



## ANÁLISE DOS PAVIMENTOS UTILIZADOS NAS RODOVIAS BRASILEIRAS

### ANALYSIS OF PAVEMENTS USED ON BRAZILIAN HIGHWAYS

*Gilmara Dannielle de Carvalho Rocha<sup>1</sup>*

*Janaina Martins da Costa<sup>2</sup>*

*João Francisco de Maria Filho<sup>3</sup>*

*Luana Leal Fernandes Araújo<sup>4</sup>*

*Rosângela Guimarães de Oliveira<sup>5</sup>*

#### RESUMO

Este artigo tem como objetivo analisar os pavimentos utilizados nas rodovias brasileiras, investigando os tipos de pavimentos, as condições atuais nas rodovias, as causas da pouca durabilidade, sua composição e forma de fabricação e os processos de execução, manutenção e reparo do pavimento rodoviário. Metodologicamente o estudo caracteriza-se como uma pesquisa de caráter bibliográfico de dados pré-existentes, sendo também o estudo descritivo e exploratório, com abordagem qualitativa. Como resultados, observou-se que são utilizados dois tipos de pavimentos, o flexível e o rígido, sendo o flexível predominante nas rodovias, apesar do modal rodoviário ser o mais utilizado no Brasil, as condições técnicas e disposição de malha rodoviária estar a desejar, a durabilidade do pavimento depende da execução, dos requisitos técnicos, fiscalização e principalmente da manutenção preventiva das rodovias, quanto a durabilidade o pavimento rígido se destaca. Portanto, entende-se que analisar a pavimentação das rodovias brasileiras é uma forma de observar a situação das vias de transporte de bens de consumo e pessoas, é apresentar como a integração

<sup>1</sup> Graduanda do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Faculdade Estácio João Pessoa. E-mail: rochagdc@gmail.com

<sup>2</sup> Graduanda do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Faculdade Estácio João Pessoa. E-mail: janainamartins.costa@hotmail.com

<sup>3</sup> Graduando do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Faculdade Estácio João Pessoa. E-mail: jff709310@gmail.com

<sup>4</sup> Professora orientadora e docente dos cursos de Engenharias da Faculdade Estácio João Pessoa. E-mail: luana.leal@estacio.br

<sup>5</sup> Professora orientadora de TCC dos cursos de Engenharias da Faculdade Estácio João Pessoa. E-mail: rosangela.oliveira@estacio.br

socioeconômica, cultural e política depende da qualidade dos pavimentos, pois assegura os motoristas em viagens seguras, confortáveis e eficientes.

**Palavras-chave:** Pavimento. Rodovias Brasileiras. Durabilidade. Composição.

## ABSTRACT

This article aims to analyze the pavements used on Brazilian highways, investigating the types of pavements, the current conditions on the highways, the causes of low durability, their composition and form of manufacture and the processes of execution, maintenance, and repair of the road pavement. Methodologically, the study is characterized as bibliographic research of pre-existing data, being also a descriptive and exploratory study, with a qualitative approach. As a result, it was observed that two types of pavements are used, flexible and rigid, the flexible being predominant on highways, despite the road modal being the most used in Brazil, the technical conditions and layout of the road network are to be desired, the durability of the pavement depends on the requirements, inspection and mainly the preventive maintenance of the highways, as for the durability the rigid pavement stands out. Therefore, it is understood that analyzing the paving of Brazilian highways is a way of observing the situation of the transport routes for consumer goods and people, it is to present how socioeconomic, cultural, and political integration depends on the quality of the pavements, as it assures drivers in safe, comfortable, and efficient journeys.

**Keywords:** Pavement. Brazilian highways. Durability. Composition.

## INTRODUÇÃO

Um dos elementos essenciais para o desenvolvimento de qualquer sociedade industrial é a existência de uma infraestrutura adequada para a sustentabilidade socioeconômica de sua população. Atualmente no que tange ao transporte de pessoas e bens de consumo, tem-se disponível os meios de transporte: rodoviário, ferroviário, aquaviário, aéreo e dutoviários.

No Brasil, o modal rodoviário é o mais utilizado, porém sua malha rodoviária é precária quanto à quilometragem de malha asfaltada e manutenção. Sendo assim, as rodovias são infraestruturas que ligam pessoas e cidades, possibilitando o deslocamento da população e transporte de cargas (LEE, 2017).

A construção de novas rodovias proporciona o aumento da economia, o crescimento de cidades e vilarejos e principalmente traz oportunidades para regiões mais afastadas dos centros urbanos. Porém para que isso ocorra e se possa

beneficiar de tais estruturas, se faz necessário à execução correta dos projetos geométricos e principalmente o projeto de pavimentação, desde sua execução até a manutenção.

Com o crescimento da economia brasileira, a dependência por transportes de qualidade ficou cada vez maior, dando início ao sistema rodoviário, de acordo com o relatório gerado pela Confederação Nacional do Transporte (CNT) o transporte rodoviário tem participação em mais de 61% no transporte de cargas e mais de 95% na locomoção de passageiros (CNT, 2017).

Segundo a CNT que emite anualmente relatórios compondo os dados da malha rodoviária brasileira. O Brasil apresenta em sua composição 119.953,5 km de rodovias federais, 261.562,8 km de rodovias estaduais e 1.339.126,9 km de rodovias municipais, de acordo com os números apresentados tem o total de 1.720.643,2 km de malha rodoviária. Do total destas, 78,6% não é pavimentada, apenas 12,2% são pavimentadas e 9,2% é planejada (CNT, 2017).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo geral analisar os pavimentos utilizados nas rodovias brasileiras. E como objetivos específicos: Identificar os tipos de pavimentos e compreender as atuais condições; Investigar sobre as causas da pouca durabilidade dos pavimentos das rodovias brasileiras; Analisar a composição e a forma de fabricação dos pavimentos rodoviários; e Apresentar os processos de execução, manutenção e reparo do pavimento rodoviário.

Assim, justifica-se o estudo aqui apresentado no sentido de colaborar com as pesquisas desenvolvidas no que tange a situação das rodovias brasileiras com ênfase nos pavimentos utilizados, visto que nos últimos anos tem sido frequente os problemas relacionados a infraestrutura e ao desgaste, conseqüentemente oriundos de defeitos, os quais demandam manutenção periódicas, comprometendo a qualidade das vias. As análises possibilitarão identificar que a situação dos pavimentos brasileiros se encontra no estado aquém, quando referenciados a sua execução e manutenção, em virtude da ausência da manutenção preventiva, portanto a não realização de forma correta, acarretará um prejuízo nos setores alimentícios, no turismo, na economia, no combustível e em projetos de expansão tecnologia e, econômica para lugares afastados.

A insuficiência em investimentos provoca as piores condições das rodovias, atrelados ao progressivo aumento do volume de tráfego, impactando no número de acidentes, causando transtornos preocupantes tanto para a sociedade no modo geral como para o poder público. Assim os custos operacionais mediante aos serviços de transporte em geral são identicamente afetados pelo estado de preservação das rodovias.

## **HISTÓRIA E EVOLUÇÃO DAS ESTRADAS NO BRASIL**

A história das rodovias no Brasil se deu pela necessidade de locomoção e de travessias de longas distâncias tanto de mercadorias como de pessoas as quais só eram possíveis por terra. No Brasil, no século passado, os governantes viram a necessidade de escoamento de produtos, e começaram a investir em rodovias tornando-as o principal meio de transporte para cargas pesadas. Com o apoio dos Estados Unidos, o Brasil em 1920 começou uma longa e árdua jornada de implementação de rodovias, os americanos se ofereceram para financiar a abertura de estradas (FREITAS *et. al*, 2019).

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), em 2006, o nascimento da primeira Estrada de Rodagem do Brasil, considerada uma das maiores obra da engenharia na América Latina, datado no dia 7 de agosto de 1852, quando o intelectual Mariano Procópio alcançou seus objetivos, devido ao decreto do governo imperial n.º 1.301, o termo que concedia a autorização para a construção, melhoramento, intervenção e conservação de duas linhas de estradas. O acontecimento, que era visto por muitos como algo inconcebível de ser executado, foi iniciado em 12 de abril de 1856, feito realizado por D. Pedro I. Em 23 de Julho de 1861, a primeira estrada macadamizada do continente americano, desta forma, a partir desse marco nascia à rodovia União Indústria, construída por engenheiros alemães, 96 km no estado do Rio de Janeiro e 48 km no estado de Minas Gerais, totalizando 144 km de extensão (FREITAS *et. al*, 2019).

De acordo com dados do DNIT de 2006, a primeira lei a conceder auxílio federal para construção de estradas foi aprovada em 1905. São Paulo deu início a uma nova era, em 1926 com a criação da Diretoria de Estradas de Rodagem, que mais tarde daria início, em 1934, o Departamento de Estradas de Rodagem: o

primeiro órgão rodoviário brasileiro com independência metodológica, técnica e burocrática (ARAÚJO *et.al*, 2016).

Após alguns anos à frente tendo como foco os mesmos objetivos e os ampliando a nível nacional, em 1937 foi criado o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), órgão responsável pela manutenção, construção e pela política de infraestrutura de transporte terrestres e aquaviários, colaborando no suporte para o desenvolvimento do país (ARAÚJO *et.al*, 2016).

De acordo com a Pesquisa CNT de Rodovias (2021) a malha rodoviária brasileira passa por momentos turbulentos e desafiadores, a infraestrutura das rodovias encontra-se degradada, muitas estão em situação de risco, pois apresentam péssimo estado de conservação. A malha rodoviária cresce em passos lentos em relação a outros países da América Latina, o Brasil ocupa 93º posição, obviamente em desvantagens (CNT, 2021).

## **DEFINIÇÃO E IMPORTÂNCIA DA PAVIMENTAÇÃO NAS ESTRADAS**

De acordo com as informações do DNIT a pavimentação tem como finalidade proporcionar proteção à população, levando segurança e melhorias em todos os sentidos sejam eles nas condições de limpeza, saúde pública, crescimento econômico e social, proporcionando satisfação em níveis de segurança, confiança, e mais velocidade aos meios de transporte, sendo eles de pessoas ou de mercadoria em vias públicas urbanas (DNIT, 2006).

O DNIT define pavimentos como estruturas formadas por diversas camadas, tem como função receber as cargas dos veículos, e ação vinda do clima, como chuva, temperatura entres outros fatores climáticos. Por ser a camada que tem mais contato com o pneu – pavimento em movimento, ela deve apresentar a especificidade de ser impermeável e com uma boa resistência e aos esforços solicitados, e devem também estar de acordo com o projeto geométrico, projeto de pavimentação e características da via como velocidade e tamanho dos veículos, além do peso das cargas, para que possa atender as necessidades específicas de cada rodovia (DNIT, 2006).

Segundo Bernucci *et al.* (2006) pavimento é uma estrutura com várias camadas de espessuras diversas, construídas sobre uma superfície final de

terraplenagem, com o objetivo técnico e econômico de resistir aos esforços do fluxo de veículos e às possibilidades climáticas impostas, além de assegurar e promover aos usuários melhoria nas condições de trânsito, com economia, conforto e segurança.

O pavimento tem como finalidade designar acima de tudo segurança ao tráfego nas rodovias, tendo que aguentar efeitos oriundos do clima, que permita um deslocamento tranquilo, e que não resulte em perda excessiva dos pneus ou barulhos vindos dos pneus, e que permita o escoamento da água em sua superfície, apresentando um sistema de drenagem proveitoso, boa resistência e derrapagens (BERNUCCI *et al.* 2010).

É sabido que existe uma relação proporcional entre qualidade das rodovias e o desempenho, ou seja, se as rodovias não apresentam as qualidades mínimas de circulação isso impacta na economia do país. Uma rodovia que apresenta péssimas condições de pavimentação notoriamente aumenta o custo das operações relacionadas aos transportes, e reduz a segurança, conforto e tranquilidade dos motoristas e passageiros e das cargas, além de causarem acidentes (DNIT, 2017).

Quando comparado com outras estruturas utilizadas na engenharia civil, o pavimento tem vida curta, geralmente o pavimento é construído para suportar as cargas de tráfego ao longo de 10, 15 ou no máximo 20 anos (Manual do DNIT de 2006), tem a tarefa de fornecer segurança, conforto e economia.

Os pavimentos brasileiros apresentam diversos problemas estruturas, sua projeção é feita com durabilidade entre 8 e 12 anos, o que leva muito cedo a uma necessidade de manutenção, seja ela preventiva ou de recuperação. Em meio a vida útil dos pavimentos se faz necessários os devidos cuidados como investimentos em infraestrutura rodoviária, pavimentação, intervenções em recuperação, duplicação e por diante mais adequações que levem as rodovias alcançarem o seu verdadeiro tempo de uso (BERNUCCI *et.al*, 2006).

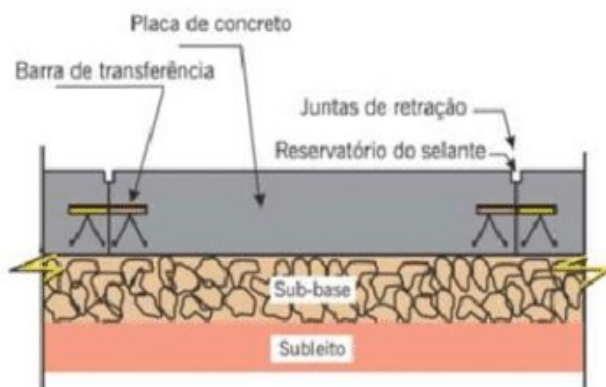
As condições de conservação dos pavimentos fazem ligação importante com a diminuição ou aumento do risco de acidentes nas rodovias, dependendo do seu estado, ou seja, buracos, má condição do contato rolamento das rodovias, ondulações, presença de afundamentos, todos contribuem para o aumento de acidentes e conseqüentemente, manutenção do veículo.

## PRINCIPAIS TIPOS DE PAVIMENTOS

Conforme a especificação do pavimento rodoviário, Bernucci *et al.* (2006) divide-o em dois tipos básicos: rígidos e flexíveis. Atualmente tem sido utilizada a nomenclatura pavimentos de Concreto de Cimento Portland para o rígido e pavimentos asfálticos para os flexíveis.

Segundo Brochado (2014), os pavimentos rígidos são constituídos principalmente por placas de concreto que na realidade concentra toda rotação, dividindo-a em grande área. Ao atingir o subleito, o peso encontra-se bastante absorvido. Formando assim as três camadas constituintes “revestimento”, “base” e “subleito” (Figura 1).

**Figura 1:** Pavimento Rígido.

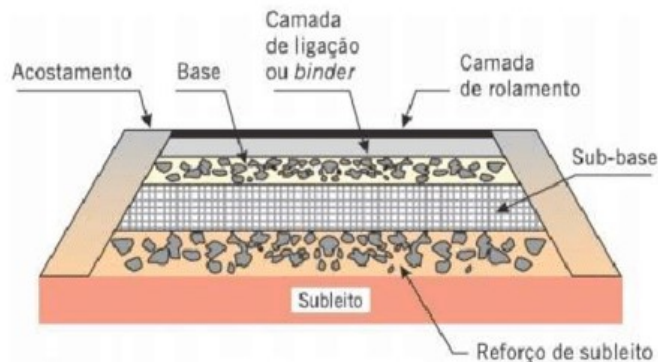


Fonte: BERNUCCI *et al.* (2006, p. 10).

Os pavimentos flexíveis são formados por diversas camadas com a finalidade de trabalharem simultaneamente, sendo que cada uma delas recebe um pedaço das exigências impostas e repassa o restante às camadas que ficam posicionadas em níveis inferiores, na parte de cima, ou seja, na parte superior apresenta uma camada de base constituída de revestimento betuminoso (DNIT, 2006).

Os pavimentos flexíveis caracterizam-se pela utilização de camadas na sua construção (Figura 2) e por possuir uma camada de revestimento com material asfáltico. O pavimento flexível quando submetido a uma carga atuante sofre deformações que impõe a estrutura um campo de tensões muito concentrado, portanto a pressão exercida sobre as bases não é partilhada de forma proporcional (BALBO, 2007).

**Figura 2:** Pavimento Flexível.



Fonte: BERNUCCI *et al.* (2006, p. 10).

No pavimento flexível os materiais que compõem essas camadas são em geral materiais granulares, solos ou mistura de solos. De acordo com o manual de pavimentação do DNIT, os pavimentos flexíveis apresentam métodos de dimensionamento, que são direcionados pelo DNER, onde as camadas do pavimento flexível são medidas em função do tipo de material constituinte, e da sua respectiva capacidade de suporte e do subleito (DNIT, 2006)

Já os materiais são definidos pelo ensaio de *California Bearing Ratio* (CBR) que consiste em um método para avaliar a resistência mecânica do solo, o qual é preconizado pelo DNER e normatizado pelo Método de Ensaio (ME) 172/2016, os de provas são moldados em laboratório para as condições de massa específica aparente e umidade especificada para o serviço. Um pavimento é dimensionado de forma que suas camadas sejam capazes de resistir, transmitir e distribuir as pressões do tráfego, sem sofrer ruptura, deformações ou desgastes (DNIT, 2006).

## CONSTITUINTES DE UM PAVIMENTO

A estrutura do pavimento tem a finalidade de adquirir e repassar os esforços entre suas camadas, diminuindo as pressões entre as camadas abaixo que, naturalmente apresentam uma menor resistência. O desempenho da estrutura de cada camada depende da sua rigidez, espessura e do entrosamento delas entre si.

Segundo Balbo (2007) e NBR 7207/82 o pavimento é composto por quatro camadas: subleito, sub-base, base e revestimento. O subleito é o terreno de fundação do pavimento ou do revestimento, quando necessário, faz-se um reforço

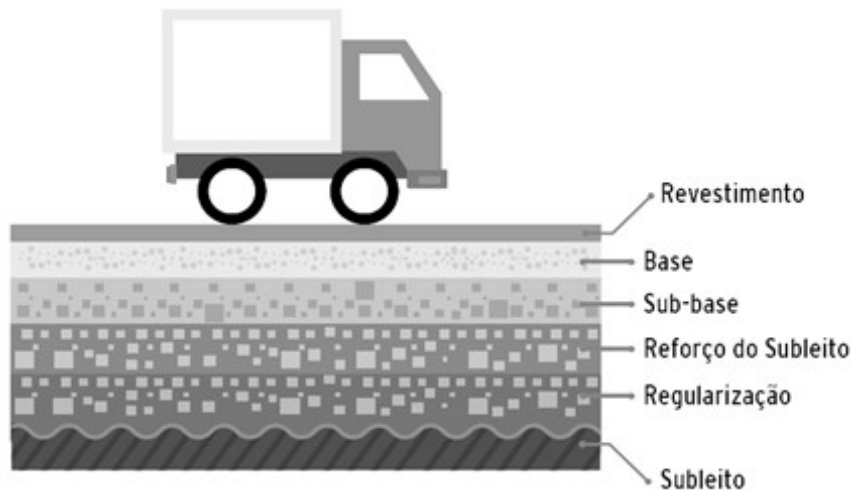


do subleito. A sub-base é a camada empregada para diminuir a dimensão da base, para que possa constituir as mesmas funções da base, sendo acrescentada a esta, que tem como finalidades básicas aguentar às cargas atribuídas pela base, drenar infiltrações e controlar a ascensão capilar da água, quando for o caso.

A base é a camada que apresenta a estrutura mais importante cuja sua finalidade é a resistência e a distribuição dos esforços, os quais são oriundos da ação do tráfego, abrandando a transmissão destes esforços às camadas subjacentes, habitualmente é construída com materiais estabilizados granulometricamente ou quimicamente, através do uso de aditivos (cimento, betume, etc.). O revestimento é a camada superior destinada a receber diretamente a carga dos veículos, ou seja, ela recebe a ação do tráfego, sem que passe por deformações elásticas ou plásticas, sem que haja desagregação de partes ou perda de compactação (ARAÚJO, *et.al.* 2016).

A figura 3 mostra uma estrutura-tipo de pavimento, com as camadas anteriormente descritas.

**Figura 3:** Camadas de pavimento



**Fonte:** CNT (2017, p.16).

Já o revestimento é dito como a camada que tem ligação direta com a ação do tráfego. Sua finalidade é aprimorar as premissas para que haja conforto e a devida segurança, deve apresentar a capacidade de aguentar aos desgastes, com a

finalidade de ampliar a vida útil do pavimento. Quando possível, essa camada deve ser impermeável (CNT, 2017).

O revestimento tem em sua constituição: paralelepípedos, blocos pré-moldados de concreto, pedras cortadas justapostas, placas de concreto, tratamentos superficiais betuminosos, concreto compactado com rolo e mistura asfáltica em geral. Sua aplicação deve ser realizada em cima da base imprimida e compactada (CNT, 2017).

## **METODOLOGIA**

O artigo aqui apresentado caracteriza-se como uma pesquisa de caráter bibliográfico de dados pré-existentes, realizado na Faculdade Estácio de João Pessoa, com a finalidade de construção do trabalho de curso de bacharelado em Engenharia Civil. Para a coleta de dados foram utilizadas fontes bibliográficas, livros, artigos, teses, dissertações, normas, sites, os quais foram pautados no conhecimento científico.

O método científico é determinado por um encadeamento de regras básicas, desta forma eles devem ser constituídos e realizados na criação da aprendizagem tendo a intenção voltada para ciência, ou seja, o método é utilizado para consulta, verificação de um determinado assunto (ALMEIDA, 2017).

Metodologicamente, o estudo aqui apresentado é do tipo descritivo e exploratório, com abordagem qualitativa. De acordo com Gil (2017) a pesquisa exploratória tem como finalidade garantir uma ligação com o problema, para que possa torná-lo mais claro e compreensivo ou levantar possibilidades. Sua organização inclina-se para ser imensamente flexível, por isso temos que levar em conta os diversos aspectos relativizando os fatos ou acontecimentos estudados.

Leão (2017) corrobora do mesmo pensamento quando afirma que a pesquisa exploratória objetiva facilitar a busca por mais informações relacionadas ao assunto, para que possa ser criado um vínculo com o assunto, estimulando novas compreensões, podendo assim levantar um problema com mais precisão para ser pesquisado ou formular novas hipóteses. Afirmando que o estudo exploratório leva a novas possibilidades, sem que faça uma verificação ou demonstração.

Segundo Gil (2017) a pesquisa descritiva tem como características definidas e precisas de um fenômeno, ou de uma população, ou amostras para que haja uma correlação entre variáveis, definindo a natureza do estudo.

Marconi e Lakatos (2017) descreve a pesquisa de abordagem qualitativa como uma ponte entre fenômenos ditos sociais e de certos comportamentos, ou seja, ela trabalha atrelada ao mundo da subjetividade do sujeito e o mundo objetivo, os quais não podem ser traduzidos em números. Compreender os fenômenos e os resultados os quais são ditos como alicerces no processo de interpretação da pesquisa qualitativa.

Os resultados estão apresentados e analisados de modo a descrever pesquisas de autores que trataram do tema abordado em contextos diferenciados, mas que divergiram ou concordaram em seus achados.

Quanto aos fatores éticos, o estudo foi desenvolvido em conformidade com os preceitos da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), quando referencia todos os autores, obras, trabalhos e documentos utilizados na pesquisa. Não foi necessário submeter o artigo à apreciação de um Comitê de Ética, pois não se tratou de um estudo com seres humanos ou coleta de dados em banco de dados sigilosos, ou local que necessitasse de autorização para utilização dos dados, pois se tratou de um trabalho de revisão de literatura.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **TIPOS DE PAVIMENTOS UTILIZADOS NAS RODOVIAS BRASILEIRAS**

Está posto na literatura, que 95% rodovias brasileiras são constituídas de pavimentos flexíveis. Apresentando uma média de 8 a 12 anos de duração, o pavimento flexível tem em sua composição o cimento asfáltico. Sobre base e sub-base de britas, é colocada a mistura de areia, brita e cimento asfáltico, popularmente conhecida como asfalto (CNT, 2018).

Segundo Guimarães (2011, p. 22):

A medida do revestimento pode ser de 5, 15 ou 20 centímetros, sendo levado em conta o fluxo de veículos. O excesso de peso dos caminhões, assim como chuva em demasia, pode diminuir o tempo de vida do

material, o asfalto é feito para durar cerca de 10 anos, mas, devido à falta de manutenção, resiste, muitas vezes, seis anos.

O pavimento flexível emprega uma grande quantidade de camadas e reparte as cargas para uma área menor de subleito. A figura 4 apresenta o pavimento flexível.

**Figura 4:** Pavimento Flexível.



Fonte: Cristiano; Maia (2014, p. 18).

Observa-se na figura 4, que são usadas máquinas específicas para realizar as etapas de montagens das camadas asfáltica, sendo utilizado os materiais constituintes de material asfáltico (aglutinantes), agregado graúdo (pedra ou seixo rolado) e o agregado miúdo (areia ou pó de pedra), tais etapas são divididas em imprimação, pintura de ligação, lançamento do CBUQ e compressão e compactação do CBUQ.

Os pavimentos rígidos são confeccionados de uma camada formada por placas de Concreto de Cimento Portland (CCP). Tais pavimentos são consideravelmente "mais rígidos" do que os pavimentos flexíveis, em razão ao alto Módulo de Elasticidade do CCP (ABCP, 2009, p.4). A figura 5 apresenta o pavimento flexível.

**Figura 5:** Pavimento Rígido.



**Fonte:** Cristiano; Maia (2014, p. 20).

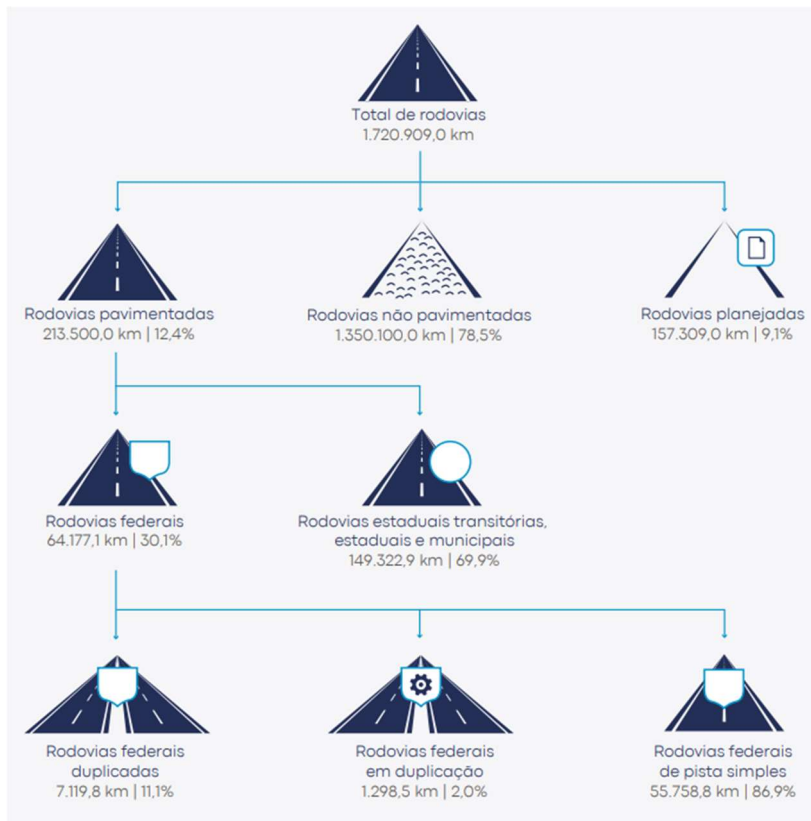
Nos pavimentos rígidos as placas de concreto são colocadas sobre uma mistura de britas e cimento. Segundo Cristiano e Maia (2014), conforme o volume de tráfego, as placas podem variar de espessura e nos calçamentos resistem, em média, de 25 a 30 anos, em boas condições, se receber os devidos cuidados.

## **CONDIÇÕES ATUAIS DOS PAVIMENTOS DAS RODOVIAS**

As pesquisas realizadas pela CNT avaliam as rodovias por diversos parâmetros, desde estado geral, pavimento, sinalização e geometria da via, em ótimo, bom, regular ou péssimo, tendo como base de avaliação das condições de conservação dos pavimentos, seguindo as normas do DNIT.

As análises realizadas consideraram no total 1.720.909,0 km de rodovias, sendo dividida em pavimentadas, não pavimentadas e planejadas, dentre as pavimentadas temos as federais e estaduais transitórias, estaduais e municipais e em relação as rodovias federais temos as duplicadas, em duplicação e as de pistas simples, o total de quilometragem para cada classificação e suas porcentagens são apresentadas na figura 6:

**Figura 6:** Extensão de rodovias.



**Fonte:** CNT (2021, p.14)

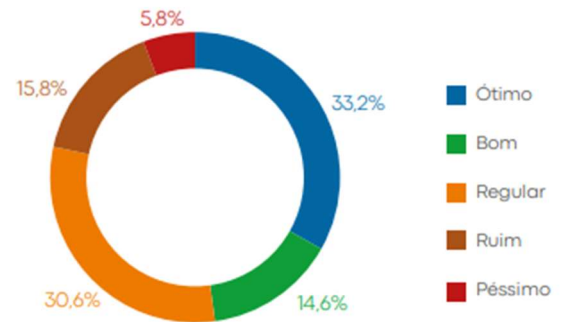
Analisando a figura 6, 12,4% das rodovias são pavimentadas, 78,5% não pavimentadas e 9,1% são planejadas, mostrando a necessidade de projetos de readequação da malha rodoviária.

Segundo dados do CNT (2021), na avaliação das condições das rodovias quanto ao pavimento, 33,2% são considerados ótimo, 14,6% bom, 30,6% regular, 15,8% ruim e 5,8% péssimo. Mostrando que predominância é de pavimentos ótimos e regulares.

Dos 109.103 quilômetros de extensão de rodovias brasileiras apresentados pela pesquisa CNT dos 56.970 quilômetros que corresponde ao percentual de 52,2%, foram identificados algum tipo de problema no pavimento. A CNT fez um levantamento das rodovias levando em conta o seu estado de conservação, dos 33.405 quilômetros têm como classificação Regular; 17.285 quilômetros, como ruim; e 6.280 quilômetros, como péssimo, como mostra a figura 7 (CNT, 2021).

**Figura 7:** Classificação do pavimento.

Pavimento	Extensão Total	
	km	%
Ótimo	36.258	33,2
Bom	15.875	14,6
Regular	33.405	30,6
Ruim	17.285	15,8
Péssimo	6.280	5,8
<b>TOTAL</b>	<b>109.103</b>	<b>100,0</b>



**Fonte:** CNT (2021, p.88)

A pesquisa CNT de rodovias de 2021 traz relatos alarmantes quando faz uma avaliação nas rodovias brasileiras e as avaliam como perfeitas apenas 15% delas, que corresponde 16.385 quilômetros dos 109.103 quilômetros que foram incluídos nessa pesquisa.

O Brasil apresenta um grande problema pertinente à estrutura dos pavimentos flexíveis, pois eles não atendem as exigências técnicas necessárias tanto na competência estrutural das camadas, como na qualidade dos materiais utilizados no revestimento. As falhas construtivas conseqüentemente levam ao um processo de deformação mais rápido, em decorrência disso eleva-se os gastos com reparos desses pavimentos para que eles possam alcançar condições ideais de tráfego.

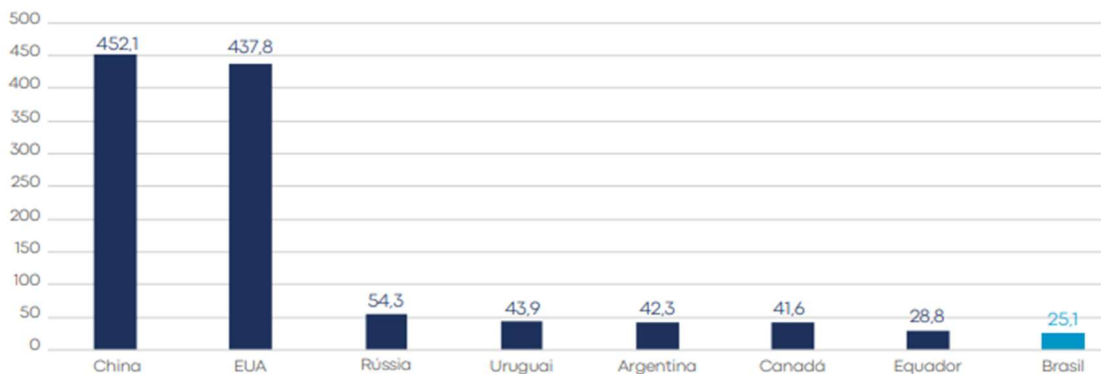
Ressalta-se que as rodovias brasileiras apresentam péssimo estado de conservação, esses podem ser visto ao olho nu. Muitas delas apresentam deformações que colocam a vida dos motoristas em risco. As irregularidades são tamanhas como: remendos, afundamentos, fissuras, trincas, corrugação, desagregação, exsudação e muitos buracos. Muitas delas nem se quer apresentam acostamento, nem tão pouco sinalização.

De acordo com os estudos pesquisados, 95% das rodovias brasileiras são constituídas em pavimento flexível, ou seja, essas rodovias são revestidas de asfalto. O qual apresenta uma boa vida útil, compreendida entre 08 e 12 anos. Porém muitas rodovias brasileiras antes do término de sua vida útil já apresentam grandes trechos em deterioração. Esses defeitos são inúmeros, nele podemos incluir a execução, o dimensionamento, materiais inadequados, falta de fiscalização no

método construtivo para dimensionar o peso dos veículos e falta de manutenção periódica (CNT, 2021).

Outro ponto a ser destacado é a evolução da malha rodoviária do Brasil, ao longo dos anos, tem sido insuficiente para atenuar as disparidades em relação a outros países e, ainda, para acompanhar as crescentes demandas internas de transporte, a figura 8 apresenta a densidade da malha rodoviária pavimentada por país.

**Figura 8:** Densidade da malha rodoviária (valores em km/mil km<sup>2</sup>).



**Fonte:** CNT (2021, p.15)

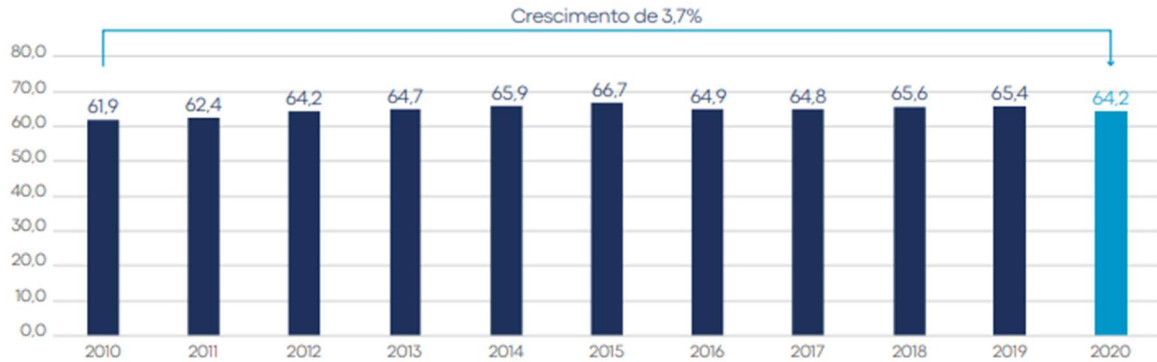
Na figura 8, observa-se a discrepância da densidade da malha rodoviária do Brasil quando comparado com outros países, analisando os melhores valores, o Brasil apresenta uma diferença de 427 km/mil km<sup>2</sup> quando comparado com a China, isto é, a China expandiu 94% a mais do que o Brasil.

As rodovias deveriam ter uma atenção maior devido a necessidade de escoar a produção de mercadorias, melhorar a qualidade de escoamento, sob essa perspectiva adequar a infraestrutura de transporte as necessidades da sociedade, deveria ser atrelada as políticas públicas, para que promova uma qualidade de vida por parte daqueles que necessitam de seu uso. Essa promoção de investimentos públicos em rodovias é essencial no desenvolvimento econômico e na sustentabilidade ambiental.

Consideradas apenas as rodovias sob a jurisdição federal, constata-se, no período de 2010 a 2020, um crescimento de 3,7%, conforme representado na figura 9.



**Figura 9:** Evolução da extensão das rodovias federais pavimentadas – Brasil – 2010 a 2020 (valores em mil km).

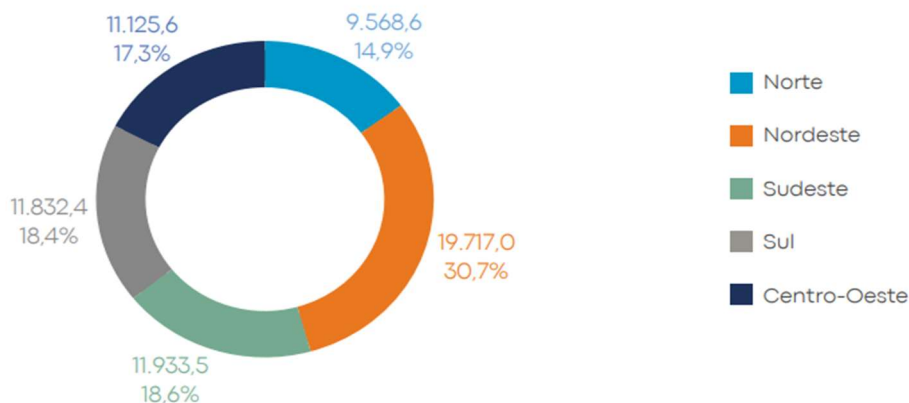


Fonte: CNT (2021, p.16)

Destaca-se, no entanto, que houve um aumento de 7,8% no período de 2010 a 2015. A diminuição subsequente em extensão se deve à transferência de jurisdição de trechos de rodovias aos estados e ao Distrito Federal. Consideradas todas as jurisdições, porém, a expansão da rede pavimentada no período de 2010 a 2020 foi de 9,1%, o que corresponde a 0,87% ao ano, em média. Assim, na avaliação geral, sobressai que a malha rodoviária evolui de forma lenta e desigual.

As rodovias federais pavimentadas estão distribuídas nas grandes regiões do país segundo a sua extensão, conforme a figura 10.

**Figura 10:** Percentual da extensão de rodovias federais pavimentadas por região.



Fonte: CNT (2021, p.16)

Concentram-se, assim, 67,8% da extensão nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul. Os restantes 32,2% da malha federal localizam-se nas regiões Norte e Centro-Oeste.

## **CAUSAS DA POUCA DURABILIDADE DOS PAVIMENTOS NAS RODOVIAS BRASILEIRAS**

As causas da pouca durabilidade dos pavimentos nas rodovias brasileiras podem estar ligadas a diversos fatores, tais como: ambientais, execução e construção, gerenciamento, manutenção, fiscalização e econômicos. Quanto ao fator econômico, pode-se destacar recursos insuficientes para a construção, fiscalização e manutenção de rodovias, principalmente a manutenção preventiva que é menos recorrente do que o necessário (CNT,2017).

Quanto ao fator execução e construção, a adoção de métodos e técnicas ultrapassadas na construção de rodovias prejudica a vida útil. Adotado na década de 1960, o método de dimensionamento usado no Brasil apresenta uma defasagem de 60 anos, em média, em relação a outros países (CNT, 2021).

Quanto ao fator ambiental, a CNT, esclarece que o clima influencia no comportamento dos materiais do pavimento, principalmente as variações de temperatura e umidade. O procedimento utilizado no Brasil não leva em conta as diferenças climáticas. Quanto à fiscalização, há a deficiências no controle e na fiscalização de obras de construção de rodovias. A ausência de fiscalização e a ineficiência no controle de pesagem nas rodovias. Atrelados ao número escasso de postos de pesagem; falta de investimento na politização dos usuários sobre os impactos causados nas rodovias devido ao sobrepeso das cargas (CNT, 2017).

Devido ao baixo investimento em políticas públicas constante e de longo prazo no setor rodoviário, e a falta de conscientização da população do baixo investimento e de seus recursos escassos, atrapalham e dificultam o desenvolvimento do setor, o qual corresponde a mais de 60% transportes de cargas no país, e ainda totalizam 90% do transporte de passageiros no país (CNT, 2017).

De modo que o setor rodoviário se apresenta assoberbado por falta de leis multimodal que integre e assegure o controle da matriz de transporte no Brasil, mantendo assim insegurança em relação à manutenção, cuidados e fiscalização das rodovias brasileiras (CNT 2017).

Segundo Albano (2012), é necessário acabar com a falsa ideia de que os pavimentos de concreto só se justificam em autoestradas e não em vias simples. Pode se concluir que isto é possível, considerando que o “modelo” de

dimensionamento proposto foi elaborado para uma rodovia de tráfego médio. É uma questão de os gestores decidirem a estratégia de investimento. Gasta mais no início, mas dura mais e com menos interrupções no tráfego para consertos (ALBANO, 2012).

## **COMPOSIÇÃO E FORMA DE FABRICAÇÃO DOS PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS**

De acordo Bernucci *et al.* (2010), o pavimento rodoviário tem uma classificação tradicional em dois tipos básicos – flexível e rígido, podendo também ser frequentemente denominados de pavimento asfáltico e pavimento de concreto de cimento Portland.

Segundo as normas, em termos gerais o Brasil apresenta dois tipos de pavimentos os quais levam em consideração a Terminologia Brasileira - TB - 7 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que os classifica em pavimentos rígidos e pavimentos flexíveis.

Conforme o Bernucci *et al.* (2010) os pavimentos rígidos são aqueles que em sua composição principal apresentam concreto de cimento, e são pouco deformáveis e rompem por tração na flexão, quando subordinados as deformações. Para dimensionar um pavimento de concreto, verificam-se três fatores, as especificidades do concreto, tais como o módulo de rompimento à tração na flexão e a idade do concreto; A fundação do pavimento (subleito); O tráfego. Os processos de cálculo, o processo da Carga Máxima e o processo do Consumo de Resistência à Fadiga.

Segundo o Ministério dos Transportes e DNIT em sua publicação IPR- 714 de 2005, o manual de pavimentos rígidos cita que os materiais para concreto de cimento Portland, sendo eles os agregados graúdos, agregados miúdos, água, aditivos e materiais selantes de junta, tendo em vista a importância dos itens e dos aspectos peculiares os quais os materiais devem apresentar quando empregados em obras de pavimentação, levando em consideração os critérios para a seleção de fontes ou de fornecedores, atrelados aos procedimentos para a sua caracterização tecnológica e seguindo a indicação das normas da ABNT (CNT, 2018).

Em suas últimas edições, o DNER e o DNIT determinaram as qualificações quanto ao uso dos materiais exigindo suas características tecnológicas específicas,

onde cada um dos agregados é produzido para diversos fins. Os agregados os quais são destinados a fabricação de concreto de cimento Portland nas obras de pavimentação rígida, são requisitados o mínimo de condições especiais que divergem do produzido concreto para as edificações, pontes e outros tipos de estruturas (DNIT, 2005).

O concreto de pavimentação se faz necessário que tenha maior resistência à tração, menor variação volumétricas, menor suscetibilidade à fissuração, que tenha resistência à fadiga, elevada durabilidade à agressão do meio ambiente e com ação abrasiva ao tráfego de veículos pesados suportando cargas especiais com pesos elevado muitas as vezes acima do peso permitido em alguns pontos das rodovias. As investigações tecnológicas nos agregados como areias, cascalho, pedras passará por ensaios realizados caracterizando as amostras extraídas visando melhor obtenção dos objetos para seu objetivo (ARAÚJO *et.al*, 2016).

Os materiais utilizados na composição dos pavimentos rígidos são os materiais pétreos ou agregados, como são chamados no meio rodoviário, e são subdivididos em naturais ou artificiais. Naturais são aqueles encontrados em sedimentos naturais e superficiais que sofrem, no máximo, uma pequena parcela de benefício, como lavagem e/ou peneiramento antes da sua utilização. Dentre os existentes, podemos citar os pedregulhos rolados (de cava ou de rio), as lateritas e as areias. Os materiais artificiais são obtidos por meio de britagem (basalto, granito etc.) ou de seixos rolados britados (BERNUCCI *et al.*, 2010).

O pavimento flexível o qual é mais utilizado no Brasil, apresenta em sua composição os agregados que correspondem de 90% e 95% do seu revestimento, eles são responsáveis por aguentar e transferir as cargas recebidas pelos veículos e de suportar ao esgotamento sofrido pelas exigências. O material betuminoso – asfalto, corresponde entre 5% e 10% do revestimento, tendo função de unir com a ação de impermeabilizar (BERNUCCI *et al.*, 2010).

Entre os tipos de revestimento dos pavimentos flexíveis, existem as misturas usinadas. Para Bernucci *et al.*, (2010), a mistura feita de agregados que ligam e se uni, é desenvolvida em uma usina estacionária, e depois e levando em pôr um transporte adequado para o local de utilização. Ainda conforme Bernucci *et al.* (2010), um dos tipos mais utilizados no Brasil é o concreto asfáltico usinado a quente-CAUQ.

## PROCESSOS DE EXECUÇÃO, MANUTENÇÃO E REPARO DOS PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

Para estruturação do projeto de pavimentação se faz necessários dados e projetos de forma a permitir uma adequada execução do pavimento conforme as características da área de projeto.

Em relação aos dados necessários, podem-se destacar os estudos econômicos (disponibilidade de recursos, vida útil), estudos de tráfego (eixos, cargas e volume médio diário - VMD), estudos geotécnicos (caracterização do subleito e dos materiais de construção) e estudos ambientais (restrições para obtenção de materiais e materiais com maior potencial de poluição) (PEREIRA, *et al.*, 2006; LOPEZ, 2009; BERNUCCI *et al.*, 2010).

Nos projetos necessários, destaca-se o Projeto Geométrico e Projeto de concepção das Obras de Arte Especiais (OAE). Entende-se que o pavimento é a estrutura construída sobre a terraplanagem de um terreno com os seguintes parâmetros: tem a função de receber as cargas impostas pelo tráfego de veículos e proporcionar circunstâncias que satisfaçam a velocidade e a segurança, junto com o conforto e a economia no transporte de mercadorias e pessoas; Os requisitos de proporcionar a estabilidade, resistência a esforços verticais, horizontais e de rolamento, frenagem e aceleração centrípeta nas curvas e durabilidade e regularidade longitudinal (DNER, 1996; 1999; DNIT, 2006).

A elaboração do Projeto de Pavimentação (pavimentos flexíveis e rígidos) deve compreender, ordinariamente, duas fases, cumpridas em cada fase, respectivamente, as seguintes tarefas: a Fase de Projeto Básico: Definição da concepção do projeto; elaboração do dimensionamento preliminar do pavimento, estimativa preliminar dos quantitativos de serviços e respectivo orçamento e análise técnico-econômica e a Fase de Projeto Executivo: Estudo dos parâmetros geotécnicos (subleito); definição dos materiais a serem utilizados; dimensionamento do pavimento e desenhos (DNER, 1999; DNIT, 2010).

No dimensionamento do pavimento é analisado o reforço do subleito, sub-base, base e a cama de rolamento. Na composição do Projeto de Restauração de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos necessita-se ter a discernimento, em as duas

fases, obedecendo cada fase, respectivamente, conseqüentemente as tarefas: na Fase do Projeto Básico: deve ser feita a coleta de dados existentes; em seguida coleta de novos dados; Processamento e análise de dados; Projeto de restauração – avaliação estrutural e Estudo econômico comparativo e Fase de Projeto Executivo: Coleta eventual de novos dados; Complementação dos estudos; Elaboração do Projeto Definitivo; Plano de ataque e Desenhos (BRASIL,2010).

Para execução dos pavimentos, destacam-se os seguintes materiais: Materiais Terrosos (Areia): Solos Residuais e Solos Transportados; Materiais Pétreos (Brita): Material sem forma ou volume definido, geralmente inerte, de dimensões e propriedades adequadas para produção de argamassa e concreto; Materiais Betuminosos: Asfaltos são obtidos através de destilação do petróleo, podendo ser naturais ou provenientes da refinação do petróleo. Alcatrões são obtidos através da refinação de alcatrões brutos, que por sua vez vêm da destilação de carvão mineral; Cimento Portland e Asfalto: Cimentos Asfálticos de Petróleo (CAP), Asfaltos diluídos, Emulsões asfálticas e Asfaltos Modificados (e: com adição de polímero ou com borracha) (BERNUCCI *et al.*, 2010).

Segundo Guimarães Neto (2011), a estrutura fundamental para a pavimentação flexível é mais difícil que a estrutura utilizada para a pavimentação rígida, em virtude da forma diferente de como as cargas são absorvidas por ambos os pavimentos. Entretanto, embora apresente uma estrutura mais simples, o pavimento rígido dispõe de uma maior rigorosidade na sua metodologia de construção e da qualidade dos materiais que o pavimento flexível.

Ainda segundo Guimarães Neto (2011), o pavimento rígido ao disseminar mais largamente as cargas em sua estrutura, economiza em serviços como o reforço de subleito, geralmente indispensável na pavimentação flexível. Ribas (2017) corrobora com um pensamento dizendo que, o pavimento flexível apresenta uma grande quantidade de ofertas de empresas que possuem mão de obra, máquinas e equipamentos necessários para a execução, sendo assim a oferta corresponde a procura. Já o pavimento rígido, apesar da sua utilização estar em crescimento no Brasil, a falta de empresas especializadas gera erros construtivos ou até deficiências no controle tecnológico.

Mean *et al.* (2011) destaca, que o pavimento de concreto é a melhor opção por apresentar uma elevada resistência mecânica e ao desgaste, não sofre

oxidação, não tem deformidade plástica, não constitui buracos nem caminho de rodas, garantindo assim, um alto teor de durabilidade da estrutura e pequena demanda de reparos rotineiros. Cenário este que ocorre com o pavimento asfáltico que necessita de intervenções rotineiras para manutenção, causados pela deformidade plástica, caminhos de roda e buracos, requerem serviços de recapeamento com cinco anos de vida útil.

No estudo de Ribas (2017), as revisões realizadas nas obras com pavimento asfáltico são reputadas como as mais rápidas, onde a liberação do tráfego decorre a logo após a conclusão do serviço, o que não ocorre nas obras com pavimento de concreto que é necessário aguardar pelo tempo de cura do concreto.

Segundo CNT (2021), um dos problemas encontrados no Brasil, relacionado à estrutura dos pavimentos flexíveis, é o não atendimento às exigências técnicas tanto da capacidade de suporte das camadas do pavimento como da qualidade dos materiais empregados no revestimento. Falhas construtivas têm como consequência um processo de deformação mais acelerado, resultando em maiores custos com a reparação desses pavimentos para atingir condições ideais de tráfego.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Como visto, a grande maioria da malha rodoviária é constituída de pavimento flexível, porém sua manutenção é mais onerosa quando comparado com o pavimento rígido. A escolha do tipo de pavimento envolve alguns fatores, como: nível de serviço, características da via, geometria, localização das jazidas, acesso a matéria prima, condições climáticas da região e questões de orçamento e custo da obra.

Nas pesquisas realizadas pela CNT, para a avaliação do pavimento da rodovia são observadas as seguintes condições: da superfície do pavimento; de rolamento; e do acostamento. Os dados mostram uma extensão rodoviária considerada de pavimento desgastado, afundamentos, ondulações ou buracos, sinalização precária e falta de manutenção preventiva em vários trechos no território nacional.

De forma geral, os dados mostram uma classificação predominante entre regular e ruim, com trechos dentro da zona urbana em estado bom e ótimo. Vale ressaltar a precariedade de malha rodoviária brasileira quando comparado a sua importância dentre os modais de transporte, observando uma dependência de diversos setores como agricultura, logística, têxtil, entre outros, para escoamento de produtos e serviço.

Em 10 anos, a extensão das rodovias federais pavimentadas brasileiras evoluiu menos de 4%, mostrando que os governos federais não direcionam verbas para projetos de execução, expansão, adequação ou manutenção rodoviária.

A durabilidade das rodovias está correlacionada principalmente a manutenção preventiva, além do fator econômico no direcionamento de recursos para obras rodoviárias e questões técnicas na adoção de metodologias atuais com o uso de materiais sustentáveis, de fácil manutenção e possibilite atender aos requisitos técnicos de conforto, segurança e durabilidade.

Portanto, entende-se que analisar a pavimentação das rodovias brasileiras é uma forma de observar a situação das vias de transporte de bens de consumo e pessoas, é apresentar como a integração socioeconômica, cultural e política depende da qualidade dos pavimentos, pois assegura os motoristas em viagens seguras, confortáveis e eficientes.

## REFERÊNCIAS

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland, **Governar é abrir estradas**, ABCP, 2009. O concreto pavimentando os caminhos na formação de um novo país. São Paulo, ABCP, 2009.

ALBANO, J. F. **Agência de Conteúdo (Especial para o Terra)**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Cartola. 2012.

ALMEIDA, M. B. **Noções básicas sobre Metodologia de pesquisa científica**. Universidade Federal de Minas Gerais. 2017. Disponível em <<http://mba.eci.ufmg.br/downloads/metodologia.pdf>>. Acesso em 20 abril. 2022

ARAÚJO, M. A.; SANTOS, M. J. P. dos; PINHEIRO, H. P.; CRUZ, Z. V. **Análise Comparativa de Métodos de Pavimentação – Pavimento Rígido (concreto) x Flexível (asfalto)**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento. Ano 01, Edição 11, Vol. 10, pp. 187-196, Novembro de 2016. ISSN: 2448-0959.



BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica**: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRÁS/ABEDA, 2006.

\_\_\_\_\_. **Pavimentação Asfáltica** – formação básica para engenheiros. 3. ed. Rio de Janeiro: Imprinta, 2010.

BROCHADO, M. M. L. **Estudo da viabilidade do asfalto pré-misturado a frio em rodovias de médio e baixo tráfego**. 2014. 59 p. TCC (Engenharia civil). Centro Universitário de Brasília. Brasília, 2014.

CRISTIANO, B. R.; MAIA, R. D. **Pavimentos Rígidos em Rodovias**. Trabalho de Conclusão de Curso; (Graduação em ENGENHARIA CIVIL) - Instituto Tecnológico de Caratinga. 2014

CNT. **Confederação Nacional do Transporte**. Transporte Rodoviário: Por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram? Brasília, CNT, 2017. Disponível em: < <http://www.cnt.org.br/Estudo/transporte-rodoviario-pavimento> >. Acesso em: 16 de maio de 2022.

\_\_\_\_\_. **Confederação Nacional do Transporte** – CNT. Transporte rodoviário - desempenho do setor, infraestrutura e investimentos. Brasília, 2018.

\_\_\_\_\_. **Confederação Nacional do Transporte** – CNT: Pesquisa CNT de rodovias 2021. Disponível em: [https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/Principais\\_dados\\_2021.pdf](https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/Principais_dados_2021.pdf) Acesso em: 16 de maio de 2022.

DNER. **Departamento Nacional de Estradas de Rodagem**. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. Manual de projeto de obras-de-arte especiais. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. **Departamento Nacional de Estradas de Rodagem**. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. Manual de projeto geométrico de rodovias rurais – Rio de Janeiro, 1999.

DNIT. **Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes**. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de Pavimentos Rígidos. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes**– DNIT. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de Pavimentos Rígidos. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. **Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes**. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de Pavimentos. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. **Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes**. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários. Instruções para Acompanhamento e Análise, Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. **Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte**. Glossário de Termos Técnicos Rodoviários. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2017.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

FREITAS, G.; OLIVEIRA, E. Q. de S.; LOYOLA, G. P.; SOUTO, P. H. P.; POLZL, W. B. **Gestão das faixas de domínio rodoviárias estaduais e do DF**. Brasília/DF: ABDER, 2019.

GUIMARÃES NETO, G. L. **Estudo Comparativo entre a Pavimentação Flexível e Rígida**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade da Amazônia, Belém, 2011. Disponível em: < <http://livrozilla.com/doc/794724/estudo-comparativo-entre-a-pavimentacao-flexivel>>. Acesso em: 16 de maio de 2022.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

LEÃO, L. M. **Metodologia do Estudo e Pesquisa**: facilitando a vida dos estudantes, professores e pesquisadores. Petrópolis. RJ: Vozes, 2017.

LEE, S. H. **Introdução ao projeto geométrico de rodovias**. 4ª ed. rev. ampl. Florianópolis: Editora da UFSC, 2017.

MEAN, A.; ANANIAS, R.; OLIVEIRA, V. **Pavimentação Rígida**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade São Francisco, Itatiba, 2011. Disponível em: < <http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2154.pdf> >. Acesso em: 16 de maio de 2022.

PEREIRA, R. S.; MACHADO, C. C.; CARVALHO, C. A. **Aplicações de Misturas Solo - "Grits" em Estradas Florestais: Resistência Mecânica Via CBR**. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.30, n.4, p.619-627, 2006.

RIBAS, L. C. **Custo-Benefício na Execução de Pavimentos Rígidos**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: < <http://tcconline.utp.br/media/tcc/2017/10/CUSTO-BENEFICIO-NA-EXECUCAO-DE-PAVIMENTOS-RIGIDOS.pdf> >. Acesso em: 16 de maio de 2022.