tipo “bloco” com e sem erosão, trincas transversais longas e curtas, trincas longitudinais longas e curtas. Abaixo, as Figuras 04, 05, 06 e 07 podem constatar o registro de algumas patologias identificadas no trecho.

Figura 04: Trecho com patologia Km 18,58



Fonte: O autor (2023)

Figura 05: Trecho com patologia Km 34,98



Fonte: O autor (2023)

Figura 06: Trecho com patologia Km 33,87



Fonte: O autor (2023)

Figura 07: Trecho com patologia Km 27,20



Fonte: O autor (2023)

Do ponto de vista das degradações superficiais e da análise do Valor de Serventia Atual (VSA), e conforme apresentado na Tabela 02 abaixo, o trecho apresenta uma predominância do conceito “regular”.

Tabela 02: Média do Valor de Serventia Atual do Pavimento Flexível

Segmento (KM)		VSA	Segmento (KM)		VSA	Segmento (KM)		VSA
10	10,5	<b>2,50</b>	17,5	18	<b>2,50</b>	25	25,5	<b>2,30</b>
10,5	11	<b>1,00</b>	18	18,5	<b>2,90</b>	25,5	26	<b>1,00</b>
11	11,5	<b>1,80</b>	18,5	19	<b>3,00</b>	26	26,5	<b>1,80</b>
11,5	12	<b>2,80</b>	19	19,5	<b>2,50</b>	26,5	27	<b>2,80</b>
12	12,5	<b>1,90</b>	19,5	20	<b>2,00</b>	27	27,5	<b>1,90</b>
12,5	13	<b>2,10</b>	20	20,5	<b>2,20</b>	27,5	28	<b>2,10</b>
13	13,5	<b>2,40</b>	20,5	21	<b>1,90</b>	28	28,5	<b>2,40</b>
13,5	14	<b>2,00</b>	21	21,5	<b>1,70</b>	28,5	29	<b>2,00</b>
14	14,5	<b>3,00</b>	21,5	22	<b>1,70</b>	29	29,5	<b>3,00</b>
14,5	15	<b>2,90</b>	22	22,5	<b>2,70</b>	29,5	30	<b>2,90</b>
15	15,5	<b>2,50</b>	22,5	23	<b>2,00</b>	30	30,5	<b>2,50</b>
15,5	16	<b>3,00</b>	23	23,5	<b>2,20</b>	30,5	31	<b>3,00</b>
16	16,5	<b>3,00</b>	23,5	24	<b>2,50</b>	31	31,5	<b>3,00</b>
16,5	17	<b>3,00</b>	24	24,5	<b>2,80</b>	31,5	32	<b>3,00</b>
17	17,5	<b>3,00</b>	24,5	25	<b>2,30</b>	32	32,5	<b>3,00</b>
<b>MÉDIA DE VSA DO SEGMENTO TOTAL</b>								
<b>2,45</b>								

Fonte: O autor. (2024)

O VSA da rodovia foi definido em 2,45 (Tabela 2), ou seja, classifica-se em conceito “regular”, necessitando de intervenção tipo restauração, não havendo necessidade de reconstrução ou substituição das camadas inferiores ao da capa asfáltica.

Atualmente, não existe fiscalização na rodovia do controle de tráfego de veículos pesados e de cargas, no qual permitem garantir que os mesmos andem dentro dos padrões adequados de peso, para garantir que não cause problemas à qualidade e vida útil do pavimento. Esta situação tem sido o principal fator de degradação do pavimento.

Devido à diversidade de patologias está evidente que as condições de trafegabilidade tendem a piorar, caso não haja intervenção adequada para aumentar os valores de serventia e desta maneira garantir segurança, economia e conforto ao usuário. Portanto, necessita de correções necessárias às patologias decorrentes ao constante tráfego pesado de veículos de carga e veículos leves.

#### **4.2 Estudo dos parâmetros de recuperação do pavimento analisado**

O estudo de tráfego para a rodovia BR-163 km 10, situado no município de Barracão, ao km 35, localizado em Santo Antônio do Sudoeste foi obtido através de pesquisa bibliográfica no Departamento de Estradas de Rodagem do PR (DER-PR). Todavia, o último estudo de tráfego existente no órgão, foi da data de 2017. Assim, o parâmetro encontrado foi utilizado para obtenção da taxa de crescimento de cada tipo de veículo, permitindo verificar sua projeção futura. Os dados de tráfego existentes, se deram pela pesquisa bibliográfica nos arquivos do DER/PR, referentes a rodovia em pesquisa, estão apresentados na Tabela 03, apresenta a seguir.

Tabela 03: Série Histórica dos VMDA da Rodovia BR-163 do Trecho em estudo

TIPO DE VEÍCULO		2015		2016		2017	
		VMD	%	VMD	%	VMD	%
Passeio		4071	46,53	4181	46,09	4302	46,06
Utilitário		1240	14,17	1273	14,03	1310	14,02
Ônibus	2C	134	1,53	138	1,52	145	1,55
	3C	65	0,74	67	0,74	70	0,75
Caminhões	Caminhão leve 2C	751	8,58	800	8,82	823	8,81
	Caminhão médio/pesado 2C	553	6,32	568	6,26	585	6,26
	Caminhão médio/pesado 3C	3	0,03	4	0,04	3	0,03
	Caminhão médio/pesado 4C	45	0,51	46	0,51	49	0,52
	Carretas 2S1	10	0,11	12	0,13	13	0,14
	Carretas 2S2	491	5,61	504	5,56	520	5,57
	Carretas 2S3	530	6,06	583	6,43	601	6,43
	Carretas 3S2	151	1,73	155	1,71	161	1,72
	Carretas 3S3	298	3,41	316	3,48	325	3,48
	Bi-trem 2C2	16	0,18	17	0,19	19	0,20
	Bi-trem 2C3	13	0,15	13	0,14	14	0,15
	Bi-trem 3C2	8	0,09	10	0,11	9	0,10
	Bi-trem 3C3	4	0,05	6	0,07	5	0,05
	Treminhão 3C4	78	0,89	82	0,90	82	0,88
Motocicletas		288	3,29	296	3,26	305	3,27
<b>TOTAL</b>		<b>8749</b>	<b>100,00</b>	<b>9071</b>	<b>100,00</b>	<b>9341</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Boletins Rodoviário do DER-PR (2015 a 2017)

- **Taxa de Crescimento Anual**

Com base nos dados obtidos da série histórica do VMDA, é necessário obter a taxa de crescimento anual dos veículos da via. Desta maneira a taxa de crescimento foi obtida de acordo com a Equação 05 apresentada a seguir.

$$TX(\%) = \frac{9341 \text{ veículos} - 8749 \text{ veículos}}{8749 \cdot (3-1)} \times 100 = \mathbf{3,38\% \text{ ao ano}}$$

- **VMDA Atual**

Como obtemos a taxa de crescimento anual, de acordo com a série histórica obtida, é possível definir o VMDA de 2024, visto que o último estudo de tráfego foi datado de 2008. Portanto a VMDA de 2024 é definida pela equação 03 abaixo.

$$VMDA(2024) = 9341 \times (1 + 3,38\%)^7 = 11.789 \text{ veículos/dia}$$

- **VMDA de horizonte de projeto**

Definido o VMDA atual é possível calcular, através da Equação 03, o tráfego de horizonte de projeto. Conforme o Manual de Estudo de Tráfego do DNIT (2006) a projeção do VMDA deve ser de no mínimo 10 anos, portanto em 2034.

$$VMDA(2034) = 11.789 \times (1 + 3,38\%)^{10} = 16.438 \text{ veículos/dia}$$

- **Cálculo do Fator Veículo (FV)**

O Fator Veículo é calculado de acordo com a equivalência do fator carga com o fator eixo, conforme o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006). A **Tabela 04** apresenta o **cálculo dos FV dos veículos de carga e finalmente o FV final do trecho.**

Tabela 04: Cálculo do Fator Veículo Final - AASHTO

CLASSE/TIPO		2034		FATOR VEÍCULO "AASHTO"			
		VMDA	F <sub>v1</sub>	VMDA <sub>v</sub> x F <sub>v2</sub>	ΣVMDA <sub>f</sub>		
VEÍCULOS DE PASSEIO	MOTOS		566				
	CARROS LEVES		7.995				
	UTILITÁRIOS		2.434				
ÔNIBUS		2C	263	2,721	0,115		
		3C	129		0,000		
VEÍCULOS COMERCIAIS	CAMINHÕES	CAMINHÃO LEVE	2C	1.529	0,079	0,019	
		CAMINHÕES MÉDIOS E PESADOS	2C	1.086	4,941	0,865	
			3C	6	3,369	0,003	
			4C	89	3,258	0,178	
		CAMINHÕES COM SEMI-REBOQUE (CARRETAS)	2S1	20	9,320	0,047	
			2S2	963	7,748	0,030	
			2S3	1.114	7,637	1,203	
			3S2	296	5,114	1,372	
		CAMINHÕES COM REBOQUE (BI-TREM)	3S3	604	5,003	0,244	
			2C2	32	13,699	0,487	
			2C3	25	11,065	0,071	
		TREMINHÃO	3C2	15	11,065	0,045	
			3C3	8	8,431	0,027	
		TOTAL			16.438		4,849

Fonte: O autor (2024).

- **Determinação do Número "N"**

Após a obtenção dos dados, é necessário determinar o Número "N" conforme Equação 2.

$$N = 365 \times 16438 \times 4,849 \times 1,00 \times 0,5$$

$$N = 1,454 \times 10^7$$

- **Determinação da Espessura do Revestimento Betuminoso**

Com base no Quadro 04, a espessura do revestimento é determinada.

$$5 \times 10^6 < \underline{1,454 \times 10^7} \leq 10^7$$

O revestimento adotado foi o Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), portanto: Revestimento Betuminoso com espessura de 7,50 cm.

### 4.3 Soluções funcionais de recuperação do trecho analisado

Com base nos levantamentos efetuados, através do VSA, é possível compreender a porcentagem de área necessária para executar a fresagem do pavimento asfáltico, ou seja, a retirada do revestimento envelhecido para posteriormente a aplicação de Camada betuminosa nova, e de 100%. A degradação é grande quanto às diversas variáveis que compreendem sobre o pavimento.

Portanto as soluções de Reabilitação do Pavimento foram baseadas nas condições atuais de degradação e projetadas com um horizonte de projeto de 10 anos, conforme a determinação do VMDA para 2034. É necessário que o cronograma das atividades apresentadas abaixo, trabalhem em conjunto para agilizar o processo de regularização do revestimento e não cause danos aos usuários que passaram pela rodovia durante a execução da obra.

- **Fresagem:** Será executada a fresagem de 100% da pista de rolamento do trecho, incluído a faixa de acostamento, com espessura de 5 centímetros do revestimento envelhecido. O material fresado deverá ser utilizado para recompor o leito estradal e incluído em acessos particulares como “limpa-rodas” de veículos
- **Pintura de Ligação:** De modo a eliminar o pó e o material sobressalente, na superfície e Pintada com Ligante RR-1C (neste caso 100% do trecho), usam-se de preferência vassouras mecânicas rotativas para a limpeza.
- **Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ):** Conforme já determinado pelo Número “N”, através do método da AASHTO e DNER, ficou definido um revestimento betuminoso de 7,50 centímetros de espessura.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista os dados levantados em campo e o estudo teórico que foi captado ao longo de toda pesquisa em referências bibliográficas, percebe-se que o número e o grau de patologias ao longo da Rodovia BR 163, no trecho Barracão/Santo Antônio do Sudoeste vem crescendo gradativamente com o passar do tempo em que a mesma não sofre melhorias em sua estrutura.

O segmento se encontra em nível abaixo do aceitável, mas ainda acima do mínimo estabelecido pela normatização, o que deixa claro a necessidade de correções a nível de intervenções de restauração. O fator principal em que levou a rodovia a chegar a um nível abaixo do “bom”, devido à quantidade e intensidade das patologias do pavimento, é o grande espaço de tempo em que a mesma não sofre melhorias em sua estrutura e capa de rolamento ou revestimento asfáltico. Outro aspecto que contribuiu, foi o grande tráfego de veículos de carga pesada que passam diariamente pela rodovia, bem como a falta de vistoria e fiscalização..

O VSA (Valor de Serventia Atual) se mostrou aceitável, respeitado e eficiente para traçar o diagnóstico do pavimento e assim abranger estudo que possa caracterizar uma solução viável. Com base na análise histórica do VMDA (Volume Médio Diário Anual) foi possível compreender o horizonte de projeto da solução adotada, no qual permitiu um dimensionamento correto e eficiente para o trecho, através do Número “N”. Este dimensionamento é maior do que o usual pelos órgãos públicos, que no intuito de fazer volume de recuperação de rodovias, utiliza métodos mais econômicos e horizontais de projeto mais curtos, o que causa a rápida fadiga do pavimento. Além de não manter um controle adequado dos veículos de carga.

Desta maneira ficou definido por este trabalho que a rodovia necessita da fresagem de seu pavimento, devido ao fato da grande presença de trincas e do elevado desgaste da capa asfáltica. Posteriormente o novo revestimento foi escolhido como Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) com espessura de 7,50 centímetros, o que pode dar elevada resistência ao tráfego solicitado, desde que usados dentro dos padrões estabelecidos pelo DER-PR.

Esta pesquisa evidenciou através de análises, métodos e fotografias, que a rodovia em estudo está necessitando de providências cabíveis e rápidas para melhorar o nível de serventia. Portanto se mostrou completa e necessária na contribuição das melhorias da segurança, conforto e economia dos usuários que necessitam deste importante acesso.

## REFERÊNCIAS

AASHTO – AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **AASHTO guide for design of pavement structure**. Washington, USA, 1993

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR-7207 – Terminologia e classificação de Pavimentação. Rio de Janeiro, 1982.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo, 2007.

BERNUCCI, L.B. **Pavimentação asfáltica: formação para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobrás, 2008.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Pavimentação – Lama asfáltica**, DNER-ES 314/97. Rio de Janeiro. 1997.

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Conservação, Restauração e melhoramentos**, DNER-TER 02-79. Rio de Janeiro, 1979.

DNIT -DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos**, DNIT - PRO. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos**, DNIT 005/2003 - TER. Rio de Janeiro, 2003.

GONÇALVES, F.J.P. **Diagnóstico e manutenção de pavimentos: ferramentas auxiliares**. Passo Fundo: Ed. Universidade, 2007.

PINTO, S; PREUSSLER, E. **Pavimentação Rodoviária: conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis**. Rio de Janeiro: Synergia IBP, 2010.

RODRIGUES, R. M. **Engenharia de pavimentos: Gerência de Pavimentos**. Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, 2007. v.2.

## ANEXO A

## Relatório de Segmento do VSA.

Valor de Serventia Atual (VSA)	
BR-163	
Barracão/ Santo Antônio do Sudoeste - BR-163 Km 10 ao Km35	
REGISTRO DE PATOLOGIAS	
AVALIADOR: Carlos Eduardo de Oliveira Baptista	TRECHO (km): 18
EXTENSÃO (m): 500,00	DATA: 12/03/24
	
<b>PATOLOGIAS</b> TRINCA TIPO "COURO DE JACARÉ"	<b>PATOLOGIA:</b> ONDULAÇÕES
	
<b>PATOLOGIAS</b> PAINELA	<b>PATOLOGIAS</b> TRINCA TIPO "COURO DE JACARÉ"
PATOLOGIAS	ÍNDICE ADOTADO - VSA (0 a 5)
Fissuras (FI)	<b>2</b>
Trinca Isolada Transversal Curta (TTC)	
Trinca Isolada Transversal Longa (TTL)	
Trinca Isolada Longitudinal Curta (TLC)	
Trinca Isolada Longitudinal Longa (TLL)	
Trinca de Retração (TRR)	
Trinca "Couro de Jacaré" com Erosão (JE)	
Trinca "Couro de Jacaré" sem Erosão (J)	
Trinca tipo "Bloco" com Erosão (TBE)	
Trinca tipo "Bloco" sem Erosão (TB)	
Afundamento de Consolidação Local (ALC)	<p style="text-align: center;"><b>Valor de Serventia Atual (VSA)</b></p> 
Afundamento de Consolidação de Trilho de Roda (ATL)	
Afundamento Plástico Local (ALC)	
Afundamento Plástico da Trilha de Roda (ATP)	
Ondulações (O)	
Escorregamento (E)	
Exsudação (EX)	
Desgaste (D)	
Panela (P)	
Remendo (R)	

Fonte: O Autor (2024)