



UNIRB - CENTRO UNIVERSITÁRIO ALAGOINHAS  
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

DEILLES DE GÓES DE OLIVEIRA

**SOLUÇÕES TÉCNICAS DE PAVIMENTAÇÃO DE CONCRETO PARA  
REQUALIFICAÇÃO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL EXISTENTE: ESTUDO DE CASO  
NO TRECHO DE 10 KM DA BA 396 QUE LIGA RIO REAL/BA À BR 101**

Alagoinhas

2021

DEILLES DE GÓES DE OLIVEIRA

**SOLUÇÕES TÉCNICAS DE PAVIMENTAÇÃO DE CONCRETO PARA  
REQUALIFICAÇÃO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL EXISTENTE: ESTUDO DE CASO  
NO TRECHO DE 10 KM DA BA 396 QUE LIGA RIO REAL/BA À BR 101**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil do UNIRB-Centro Universitário Alagoinhas

**Orientador:** Prof. Esp. Adson de Santana Gomes.

**Coorientador:** Gabriel Barbosa Lobo.

Alagoinhas

2021

**BIBLIOTECA ZUZA PEREIRA / FACULDADE REGIONAL DE ALAGOINHAS– UNIRB**

**OLIVEIRA, Deilles de Góes**

Soluções técnicas de pavimentação de concreto para requalificação de pavimento flexível existente. Estudo de caso: Trecho de 10 km da BA 396 que liga Rio Real/BA à BR 101 / Deilles de Góes de Oliveira. -- Alagoinhas, 2021.

51f.

Monografia (Graduação) Curso de Bacharelado em Engenharia Civil –  
Faculdade Regional de Alagoinhas - UNIRB

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Esp. Adson de Santana Gomes.

1. Concreto. 2. Pavimentação. 3. Rígida. I. Título.

CDD 624

DEILLES DE GÓES DE OLIVEIRA

**SOLUÇÕES TÉCNICAS DE PAVIMENTAÇÃO DE CONCRETO PARA  
REQUALIFICAÇÃO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL EXISTENTE  
ESTUDO DE CASO: TRECHO DE 10 KM DA BA 396 QUE LIGA RIO REAL/BA À  
BR 101**

Trabalho de Conclusão de Curso, aprovado como requisito para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Civil do UNIRB-Centro Universitário Alagoinhas.

**Data de Aprovação**

\_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Esp. Adson de Santana Gomes (Orientador)  
UNIRB-Centro Universitário Alagoinhas

---

Prof. Esp. Marcus Lessandro Costa Delazzeri  
UNIRB-Barreiras

---

Prof. Esp. Gabriel Barbosa Lobo

Dedico esse trabalho ao meu pai, José Dilson (*in memoriam*), meu maior incentivador a buscar meus sonhos. Espero cumprir a promessa que te fiz em sempre te orgulhar.

## AGRADECIMENTOS

Chegar nesse momento para agradecer a todos que estiverem comigo, de forma direta ou indiretamente, na minha trajetória acadêmica, é algo que traz sensações inenarráveis.

Primeiramente, quero agradecer a Deus por todas as bênçãos que me deste. Sem Ele nada é possível! Em seguida, quero agradecer as pessoas mais importantes da minha vida, meus pais, por eles e para eles todas as minhas vitórias.

Meu pai, José Dilson (*in memoriam*), obrigada por todo amor, carinho, ensinamentos e conselhos, muito do que eu sou hoje é graças aos conselhos que ouvi ao longo dos anos de vida que dividimos. A minha mãe Maria, mulher guerreira, meu exemplo de pessoa batalhadora, muito obrigada por sempre estar ao meu lado, por não ter deixado eu desistir quando os obstáculos apareceram e por sempre sonhar comigo os meus sonhos. Essa vitória também é sua!

Aos meus irmãos, quero agradecer o companheirismo de vida. Obrigada Maycon por em tantos momentos, mesmo sem saber, ser meu incentivo para continuar, seu carinho me deu ânimo em momentos difíceis. A Denilson, obrigada por ser exemplo de determinação e coragem quando se tem um objetivo a alcançar, eu me espelhei em você sempre que estive cansada e querendo desistir, sua garra e força de vontade são fundamentais em nossa família.

Agradeço aos meus amigos Lara, Carol e Dinael, por dividirem comigo os bons e maus momentos. Em especial, a minha melhor amiga Debli, pelos mais de 10 anos de amizade, a minha cunhada Valéria, por ter se tornado uma irmã e a Elaine, por ser minha fortaleza em Entre Rios.

Obrigada aos meus professores, principalmente Adson e Gabriel Lobo, por todo conhecimento transmito durante o curso e nessa reta final.

A Viviane Góes, agradeço o apoio no início do curso, estando ao meu lado na minha matrícula.

Ao meu noivo, Mateus, quero dizer muito obrigada pela paciência, amor e cuidado todos esses anos, em especial durante a fase do TCC. Seu apoio, sua ajuda e motivação foram essenciais nessa trajetória, sem você ao meu lado teria sido ainda mais difícil esse momento. Você foi e é meu porto seguro. Obrigada!

“O sucesso não acontece por acaso. É trabalho duro, perseverança, aprendizado, estudo, sacrifício e, acima de tudo, amor pelo que você está fazendo ou aprendendo a fazer.”

(Pelé)

## RESUMO

Os problemas encontrados nas rodovias brasileiras, no que se refere à infraestrutura das estradas, geram prejuízos significativos para os usuários das vias e gastos frequentes de órgãos públicos e privados. Observando esse problema que afeta diversas regiões do país, tal como em um trecho da BA 396, ligando Rio Real/BA à BR 101, este trabalho aborda alternativas técnicas de melhoria para tais pavimentações, dando mais visibilidade às pavimentações rígidas, as quais são opções com custos benefícios relativamente melhores quando comparadas com técnicas de pavimentos flexíveis. A pesquisa buscou relatar que pavimentos de concreto geralmente são projetados para que tenham uma vida útil em torno de 20 anos, enquanto que, pavimentos asfálticos duram em média 10 anos. A manutenção desses pavimentos também foi relatada no trabalho, evidenciando um grande diferencial entre os tipos de pavimentações, apontando que o pavimento rígido pouco necessita de reparos ao longo do tempo, em contrapartida, o pavimento flexível necessitará constantemente de manutenção. O estudo demonstrou o estado do pavimento flexível existente na BA 396, relatando as patologias encontradas ao longo de visitas *in loco*. Com tais informações, e a elaboração de orçamentos de alternativas de pavimentações, ficou evidente que a utilização de técnicas de pavimentos de concreto *Whitetopping* em pavimentações já existentes é o mais aconselhável para essa determinada rodovia, possuindo um melhor custo-benefício levando em consideração a vida útil do pavimento e sua manutenção.

**Palavras-Chave:** Pavimentação. Concreto. Asfalto. *Whitetopping*. Manutenção.



## **ABSTRACT**

The problems encountered on Brazilian highways, with regard to road infrastructure, generate significant damage to road users and frequent expenses for public and private bodies. Observing this problem that affects several regions of the country, such as in a stretch of BA 396, connecting Rio Real/BA to BR 101, this work addresses technical alternatives for improving such pavements, giving more visibility to rigid paving, which are options with relatively better cost benefits when compared to flexible flooring techniques. The research sought to report that concrete pavements are generally designed to have a useful life of around 20 years, while asphalt pavements last an average of 10 years. The maintenance of these pavements was also reported in the work, showing a great difference between the types of pavements, pointing out that the rigid pavement needs little repair over time, on the other hand, the flexible pavement will constantly need maintenance. The study demonstrated the state of the existing flexible pavement at BA 396, reporting the pathologies found during on-site visits. With such information, and the preparation of budgets for paving alternatives, it became evident that the use of Whitetopping concrete pavement techniques on existing pavements is the most advisable for this particular highway, having a better cost-benefit ratio taking into account life usefulness of the pavement and its maintenance.

**Keywords:** Paving. Concrete. Asphalt. Whitetopping. Maintenance.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BT	Barra de transferência
CEBRAP	Centro Brasileiro de Análise e Planejamento
cm	Centímetro
CMSP	Companhia do Metropolitano de São Paulo
CNT	Confederação Nacional de Transporte
COV	Custo Operacional dos Veículos
CP	Cimento Portland
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
PCA	Método Portland <i>Cement Association</i>
Kg	Quilograma
Km	Quilômetro
m	Metro
NBR	Norma Técnica Brasileira
PCS	Pavimento de Concreto Simples
PCA	Pavimento de Concreto Armado
SCIELO	<i>Scientific Library Online</i>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura de pavimento novo com revestimento asfáltico .....	16
Figura 2 - Detalhamento de um Pavimento Semirrígido .....	17
Figura 3 - Esquema de camadas de um pavimento rígido .....	18
Figura 4 - Composição e comportamento de um pavimento flexível.....	20
Figura 5 - Pavimentação asfáltica em péssimo estado durante período chuvoso.....	21
Figura 6 - Pavimento em concreto em trecho na Rodovia BR 101/NE.....	23
Figura 7 - Vibroacabadora de fôrmas deslizantes.....	25
Figura 8 - Placa de Pavimento de Concreto Simples.....	27
Figura 9 - Placa de Pavimento de Concreto com Armadura Descontínua.....	28
Figura 10 - Pavimentos de Concreto Armado.....	29
Figura 11- Pavimento em Concreto Protendido de pista de pouso em aeroporto.....	30
Figura 12 - BR 209 em Porto Alegre, realizada com a técnica de <i>Whitotopping</i> .....	32
Figura 13 - Mapa para localização da BA 396 .....	36
Figura 14 - Pavimentos desgastados em trechos da BA 396, que liga Rio Real/BA à BR 101.....	37
Figura 15 - Pavimentos desgastados em trechos da BA 396, que liga Rio Real/BA à BR 101.....	37
Figura 16 - Buracos com diversos diâmetros em trecho da BA 396 .....	38
Figura 17 - Buracos com diversos diâmetros em trecho da BA 396 .....	38
Figura 18 - Panelas em trechos da BA 396 Rio Real – BR 101.....	39
Figura 19 - Trinças Longitudinais na Ba 396, no sentido Rio Real/BA – BR 101 .....	40
Figura 20 - Trinca tipo “Couro de Jacaré” .....	41
Figura 21 - Trinca tipo “Couro de Jacaré” .....	41
Figura 22 - Trinca tipo “Bloco” com erosão nas bordas.....	41
Figura 23 - Remendos na BA 396, realizados pela operação “tapa buraco”.....	42
Figura 24 - Remendos na BA 396, realizados pela operação “tapa buraco” .....	42
Figura 25 - Remendo de panelas no trecho da BA 396 que liga Rio Real – BA à BR 101..	43

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparação entre Placa de Concreto Simples e Concreto Protendido.....	31
Gráfico 2 - Patologias na Ba 396, na ligação de Rio Real/BA à BR 101, relacionadas ao Índice de Incidências na região.....	45
Gráfico 3 - Comparativo de valores investidos em 20 anos em Pavimento Rígido e Pavimento Flexível.....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custo de construção.....	24
Tabela 2 - Tipos de Cimento Portland para pavimentação de concreto simples.....	26
Tabela 3 - Classificação dos pavimentos <i>Whitetopping</i> .....	33
Tabela 4 - Detalhamento do estado do pavimento da Rodovia BA 396, ligação entre Rio Real/BA e a BR 101.....	44

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.1.2 OBJETIVO GERAL.....	14
1.1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	15
2.1 PAVIMENTAÇÃO: BREVE PARTE DA HISTÓRIA.....	15
2.1.1 PAVIMENTAÇÃO FLEXÍVEL.....	16
2.1.2 PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO.....	17
2.1.3 PAVIMENTO RÍGIDO.....	18
2.2 DESGASTE DOS PAVIMENTOS.....	19
2.3 UTILIZAÇÃO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO COMO ALTERNATIVA DURADOURA.....	22
2.3.1 PAVIMENTO DE CONCRETO SIMPLES.....	25
2.3.2 PAVIMENTO DE CONCRETO COM ARMADURA DESCONTÍNUA.....	27
2.3.3 PAVIMENTO DE CONCRETO ESTRUTURALMENTE ARMADO.....	28
2.3.4 PAVIMENTO DE CONCRETO PROTENDIDO.....	29
2.3.5 WHITETOPPING .....	31
3 METODOLOGIA .....	35
4 RESULTADOS .....	37
4.1 ESTADO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL NA BA 396, TRECHO QUE LIGA RIO REAL/BA À BR 101, POR MEIO DE LEVANTAMENTO VISUAL.....	37
4.1.1 DESGASTE.....	37
4.1.2 PANELA OU BURACO .....	38
4.1.3 TRINCAS .....	39
4.1.3.1 TRINCAS ISOLADAS.....	39
4.1.3.2 TRINCA INTERLIGADA.....	40
4.1.4 REMENDO .....	42
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
REFERÊNCIAS.....	49

## 1 INTRODUÇÃO

A pavimentação, desde o início dos tempos foi de grande uso para o desenvolvimento das sociedades, tanto economicamente, quanto territorialmente. A estrada pavimentada implementada usada para a construção das pirâmides do Egito, segundo Bernucci *et al* (2010), foi executada especialmente para a circulação de trenós como transporte de cargas e, sendo ela, uma das mais antigas e conhecidas historicamente pela sociedade.

No Brasil, Balbo (2007) afirma que, a primeira estrada pavimentada foi construída somente no final dos anos de 1700, para ligar o Planalto Paulista ao porto de Santos, graças a idealização do então governador da capitania de São Paulo, Bernardo José de Lorena, com orientação dos engenheiros da Escola de Fortificações de Lisboa.

É imprescindível salientar que, de acordo com Bernucci *et al* (2010) pavimento é um arranjo estrutural que consiste em várias camadas com dimensões definidas, produzido em cima da última face de terraplanagem, para receber e suportar os esforços produzidos pelos veículos que ali passarão e os efeitos do clima sobre o mesmo, além de possibilitar uma melhor condição de rolamento, com segurança, comodidade, preservação da integridade física e econômica.

Desde a construção da primeira estrada pavimentada no país, diversas outras foram desenvolvidas com o intuito de crescimento econômico e social. Essas obras rodoviárias utilizam, segundo Bernucci *et al* (2010), dois tipos de pavimentos: rígidos e flexíveis. Para CNT (2019), o pavimento é arquitetado para ter uma vida útil pré determinada, onde durante esse período, caso não aconteça nenhum tipo de reparo, ele passa de um ótimo estado à um de péssima situação.

No ano de 2019, mais de 105 mil quilômetros de rodovias, em todo o Brasil, foram examinados pela Confederação Nacional de Transporte, a qual revelou que, cerca de 59% dos quilômetros desse total, manifestam determinados problemas no Estado Geral (CNT, 2019).

Considerando que, entre as rodovias que estão com problemas no país, encontra-se a BA 396 no trecho que liga a cidade de Rio Real/Ba à BR101, este artigo traz como problemática qual possível solução técnica de pavimentação rígida será mais durável e que obtenha um custo benefício mais viável para tal obra, para que possa garantir aos usuários da rodovia maior vantagem socioeconômica, de rolamento e segurança.

O intuito para tal artigo justifica-se devido ao péssimo estado que a rodovia se encontra, ocasionando um elevado índice de assaltos na região, danos aos veículos e acidentes

graves, principalmente em períodos chuvosos, quando o número de buracos e danos à pavimentação já existente se elevam, além do alto consumo de combustíveis devido a necessidade de redução da velocidade por parte dos condutores para desviar de buracos, o que acarreta em acréscimo do custo final de viagem, tanto para motoristas de carros de passeio quanto para caminhoneiros.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 OBJETIVO GERAL**

Apresentar soluções duradouras para recuperação do trecho da BA 396 que liga a cidade de Rio Real/Ba à BR 101.

### **1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar problemas existentes na rodovia e como afeta os seus usuários e comunidades ao redor;
- Expor técnicas para recuperação do pavimento desgastado;
- Evidenciar qual melhor procedimento para a determinada rodovia visando seu custo benefício a longo prazo.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 PAVIMENTAÇÃO: BREVE PARTE DA HISTÓRIA

De acordo com o que diz Senço (2008), a pavimentação se faz necessária para que, independente do período do ano, seja possível que haja movimentação pelas estradas, de forma que a mesma tenha uma estabilidade em seu leito.

Ao longo da história, a evolução das estradas foi notória. A necessidade de se locomover fez com que as sociedades evoluíssem suas vias, de terras, para rodovias pavimentadas.

Segundo Bernucci *et al* (2010, p. 12 *apud* Hager, 1995), diversas foram as estradas que tiveram modificações e se tornaram mais modernas, se transformando em vias pavimentadas. Apesar das estradas serem mundialmente conhecidas, e na antiguidade serem usadas principalmente para o comércio e religião, foi na Roma que elas ganharam mais planejamento e estratégia de construção.

Na Roma, no período da fase áurea, graças aos mais de 80 mil quilômetros de estradas construídas, os conquistadores puderam ter acesso as riquezas encontradas nos territórios por eles ocupados, além de traçar melhores rotas que pudessem chegar até os portos no Mediterrâneo, levando em consideração as melhores condições para esse percurso (BALBO, 2007).

Enquanto no Brasil, ainda no início do século XX, o transporte de café, principal meio de recursos financeiros da época, além do deslocamento de pessoas e bens até as ferrovias, eram feitos por estradas de péssima qualidade, com infraestrutura baixa e uso de animais. Somente em meados dos anos de 1861 que a primeira estrada pavimenta no país foi entregue a população, um trecho que ligava Petrópolis à Juiz de Fora (ABCP, 2009).

A evolução das estradas no Brasil foi gradativa ao passar dos anos. Segundo a ABCP (2009), foi na última década que essa mudança foi ainda mais perceptível, com a construção de inúmeras estradas e melhorias de tantas outras, com a orientação de profissionais qualificados, que usam materiais de qualidade e apropriados para cada local específico, o que contribui para a vida útil dos pavimentos.

Ao se pensar em pavimentar uma estrada, é importante entender qual melhor técnica e a mais viável para a região que será beneficiada com tal obra, visando que os pavimentos são classificados em flexíveis, semirrígidos e rígidos.

### 2.1.1 PAVIMENTO FLEXÍVEL

Ao falar de pavimento pode-se afirmar que:

Um pavimento é constituído por subleito, leito, sub-base, base e revestimento (no caso dos pavimentos flexíveis) ou placa de concreto (no caso de pavimentos rígidos), que apresentam materiais com diferentes características e propriedades, ou seja, que se comportam diferentemente quanto à deformação, quando submetidos a carregamentos externos (carga dos veículos automotivos). (SILVA E CARNEIRO, 2014, p. 17)

Pavimento Flexível, segundo DNIT (2006), é aquele que recebe a carga aplicada pelos veículos que passam acima e, as repassa às demais camadas de forma equivalente entre todas, sofrendo assim deformações elásticas.

Hoje em dia, em grande parte dos artigos e livros, a nomenclatura mais utilizada para esse tipo de pavimento é a de Pavimento Asfáltico, para que de antemão já se saiba qual tipo de revestimento é usado nesse processo.

Para Bernucci *et al* (2010), esse tipo de pavimento (Figura 1) é formado por uma junção de agregados e ligantes asfálticos, sua formação é constituída por quatro camadas fundamentais, conhecidas como revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito.

Ao abordar sobre os pavimentos asfálticos, Bernucci *et al* (2010, p. 09) ainda afirma que: “O revestimento asfáltico é a camada superior destinada a resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento, além de melhorar as condições de rolamento (conforto e segurança).”

**Figura 1** – Estrutura de pavimento novo com revestimento asfáltico



**Fonte:** Bernucci et al, 2010.

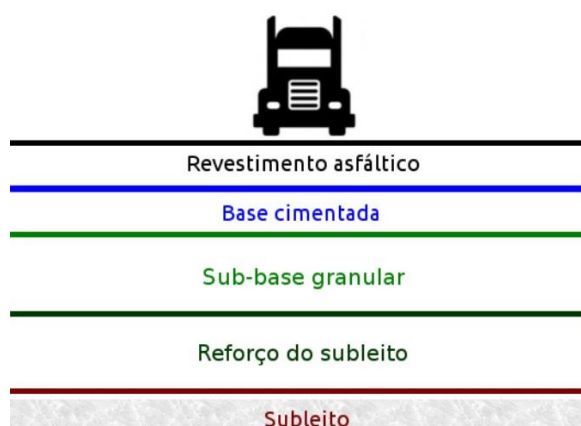
A estrutura desse tipo de pavimento é proporcional às propriedades dos materiais e tipos de solo da região à qual a obra será realizada, aquém da potência do fluxo sobrecarregado que por ele transita diariamente. Ou seja, quando o tráfego da região for alto, com cargas pesadas, é importante que as dimensões totais de camadas betuminosas estejam exercendo interação com a estrutura de pavimento, quando advir em camadas granulares e o solo da localidade forem de baixa qualidade (BRÁS, 2012).

### 2.1.2 PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO

Como pavimento intermediário encontra-se o semirrígido. De acordo com Balbo (2007), no glossário internacional, o termo Pavimento Semirrígido é utilizado para definir pavimentos com revestimento asfáltico e base de solo-cimento, porém, há quem discorde da utilização dessa nomenclatura, afirmando que não exista esse meio termo no que se diz respeito à pavimentação.

Para Paixão, Cordeiro e Correia (2017), a principal característica de um pavimento semirrígido está na sua base cimentada, enquanto que a sua compatibilidade com o Pavimento Flexível está no seu revestimento com material asfáltico. Esse tipo de pavimento é composto por revestimento, base cimentada, sub-base granular, reforço do subleito e subleito, como mostrado na Figura 2.

**Figura 2** – Detalhamento de um Pavimento Semirrígido



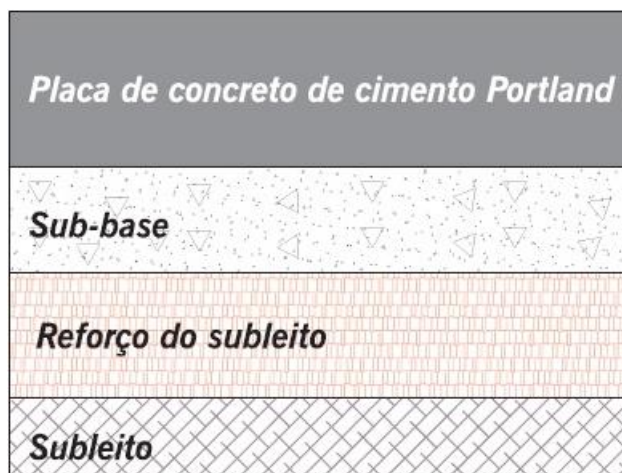
**Fonte:** E-Civil, 2021. Disponível em: <<https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-pavimento-semi-rigido.html>>.

Conforme o DNIT (2006) evidencia, os principais problemas pertinentes à manutenção rodoviária encontrados nesses pavimentos, asfáltico e semirrígido, são as degradações superficiais, tendo como exemplos às fissuras, desagregação e desgastes, deformações em perfil, sendo afundamento e ondulação alguns dos mais evidenciados nas rodovias.

### 2.1.3 PAVIMENTO RÍGIDO

Por fim, existe os pavimentos rígidos (Figura 3), que tem na composição da sua base o cimento e oferece uma economia na manutenção das vias, por ter uma durabilidade elevada se comparada com os demais tipos de pavimentações (ABCP, 2012).

**Figura 3** – Esquema das camadas de um pavimento rígido.



**Fonte:** Bernucci *et al*, 2010.

De acordo com Senço (2008), os pavimentos rígidos são formados necessariamente de concreto de cimento e raramente deformáveis, todavia, quando isso ocorre, ele rompe por tração na flexão.

Mais conhecido como pavimento de concreto, esse tipo de infraestrutura tem como particularidade conter ou não armaduras, sendo previamente determinado de acordo com a necessidade da rodovia (SILVA; CARNEIRO, 2014).

Para Carvalho (2007), o pavimento de concreto obtém uma alta durabilidade devido a sua elevada resistência a intempéries, por não sofrer deformação plástica e nem gerar trilha de rodas, o que como efeito fornece mais estabilidade para os motoristas.

Mesmo o concreto, simples ou armado, tendo normas e especificações com bastante uso e conhecimento de todos da área, a sua utilização em pavimentação de rodovias não tem tanta assiduidade (SENÇO, 2008).

Contudo, nos últimos anos, a utilização do pavimento de concreto para construção de novas rodovias ou reformas de estradas existentes cresceu de forma significativa, tanto pela durabilidade que esse tipo de pavimento tem, quanto pelo custo social, ambiental e econômico, sendo hoje, uma das alternativas mais eficazes para as rodovias.

## **2.2 DESGASTE DOS PAVIMENTOS**

As condições de uso de uma rodovia é algo que contribui de forma considerável no Custo Operacional dos Veículos (COV), ou seja, quando uma pavimentação rodoviária está em péssima qualidade, acarretará em aumento dos custos para os usuários da via (CARVALHO, 2007).

Manter as rodovias com qualidade para o tráfego é imprescindível para que haja crescimento econômico de uma região e, a depender do fluxo da estrada, ela se torna importante também para o desenvolvimento do país.

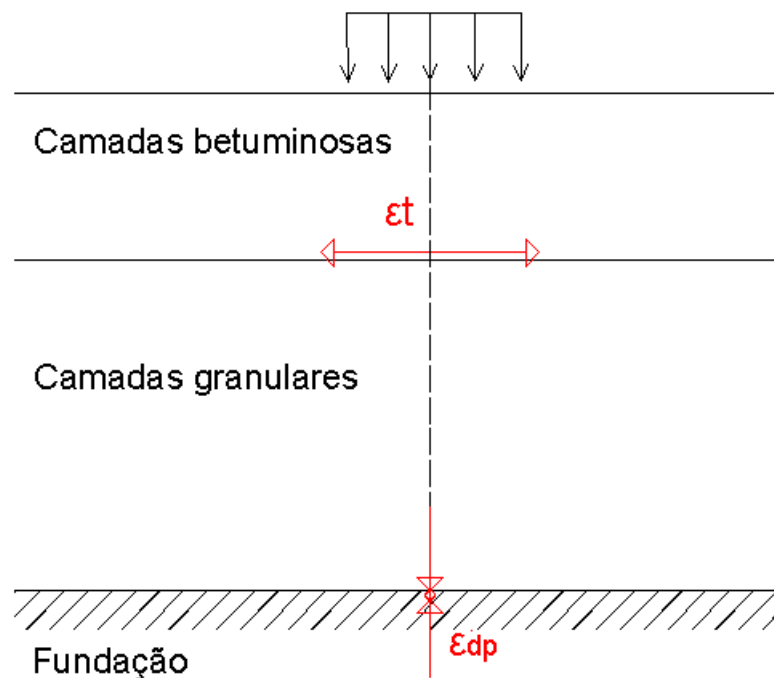
De acordo com Koshigoe *et al* (2019), são inúmeros os coeficientes que influenciam no desgaste do pavimento, como por exemplo, as propriedades dos materiais utilizados durante a obra, o projeto e os cálculos realizados de maneira incoerente, além das intempéries (chuva, vento, sol) e de fatores ambientais. Assim como, quantidade de carros que usam a rodovia e quais os tipos de veículos, já que o peso diário influencia no estado do pavimento, principalmente quando o pavimento não foi projetado adequadamente para suportar tal carga, bem como a taxa de crescimento futuro da utilização da pista, já que uma rodovia é projetada para durar em média 10 anos.

No que se refere a pavimentos flexíveis que necessitam de reparos, como por exemplo, o recapeamento, a média de vida útil varia entre 3 a 10 anos, de acordo com o projeto e o custo investido na obra (DNIT, 2006).

Para Brás (2012), para um pavimento funcionar de forma eficaz tanto em sua aplicabilidade, quanto na sua estrutura, decorre da geometria e mecânica, ou seja, depende do tamanho, da quantidade e das propriedades dos materiais de cada camada que forma o

pavimento, assim como a fundação que o sustenta. Assim como no Brasil, em Portugal o tipo de pavimento preponderante é o flexível e conhecer como esse tipo de estrutura funciona é de suma importância para a criação de métodos de dimensionamento específicos e competentes. Sendo assim, é necessário saber que as camadas do pavimento precisam ter capacidade e resistência decrescente, ou seja, parte externa (superfície) para a parte interna do pavimento. Observe na Figura 4 que cada camada tem a incumbência de resistir a camada que é colocada por cima.

**Figura 4** – Composição e comportamento de um pavimento flexível



**Fonte:** Brás, 2012.

Quando um pavimento é composto em suas camadas superiores por misturas betuminosas, é correto afirmar que esses elementos caracterizam – se como os de maior relevância para o cumprimento do que se é esperado de um pavimento ao decorrer do tempo estipulado de uso. É essencial salientar que, por ser caracterizado como um componente visco – elastoelástico, o seu funcionamento é relacionado diretamente com a temperatura que é exposto diariamente, como também, pela intensidade do tráfego de veículos oriundos da importância da via. A junção desses dois fatores indica as principais justificativas para que estruturas de pavimentos rodoviários de países tropicais emergentes sofram deformidades em

suas pavimentações constituídas de misturas betuminosas. Esse tipo de composto acarreta patologias oriundas de deformações plásticas, que são as causadoras de assentamento da superfície por onde os veículos mais transitam na via. São essas falhas que limitam a qualidade da pista, reduzindo o conforto durante uma viagem, bem como a segurança no percurso, fazendo - se necessária a interferência da administração da rodovia para que tais problemas sejam solucionados, o que acarreta um elevado custo para quem faz as melhorias e transtornos para quem usam as vias, já que no decorrer desse processo é necessário que a circulação seja interrompida durante um período estipulado (ANTUNES *et al*, 2016).

Por ser um país de vasta malha rodoviária que utiliza a pavimentação flexível, o Brasil sofre com problemas que muitas vezes são recorrentes desse tipo de pavimento escolhido. Como mostra na Figura 5, durante períodos chuvosos, patologias existentes se agravam em diversas regiões do país, o que gera custos e prejuízos tanto para governos e empresas, como para motoristas.

**Figura 5** – Pavimentação asfáltica em péssimo estado durante período chuvoso.



**Fonte:** Arquivo pessoal.

Por essa razão, pavimentos de concreto vêm ganhando mais espaço no país, sendo utilizados em diversas novas obras de construções de rodovias, como também em reformas de pistas já existentes no Brasil.

### **2.3 UTILIZAÇÃO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO COMO ALTERNATIVA DURADOURA**

Diferente do que muitos acreditam, a utilização de pavimentos de concreto não é algo que começou nos últimos anos no Brasil. Esse tipo de pavimento era muito empregado por volta do século XX, porém, com o aumento da construção imobiliária, o uso do concreto para pavimentação perdeu lugar para a utilização do mesmo em construção de casa e edifício, o que gerou uma perda de conhecimento tecnológico voltado para tal finalidade (GIUSTI, 2009).

Esse tipo de pavimento é frequentemente utilizado para execução de aeroportos, portos e rodovias, como também para corredores em grandes cidades por onde circulam diariamente e em uma constância, mas só foi por volta dos anos de 1990 que os pavimentos de concreto ressurgiram com grande estímulo no universo rodoviário no país (SILVA; CARNEIRO, 2014).

Ao falar sobre o pavimento de concreto, ABCP (2012, p. 02) declara que: “O projeto de um pavimento de concreto é feito com métodos consagrados que buscam principalmente o desempenho ótimo estrutural. Entre eles usam-se o Método da Portland *Cement Association* (PCA), elementos finitos etc.”

Conforme relatam Silva e Carneiro (2014), quando a Associação Brasileira de Cimento Portland adquiriu pavimentadoras e usinas modernas para construção de pavimentos de concreto, por volta de 1998, o emprego dessa técnica ganhou mais visibilidade no meio rodoviário no Brasil, destacando-se no emprego de terceiras faixas de importantes rodovias como Anchieta – Imigrantes, rodovia Presidente Dutra, rodovia Castelo Branco e, hodiernamente na realização da duplicação da Rodovia BR 101/NE, como apresentada na Figura 6.



**Figura 6** – Pavimentação em concreto em trecho na Rodovia BR 101/NE.



**Fonte:** Silva e carneiro, 2014.

De acordo com Suzuki, Santos e Lopes (2012) a determinação de qual tipo de pavimento utilizar em uma obra deve seguir não somente informações técnicas, pois, de forma indireta, quem arca com os custos de uma pavimentação é a sociedade. Sendo assim, faz – se necessário que aspectos econômicos, sociais e ambientes estejam diretamente relacionados à escolha do tipo de pavimento, já que, em uma obra dessa categoria, o custo não se resume somente na construção, mas sim em manutenção, reconstrução, custos com maquinário, veículos e com reabilitação sempre que necessário.

Em relação a vida útil desse tipo de pavimento, segundo Senço (2008), obras que utilizam técnicas de pavimentação rígida tem em média 20 anos de duração, podendo chegar a 30 anos, se realizadas manutenções adequadas quando necessário.

Para Suzuki, Santos e Lopes (2012) grandes cidades fazem o uso de pavimentos de concreto para corredores de ônibus devido a sua comprovada durabilidade e pouca necessidade de manutenção, ainda mais quando comparado com os pavimentos asfálticos, que necessitam regularmente de reparos, acarretando sempre maiores gastos e complicações no tráfego das vias, gerando custos ambientais e um acréscimo no tempo final de viagens. Devido à essas informações, durante a década dos anos de 1980, a Companhia do Metropolitano de São Paulo (CMSP) realizou estudos e decidiu que a melhor alternativa para

um corredor exclusivo de trólebus, que ligaria as cidades de São Paulo, São Bernardo do Campo, Diadema, Santo André e Mauá, com aproximadamente 33km, seria com pavimento de concreto de cimento Portland. Esse tipo de pavimento foi preferido devido principalmente ao seu comportamento superior com o passar dos anos, tanto para os veículos que utilizam a via e sofrem menos desgaste quanto para o próprio pavimento, que precisará de uma menor frequência de ações corretivas. Essa escolha, do tipo de pavimento, resultou sendo a melhor alternativa para a região, visto que, houve um trecho de aproximadamente 2 km implementado com pavimento flexível que necessitou de reconstrução devido a sua deterioração prematura decorrente da intensidade de circulação de veículos no local. Na Tabela 1 é relatado os custos de construção dos dois tipos de pavimentos e é evidente a diferença que existe em torno desses processos, onde o Pavimento Asfáltico tem um custo final maior, de R\$880.490,49 (oitocentos e oitenta mil, quatrocentos e noventa reais e quarenta e nove centavos), cerca de 9,51% se comparado com o Pavimento Rígido.

**Tabela 1** – Custo de Construção

<b>Tipo de Estrutura</b>	<b>Custo de Construção R\$</b>
<b>Pavimento Rígido (CCP)</b>	<b>8.377.097,68</b>
<b>Pavimento Asfáltico</b>	<b>9.257.588,17</b>

**Fonte:** Suzuki; Santos; Lopes, 2012.

De acordo com Carvalho (2007), o uso de tecnologias e equipamentos atualizados, fez com que os custos inicial ou de construção para pavimentos de concreto se convertesse em uma alternativa equiparada com os demais tipos de pavimentação, com o uso de vibroacabadoras (Figura 7) e usinas dosadoras e misturadoras, enquanto que os custos de manutenção das rodovias se tornaram significativamente menores quando técnicas de pavimentos de concreto são adotadas para as pistas, caracterizando o emprego de técnicas de pavimentos de concreto como sendo as mais vantajosas para todos.

**Figura 7** – Vibroacabadora de fôrmas deslizantes.



**Fonte:** Carvalho, 2007.

A utilização de técnicas de pavimentos de concreto para melhoria de rodovias vem crescendo significativamente no país. Conforme Silva e Carneiro (2014), a depender da necessidade da obra, de acordo com materiais de pesquisas e análises realizadas com antecedência, fica mais coerente decidir qual tipo de pavimento de concreto de cimento Portland será adequado para tal estrutura. Sobressai dos demais tipos de pavimentos dessa categoria os: Pavimento de Concreto Simples; Pavimento de Concreto com Armadura Descontínua; Pavimento de Concreto Estruturalmente Armado; Pavimento de Concreto Protendido; *Whitetopping*.

### 2.3.1 PAVIMENTO DE CONCRETO SIMPLES

A ABNT NBR 7583 (1986, p. 02) afirma que:

Pavimento de concreto de cimento Portland no qual as tensões solicitantes são combatidas tão somente pelo próprio concreto, e que não contém nenhum tipo de armadura distribuída, não se considerando como armadura, neste caso, eventuais sistemas de ligações ou de transmissão de carga entre as placas formadas pelas juntas longitudinais e transversais.

As placas de cimento, segundo DNIT 047 (2004), necessitarão de material e tamanho definidos anteriormente em projeto para que possam ser aplicadas por cima de uma sub base. A Norma ainda relata que o concreto que servirá para esse tipo de pavimento precisará ter sua formação estabelecida por método racional, de acordo com as normas NBR 12655 e NBR 12821, para que o material em questão obtenha a correta trabalhabilidade, endurecimento consistente e durável e demais especificações existentes nas devidas normas. Na Tabela 2 é apresentado os tipos de cimentos apropriados para o uso em pavimentos de concreto simples e que as devidas normas indicam.

**Tabela 2** – Tipos de cimento Portland para pavimentação de concreto simples.

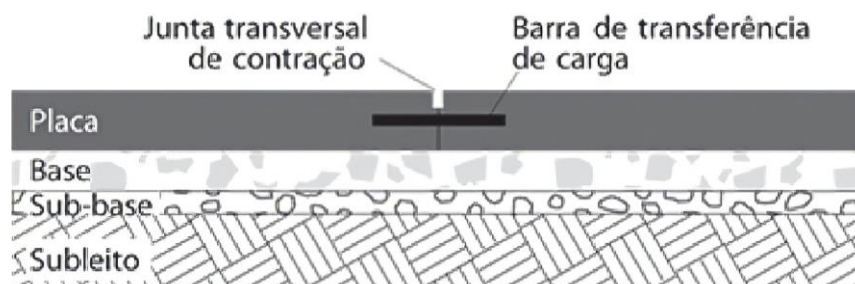
<b>Cimento</b>	<b>Definição</b>	<b>Norma</b>
CP – I	Portland Comum	NBR 5732
CP – II	Portland Composto	NBR 11578
CP – III	Portland de Alto Forno	NBR 5735
CP – IV	Portland Pozolânico	NBR 5736

**Fonte:** DNIT, 2004.

Para ABCP (2012), o pavimento que usa esse tipo de técnica é favorecido com confluências transversais e longitudinais e resiste aos esforços solicitantes somente com concreto, sem a existência de aço compondo a sua estrutura.

De acordo com Balbo (2009), os Pavimentos de Concreto Simples (PCS), são formados por placas de concreto feitas no local da obra, depois de um tempo definido da adaptação do concreto. As placas ficam dispostas sobre uma base, a qual já está sobre uma sub-base, e eventualmente sobre um subleito, como descrito na Figura 8.

**Figura 8** – Placa de Pavimento de Concreto Simples



**Fonte:** Balbo, 2009.

Ainda de acordo com Balbo (2009), o aço que é utilizado em PCS serve para as barras de transferência de carga (BT), colocadas nas juntas transversais, para que as cargas empregadas em cima das placas tenham seus impactos atenuados graças a existências das BT nessa região. Elas fazem com que as energias emitidas nas placas sejam dissipadas para as camadas posteriores à que recebeu os esforços, tendo esse tipo de resultado acometido em qualquer junta de pavimentos de concreto em placas o nome de transferência de carga. Devido às particularidades existentes nesse tipo de pavimento, os engenheiros civis, quando decidem escolher tal tipo de técnica, estão cientes da condição mais desfavorável da utilização: a resistência do concreto.

A escolha dessa técnica requer um estudo detalhado do tipo de tráfego da região, visto que, para a utilização de Pavimentos de Concreto Simples faz-se necessária a análise se este é o mais adequado para a rodovia.

### 2.3.2 PAVIMENTO DE CONCRETO COM ARMADURA DESCONTÍNUA

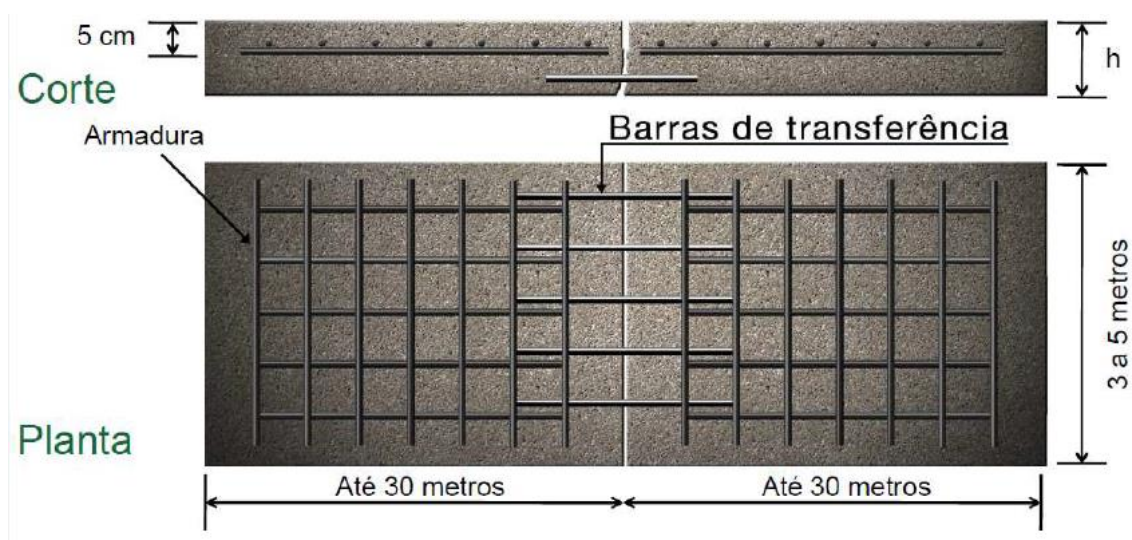
Segundo Silva e Carneiro (2014), o Pavimento de Concreto com Armadura Descontínua dispõe de aço para ajudar na prevenção de fissura ocasionada pela contração do concreto. Essas barras são postas nas juntas transversais e longitudinais da estrutura do pavimento, com uma distância de 5 cm da sua face, por essa razão é denominada como descontínua.

De acordo com DNIT (2005), as barras de aço utilizadas nesse tipo de pavimento não possuem função estrutural, portanto, não auxiliam às placas com as forças de flexão que elas sofrem, contribuem tão somente para que as fissuras permanecem unidas, já que nesse tipo de

pavimentação é algo que acontece normalmente, devido a extensão das placas, que chegam a ter 30m de comprimento, porém, o mais usual no Brasil são as que variam entre 12 a 15m.

Na Figura 9 é vista a estrutura de um Pavimento de Concreto com Armadura Descontínua, seguindo os pensamentos supracitados, evidenciando as barras de aço de forma descontínua.

**Figura 9** – Placa de Pavimento de Concreto com Armadura Descontínua.



**Fonte:** Unimar, 2018. Disponível em: <<https://slideplayer.com.br/slide/14274496/>>.

### 2.3.3 PAVIMENTO DE CONCRETO ESTRUTURALMENTE ARMADO

O Pavimento de Concreto Estruturalmente Armado (Figura 10) é produzido com cimento Portland sendo a base e o revestimento. Diferente do Pavimento de Concreto com Armadura Descontínua, esse tipo de pavimento rígido possui a armadura com finalidade estrutural, sendo assim, ele suporta os esforços que são direcionados para tal. As juntas transversais são destinadas para retração e as longitudinais para articulação ou construção, onde as transversais possuem as barras de transferência, e as placas detêm dimensões diferentes das encontradas nos Pavimentos de Concreto Simples, com base em cálculos realizados anteriormente ao início da construção do pavimento (ABPC, 2012)

Ainda de acordo com ABCP (2012) para esse tipo de pavimento, onde a estrutura é projetada para suportar grandes energias, principalmente as de tensão na flexão, as armaduras principais são postas, sempre que forem projetadas para isso, sob a placa de concreto.

**Figura 10** – Pavimentos de Concreto Armado.



**Fonte:** ABCP, 2012.

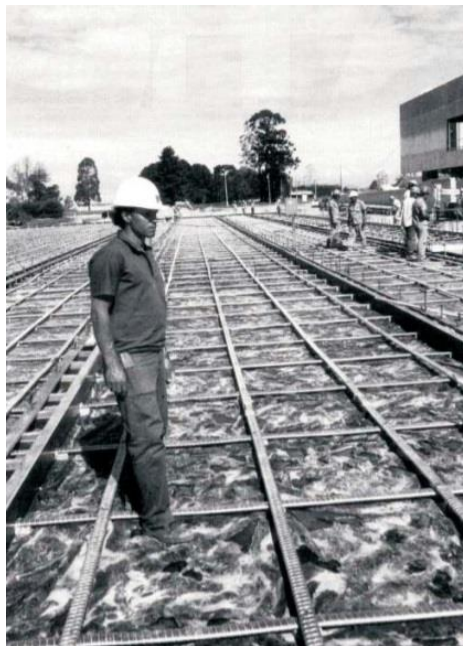
Ao se falar sobre Pavimentos de Concreto Armado, Silva e Carneiro (2014, p. 18) afirmam que: “Pavimento de Concreto Estruturalmente Armado possui barras de transferência e telas de aço distribuídas na parte superior e inferior da placa. A função essencial do aço é de combater as tensões geradas pelo carregamento.”

Conforme descreve Balbo (2009), o Pavimento de Concreto Armado (PCA) age em sistema de compressão nas peças longitudinais, entretanto, sem que ocorra o esmagamento, e possui mais espaços entre as juntas serradas do que o que o aquele que há nos Pavimentos de Concreto Simples (PCS).

#### 2.3.4 PAVIMENTO DE CONCRETO PROTENDIDO

Segundo Silva e Carneiro (2014), o Pavimento de Concreto Protendido é normalmente utilizado para pavimentos de aeroportos, como apresentado na Figura 11, e pisos industriais, que necessitam de grande carga.

**Figura 11** – Pavimento em Concreto Protendido de pista de pouso em aeroporto.



**Fonte:** Schmid, 2005.

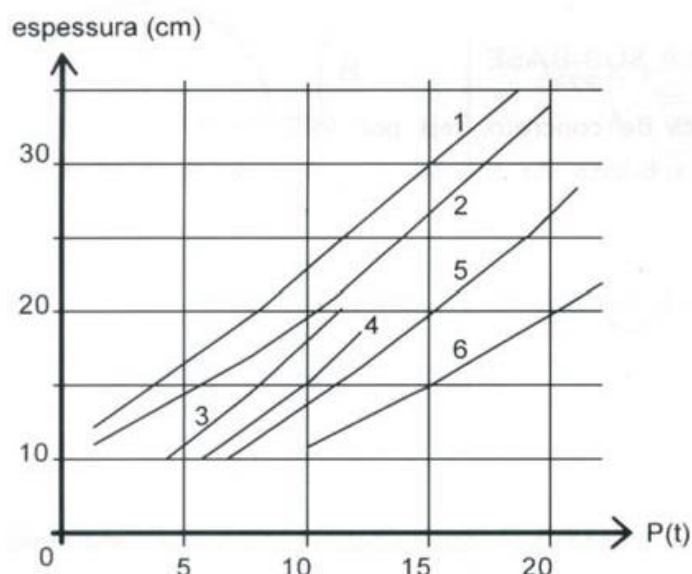
Esse tipo de pavimento utiliza placas de grandes comprimentos e pequenas espessuras, funcionando perfeitamente em regime elástico (BALBO 2009).

Para Schmid (2005), o Pavimento Rígido em Concreto Protendido tem uma estrutura que auxilia para que seu pavimento fique o mais próximo de ser impermeável e sem trincas devido os efeitos de tração serem comidos pela protensão, fazendo com que o concreto seja comprimido e armazenando tensões que contribui para que exista uma diminuição na espessura da placa, diferenciando dos demais tipos de Pavimentos Rígidos.

De acordo com o Gráfico 1, é visível a distinção entre as Placas de Concreto Simples e as de Concreto Protendido, evidenciando que a segunda citada tem uma qualidade superior para resistir esforços de compressão.



**Gráfico 1** – Comparação entre Placa de Concreto Simples e Concreto Protendido.



**Curvas 1 e 2: concreto simples**

**Curvas 3 e 4: concreto protendido  $\delta_{Na} = 10 \text{ kg/cm}^2$**

**Curvas 5 e 6: concreto protendido  $\delta_{Na} = 20 \text{ kg/cm}^2$**

**Fonte:** Schmid, 2005.

Pelo alto custo e por ser produzido para suportar altas cargas, esse tipo de pavimento é mais comum em aeroportos do que em estradas, entretanto, o concreto protendido em si, é muito utilizado para construção de pontes e viadutos, por ser resistente e suprir as necessidades que esses tipos de obras requerem.

### 2.3.5 WHITETOPPING

Para DNIT (2005) o Pavimento *Whitetopping* é formado por uma placa de concreto de cimento Portland destinado a fortalecer a requalificação de pavimentos flexíveis. Nessa técnica o pavimento flexível já existente é utilizado como fundação para o recente pavimento rígido instalado. Essa alternativa de reforma, além de contribuir para eliminar os problemas existentes devido às deteriorações do pavimento flexível, colabora para que haja mais conforto de rolamento, segurança e economia para os usuários da via, visto que, após a nova camada de Pavimento *Whitetopping*, a pista recebe um novo pavimento que suporta mais carga e necessitará de menos reparos no decorrer dos anos, se comparado com o antigo

pavimento existente no local. Para que ocorra tal reabilitação, o pavimento é nivelado com o uso de uma camada asfáltica por cima do pavimento flexível presente, com o intuito de corrigir as inconstâncias da face da pavimentação, para que em seguida seja despejado com pavimento rígido.

A aplicação do *Whitetopping* é uma alternativa permanente, empregue nos EUA em mais de 200 projetos desde os anos de 1960 de acordo com a *American Concrete Pavement Association*, enquanto que no Brasil, esse tipo de técnica já foi utilizada em diversas obras, tal como, em São Paulo, na SP 79/103, no Rio Grande do Sul, na BR 290 (Figura 12), entretanto, em quantidade inferior ao número de projetos dos EUA, mas que também são significativas para o meio rodoviário nacional (CARVALHO, 2007).

**Figura 12** – BR 209 em Porto Alegre, realizada com a técnica de *Whitetopping*



**Fonte:** Carvalho, 2007.

Conforme Frasson Junior *et al* (2020), o *Whitetopping* é um pavimento de concreto que contém um custo de manutenção inferior quando comparado com outros tipos de pavimentos. Para ele, esse pavimento rígido contribui com uma melhor nitidez em função da sua pigmentação clara, o que acarreta mais segurança na via, e devido ao processo de texturização, a conexão entre os pneus e a superfície do pavimento é extraordinário, auxiliando no rolamento.

De acordo com ABCP (2012) existe inúmeras vantagens ao adotar a técnica de Pavimento *Whitetopping*, sendo listadas a seguir:

- Amplia a durabilidade e capacidade do pavimento existente;
- Construção definitiva, não apenas uma correção temporária;
- Custo equiparado com as demais técnicas.

O *Whitetopping*, ainda de acordo com ABCP (2012) é classificado em três tipos, conforme Tabela 3 a seguir.

**Tabela 3** – Classificação dos Pavimentos *Whitetopping*

<b>Nome</b>	<b>Características</b>	<b>Espessura</b>
<b><i>Whitetopping</i> Tradicional</b>	<b>Em qualquer estado de degradação do pavimento flexível</b>	<b>Até 10 cm</b>
<b><i>Whitetopping</i> Ultradelgado</b>	<b>Reforçar o pavimento flexível existente</b>	<b>Entre 10 a 5 cm</b>
<b><i>Whitetopping</i> Delgado Composto</b>	<b>Características e vantagens dos outros dois tipos</b>	<b>Resultante entre as do <i>Whitetopping</i> Tradicional e Ultradelgado</b>

**Fonte:** ABCP, 2012

A utilização dessa técnica vem ganhando mais espaço no Brasil na atualidade, devido ao conhecimento que muitos estão tendo sobre essa forma de pavimentação, além do custo benefício que ela trás para todos os envolvidos nesse tipo de obra, como governos, empresas privadas e a própria sociedade em geral.

Segundo Frasson Junior *et al* (2020), a escolha da técnica de *Whitetopping* para a reparação da rodovia SC 114 foi a mais apropriada, graças a economia de custos e proteção ambiental que ocasional devido ao reaproveitamento o pavimento flexível já existente para ser a sub-base no novo pavimento rígido. Foi também graças a essa alternativa de pavimento que, com o auxílio de um planejamento de tráfego e cálculos para alterar o tempo de cura do concreto, que durante o processo da obra foi permitido o uso da pista lateral à que estava

sendo requalificada e posteriormente, o uso da mesma em pouco tempo. Sendo assim, foi possível, no período da execução, haver circulação na rodovia, o que satisfaz a todos os usuários da via.

É notório que o emprego da técnica de Pavimento *Whitetopping* é uma das alternativas mais viáveis para obras de requalificação de pavimentos asfálticos já existentes, principalmente quando o fluxo de circulação da via se eleva com o passar dos anos e os danos causados na pavimentação são evidentes.

### 3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do referente trabalho, foi empregado o método de análise descritiva, com uma abordagem quantitativa, por se tratar de um estudo de caso, em que o enfoque principal é a análise de técnicas que contribuam para a reabilitação de pavimentos flexíveis, em especial, ao trecho da BA 396, que liga Rio Real/BA à BR 101, realizado por meio de pesquisas bibliográficas e visitas *in loco* para levantamentos fotográficos e medições.

Quando o tema sobre pesquisa bibliográfica é abordado, afirma - se que:

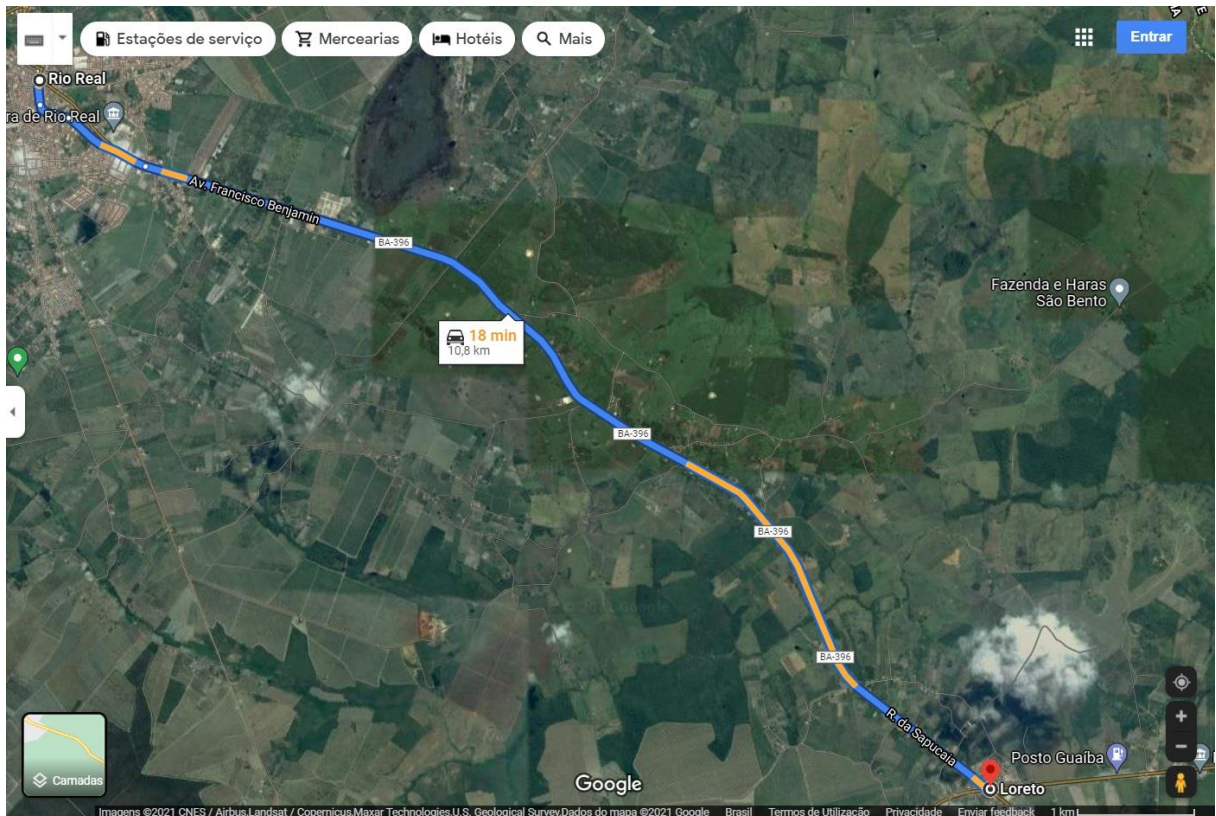
A pesquisa bibliográfica é o meio de formação por excelência e constitui o procedimento básico para os estudos monográficos, pelos quais se busca o domínio do estado da arte sobre determinado tema. Como trabalho científico original, constitui a pesquisa propriamente dita na área das ciências humanas. Como resumo de assunto, constitui geralmente o primeiro passo de qualquer pesquisa científica. Os alunos de todos os níveis acadêmicos, devem, portanto, ser iniciados nos métodos e nas técnicas da pesquisa bibliográfica (QUERINO, 2011, p. 55 apud CERVO; BERVIAN; DA SILVA, p. 61, 2007).

A pesquisa quantitativa, segundo CEBRAP (2016), possui como diferencial a singularidade na forma da busca e observação dos dados adquiridos. Sendo assim, é necessário que se faça uma busca de várias informações para que as mesmas sejam comparadas umas com as outras. O que define esse tipo de pesquisa é o cotejo realizado com as informações coletadas nas pesquisas.

Para a coleta de dados, fez - se pesquisas por arquivos que tratassem do tema em questão, em um periódico entre 2010 e 2021, com o critério de inclusão, trabalhos que abordassem a mesma temática, sendo voltado para todos os tipos de pavimentos, em especial os pavimentos rígidos, com conteúdo que agregasse valor ao assunto, sendo excluídos todos aqueles que diferem do objetivo da ideia proposta no trabalho. Empregou - se como base de dados para procura de tais arquivos às plataformas digitais, *Science Direct*, *Scientific Library Online (SCIELO)* e no site de busca Google Acadêmico. No momento da busca nas plataformas digitais, foram utilizadas como palavras - chaves as seguintes: Pavimento, pavimentação rígida, pavimentação de concreto, pavimentação flexível, pavimentação asfáltica, desgaste, rodovia, requalificação. Como também foram realizadas visitas, *in loco*, no período de Janeiro/2021 a Outubro/2021, ao trecho da BA 396 (Figura 13), temática de estudo

do trabalho, para levantamento visual do seu estado de conservação da rodovia, para relatório fotográfico, medições e anotações que agregassem valor ao conteúdo.

**Figura 13** – Mapa para localização da BA 396



**Fonte:** Google Maps 2021.

Ao final das pesquisas, seguindo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), em especial a ABNT NBR 10520, que aborda mais detalhadamente as exigências para citações em textos, todas as devidas citações e referências foram dadas aos autores dos textos, dando – lhes todo o crédito que a eles lhes cabem, concluindo um trabalho com ética e coerência.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 ESTADO DO PAVIMENTO FLEXÍVEL NA BA 396, TRECHO QUE LIGA RIO REAL/BA À BR 101, POR MEIO DE LEVANTAMENTO VISUAL.

De forma visual, a análise da estrutura encontrada no trecho da BA 396, de interseção entre a sede de Rio Real/BA e a BR 101, foi realizada durante oito visitas à rodovia e está sendo detalhada nos tópicos que se seguem, fundamentados teoricamente na Norma DNIT 005/2003.

#### 4.1.1 DESGASTE

Na primeira visita foi evidenciado diversos trechos com desgastes ao longo dos 10 quilômetros da BA 396, da entrada da cidade de Rio Real/BA ao entroncamento com a BR 101, oriundos do arrancamento contínuo do agregado que constitui a pavimentação, ocasionando aos motoristas a necessidade da redução de velocidade, como apresentado nas Figuras 14 e 15.

**Figuras 14 e 15** – Pavimentos desgastados em trechos da BA 396, que liga Rio Real/BA à BR 101.



**Fonte:** Arquivo pessoal.

Fatores que possivelmente contribuíram com o surgimento:

- Ocorrência do aumento no número de veículos que transitam na rodovia, pois os seus pneus, mais especificamente o conjunto, a pressão, tamanho e tipo, aceleram a desintegração;
- Agentes climáticos;
- Existência de água no interior do revestimento.

#### 4.1.2 PANELA OU BURACO

Durante o período chuvoso, na segunda e terceira visita, foi notório que o estado da rodovia se torna ainda mais crítico devido ao aparecimento de panelas, como apresentado nas Figuras 16 e 17, popularmente chamadas de buraco, com dimensões que variaram, em média, entre 0,20cm a 1,20m de diâmetro, e com profundidades que chegavam a 17cm.

**Figura 16 e 17:** Buracos com diversos diâmetros em trecho da BA 396.



**Fonte:** Arquivo pessoal.



Esses tipos de patologias (Figura 18) são aberturas ocasionadas inicialmente no revestimento do pavimento e com o passar do tempo, aumentam as dimensões e profundidades, gerando problemas de circulação dos veículos na rodovia, como também gastos com manutenção dos próprios meios de transportes.

**Figura 18** – Painelas em trechos da BA 396 Rio Real – BR 101



**Fonte:** Arquivo pessoal.

Fatores que possivelmente contribuíram com o surgimento:

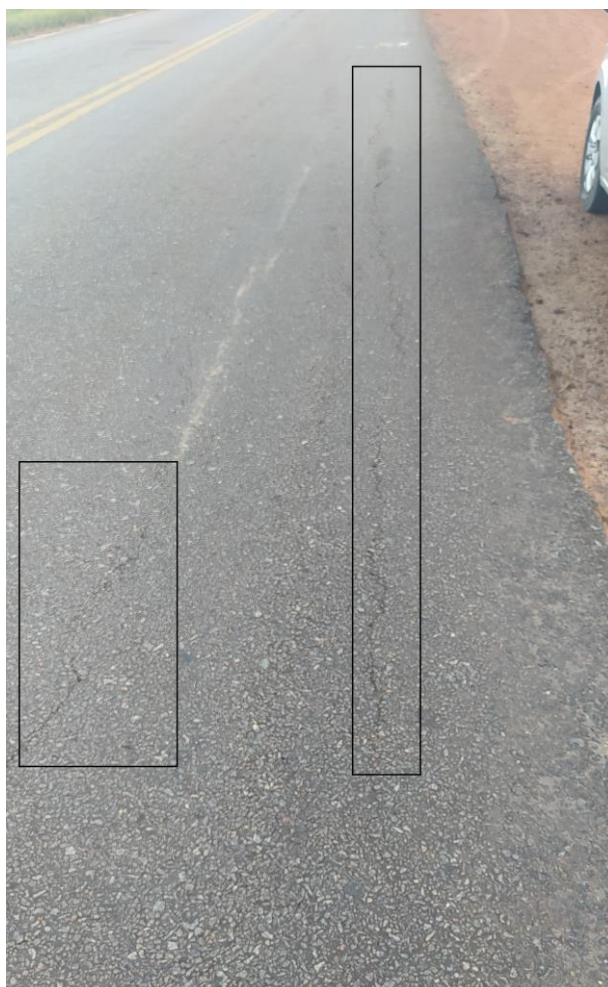
- Desagregação do revestimento;
- Fatores climáticos;
- Condições de drenagem superficial;
- Aumento do tráfego de veículos pesados na rodovia nos últimos anos;
- Trincas de fadiga que sofrem alterações com a combinação de chuvas intensas e constante circulação de caminhões de cargas pesadas, que conseqüentemente, geram buracos no final do processo.

### 4.1.3 TRINCAS

#### 4.1.3.1 Trincas Isoladas

a) Trinca longitudinal: Trincas com direção paralela ao eixo da via (Figura 19). As trincas encontradas na rodovia, registradas na quarta visita *in loco*, com dimensão de até 100cm, são denominadas de trincas longitudinais curtas, enquanto as que superam essas medidas, são chamadas de trincas longitudinais longas.

**Figura 19** – Trincas Longitudinais na BA 396, no sentido Rio Real/BA – BR 101.



**Fonte:** Arquivo pessoal.

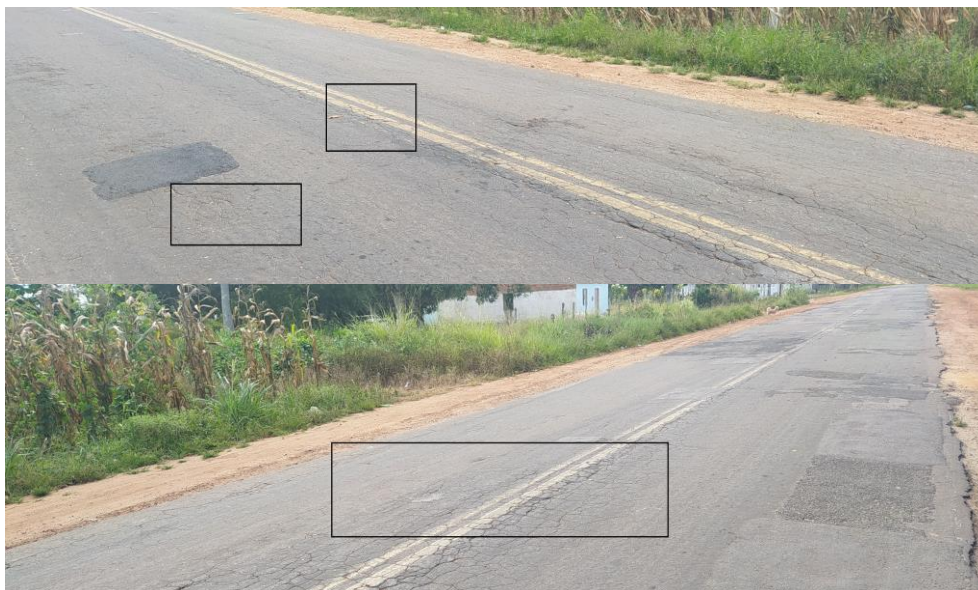
Fatores que possivelmente contribuíram com o surgimento:

- Tráfego intenso que provoca tensões de tração da fibra do interior do revestimento;
- Recalque diferencial;
- Mudança de temperatura constante.

#### 4.1.3.2 Trinca Interligada

- a) Trinca tipo “Couro de Jacaré”: Como notável durante as vistorias, por se tratar de uma rodovia que já vem sofrendo com patologias procedentes de pavimentos flexíveis, as trincas tipo “couro de jacaré” são as mais encontradas, no que se refere a fendas e foram observadas e fotografadas na quinta visita à pista. Elas são trincas interligadas, como apresentadas nas Figuras 20 e 21, sem uma direção específica.

**Figura 20 e 21** – Trinca tipo “Couro de Jacaré”



**Fonte:** Arquivo pessoal.

- b) Trinca tipo “Bloco: Visualizada em diversos pontos no decorrer da rodovia, durante a sexta visita para levantamento de dados, a trinca tipo “Bloco” pode ser definida como a agregação de trincas conectadas que visivelmente remetem a lembrança de blocos, com lados definidos, contendo ou não erosão nas suas extremidades. A Figura 22 comprova a existência desse tipo de patologia na rodovia em análise, nesse caso, com erosão aparente nas bordas.

**Figura 22** – Trinca tipo “Bloco” com erosão nas bordas.



**Fonte:** Arquivo pessoal.

Fatores que possivelmente contribuíram com o surgimento:

- Fatores climáticos;
- Pavimento com vida útil atingida;
- Colapso do revestido em resposta ao aumento do tráfego na rodovia;
- Asfalto quebradiço;
- Contração da capa asfáltica.

#### 4.1.4 REMENDO

Por se tratar de uma rodovia que há muitos anos vem sofrendo com problemas derivados de pavimentos flexíveis, a existência de remendos em todo o trecho percorrido é comprovada nas Figuras 23 e 24. Na sétima e oitava visita ao trecho da BA 396 foi constatado diversos pontos onde remendos tinham sido realizados por meio de operações “tapa buraco” do Governo do Estado.

**Figuras 23 e 24** – Remendos na BA 396, realizados pela operação “tapa buraco”.



**Fonte:** Arquivo pessoal.

Os remendos são considerados patologias devido à instabilidade que causam aos motoristas ao passarem pelos locais recuperados. Esse desconforto ocorre devido ao processo que acontece para que a panela (buraco) que existia no local anteriormente não exista mais, logo após o preenchimento do local com camadas do pavimento e a reposição do revestimento.

Em casos que as panelas são superficiais, os remendos são realizados apenas com a retirada do revestimento danificado para a aplicação de um novo. Enquanto que, em casos onde a profundidade das panelas chegam as camadas mais profundas do pavimento, como foi o caso dos buracos na BA 396, foi necessário a complementação das camadas do pavimento existente, finalizando com a substituição do revestimento, normalmente em formato retangular (Figura 25).

**Figura 25** – Remendo de panelas no trecho da BA 396 que liga Rio Real – BA à BR 101



**Fonte:** Arquivo pessoal.

Fatores que possivelmente contribuíram para a utilização de remendos:

- Panelas (buracos) existentes na rodovia;
- Pavimento necessitando de reparos para o rolamento de veículos;
- Necessidade de refazer reparos devido a utilização de materiais de má qualidade;
- Fatores climáticos;
- Intensificação no fluxo de veículos na pista.

Para melhor compreender o estado da rodovia, logo após o levantamento visual realizado nas visitas à BA 396, no trecho de 10 km que interligam Rio Real – BA à BR 101, foi preparada uma tabela (Tabela 4) contendo as patologias encontradas na região, com descrições dos problemas, os fatores que influenciam no aparecimento e o índice de

incidência em que são encontrados na rodovia, este variando de 1 (um) para pouca incidência a 5 (cinco) para muita incidência das patologias registradas. As definições dos danos identificados na pista foram baseadas na norma DNIT 005/2003.

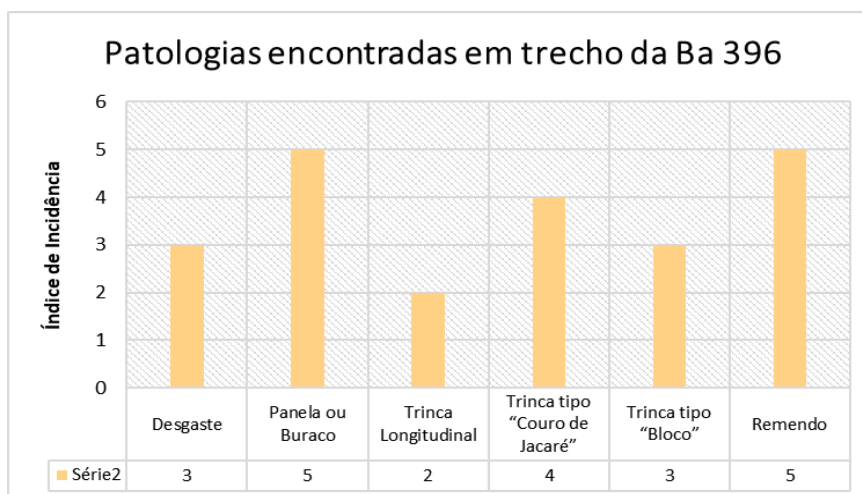
**Tabela 4** – Detalhamento do estado do pavimento da Rodovia BA 396, ligação entre Rio Real/BA e a BR 101.

PATOLOGIAS		DESCRIÇÃO	FATORES DE INFLUÊNCIA	ÍNDICE DE INCIDÊNCIA
Desgaste		Arrancamento contínuo do agregado que constitui a pavimentação	Aumento no número de veículos que transitam na rodovia; Agentes climáticos; Água no interior do pavimento.	3
Panela ou Buraco		São aberturas ocasionadas inicialmente no revestimento do pavimento e com o passar do tempo, aumentam as dimensões e profundidades.	Desagregação do revestimento; Fatores climáticos; Condições de drenagem superficial; Aumento do tráfego de veículos pesados; Trincas de fadiga.	5
Trinca Isolada	Trinca Longitudinal	Trincas com direção paralela ao eixo da via	Tráfego intenso; Recalque diferencial; Mudança de temperatura constante.	2
Trinca Interligada	Trinca tipo “Couro de Jacaré”	São trincas interligadas, sem uma direção específica.	Fatores climáticos; Pavimento com vida útil atingida; Colapso do revestido; Asfalto quebradiço; Contração da capa asfáltica.	4
	Trinca tipo “Bloco”	Agregação de trincas conectadas que visivelmente remetem a lembrança de blocos, com lados definidos, contendo ou não erosão nas suas extremidades		3
Remendo		São considerados patologias devido à instabilidade que causam aos motoristas ao passarem pelos locais recuperados	Panelas (buracos) existentes na rodovia; Pavimento necessitando de reparos; Utilização de materiais de má qualidade anteriormente; Fatores climáticos; Intensificação no fluxo de veículos na pista.	5

**Fonte:** Autoria própria

Após a elaboração da Tabela 4, é notório que as Painelas (buracos) e Remendos foram as patologias mais recorrentes ao longo do percurso de 10 km da rodovia em estudo. Para que essas informações ficassem mais nítidas, realizou-se a elaboração de um gráfico (Gráfico 2) contendo as Patologias e seus Índices de incidência, de acordo com o levantamento visual exposto da Tabela 4.

**Gráfico 2** – Patologias na Ba 396, na ligação de Rio Real/BA à BR 101, relacionadas ao Índice de Incidências na região.



**Fonte:** Autoria própria.

Com base nos dados colhidos durante o estudo da rodovia, ficou claro a necessidade de haver reparos na mesma. Sendo assim, diante dessa demanda, e levando em consideração se tratar de uma pavimentação flexível, dois orçamentos, visando a melhoria da pista, foram realizados, utilizando como referência de busca o ORSE e o SINAPI, do mês de setembro do corrente ano.

No Orçamento 1, a intenção de manter o pavimento como flexível foi a principal ideia, consequentemente, o recapeamento foi a alternativa encontrada para melhoria do rolamento da rodovia já que a mesma se encontra em péssimo estado.

**Orçamento 1** – Recapeamento de pavimento flexível existente.

PAVIMENTAÇÃO - RECAPEAMENTO							
ITEM	CÓDIGO (SINAPI)	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UND.	QUANT.	PREÇO UN. (R\$)	PREÇO COM BDI (25%) (R\$)	TOTAL (R\$)
1.1	99814	LIMPEZA DE SUPERFÍCIE COM JATO DE ALTA PRESSÃO. AF_04/2019	M²	70.000,00	1,58	1,98	138.250,00
1.2	02592/ORSE	IMPRIMAÇÃO - EXECUÇÃO COM FORNECIMENTO DE MATERIAL	M²	70.000,00	8,85	11,06	774.375,00
1.3	102101	EXECUÇÃO DE PINTURA DE LIGAÇÃO COM EMULSÃO ASFÁLTICA RR-2C, PARA O FECHAMENTO DE VALAS. AF_12/2020	M²	70.000,00	3,12	3,90	273.000,00
1.4	95995	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO ASFÁLTICO, CAMADA DE ROLAMENTO - EXCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE. AF_11/2019	M³	3.500,23	1.259,06	1.573,83	5.508.746,33

1.5	95996	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO ASFÁLTICO, CAMADA DE BINDER - EXCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE. AF_11/2019	M³	2.101,97	1.193,00	1.491,25	3.134.555,31
1.6	95875	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M³, EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM (UNIDADE: M3XKM). AF_07/2020	M3XKM	166.384,20	1,84	2,30	382.683,66
1.7	101001	CARGA DE MISTURA ASFÁLTICA EM CAMINHÃO BASCULANTE 6 M³ (UNIDADE: T). AF_07/2020	T	13.726,74	3,81	4,76	65.373,60
<b>TOTAL GERAL</b>							<b>10.276.983,90</b>

**Fonte:** Adaptado do Orse e Sinapi, setembro de 2021.

No Orçamento 2, a alternativa com pavimento rígido foi a escolhida, visando a durabilidade e a melhoria da qualidade do tráfego na BA 396. A técnica determinada para ser orçada que mais se adequaria a estrutura da região foi a Pavimentação em *Whitetopping*, já que a mesma possibilitaria manter o pavimento existente como base para a nova pavimentação.

**Orçamento 2** – Pavimentação *Whitetopping* como alternativa de requalificação para pavimento existente.

PAVIMENTAÇÃO WHITETOPPING							
ITEM	CÓDIGO (SINAPI)	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UND.	QUANT.	PREÇO UN. (R\$)	PREÇO COM BDI (25%) (R\$)	TOTAL (R\$)
1.1	101810	EXECUÇÃO DE TAPA BURACO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO ASFÁLTICO (USINAGEM PRÓPRIA) E PINTURA DE LIGAÇÃO. AF_12/2020	M³	105,00	1.312,13	1.640,16	172.217,06
1.2	97106	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO DE CONCRETO SIMPLES (PCS), FCK = 40 MPA, CAMADA COM ESPESSURA DE 20,0 CM. AF_11/2017	M²	70.000,00	136,48	170,60	11.942.000,00
1.3	95875	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M³, EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM (UNIDADE: M3XKM). AF_07/2020	M3XKM	166.384,20	1,84	2,30	382.683,66
1.4	97113	APLICAÇÃO DE LONA PLÁSTICA PARA EXECUÇÃO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO. AF_11/2017	M²	70.000,00	2,35	2,94	205.625,00
1.5	97114	EXECUÇÃO DE JUNTAS DE CONTRAÇÃO PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO. AF_11/2017	M	14.000,00	0,43	0,54	7.525,00
1.6	97118	BARRAS DE TRANSFERÊNCIA, AÇO CA-25 DE 25,0 MM, PARA EXECUÇÃO DE PAVIMENTO DE CONCRETO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_11/2017	KG	1.540,00	18,24	22,80	35.112,00
<b>TOTAL GERAL</b>							<b>12.745.162,72</b>

**Fonte:** Adaptado do Orse e Sinapi, setembro de 2021.

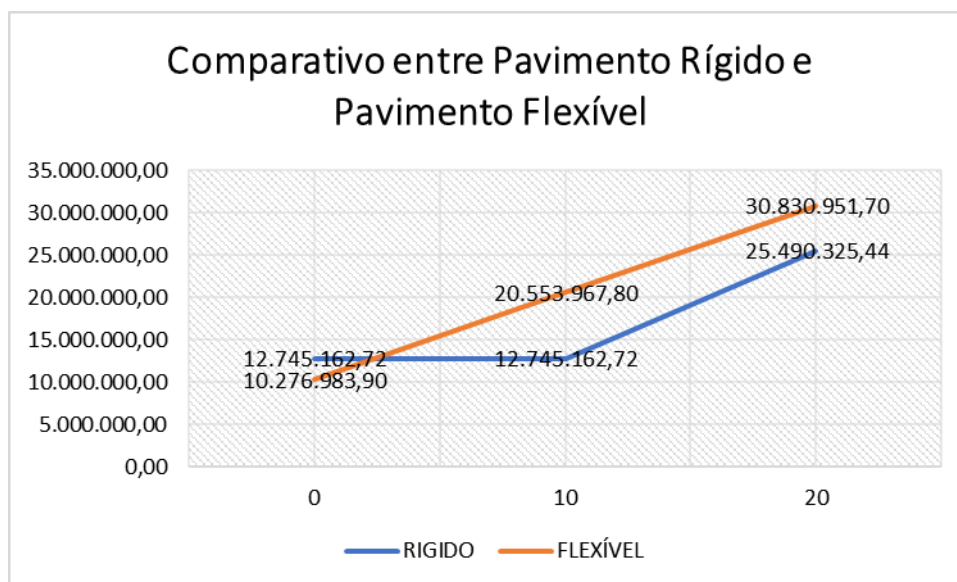
Inicialmente, após a elaboração dos orçamentos, e fazendo um comparativo de valor, o custo inicial de uma obra de reabilitação do pavimento, utilizando a técnica de *Whitetopping*, terá um custo maior do que a obra de Recapeamento do Pavimento Asfáltico, cerca de



R\$2.468.178,82 (dois milhões, quatrocentos e sessenta e oito mil, cento e setenta e oito reais e oitenta e dois centavos) mais caro, o que gira em torno de 24% a mais do que a opção mais barata.

Levando em consideração que a vida útil de pavimento flexível com técnica de recapeamento gira em torno de 3 a 10 anos e que pavimento rígido tem durabilidade de 20 anos, o Gráfico 3 foi elaborado para demonstrar o comparativo do custo investido para o uso das duas técnicas na rodovia em estudo.

**Gráfico 3** – Comparativo de valores investidos em 20 anos em Pavimento Rígido e Pavimento Flexível.



**Fonte:** Autoria própria.

Comparando os dois tipos de pavimentos, 20 anos após sua obra inicial, o Pavimento Flexível tem um custo, a longo prazo, superior ao Pavimento Rígido, com cerca de R\$5.340.626,26 (cinco milhões, trezentos e quarenta mil, seiscentos e vinte e seis reais e vinte e seis centavos), ou seja, 20,95% a mais.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para que rodovias brasileiras mantenham o tráfego de veículos com qualidade para os que nelas circulam, faz – se necessário mantê-las em bom estado de conservação, visando o melhor custo benefício para os órgãos competentes.

Diante dos resultados expostos, após levantamento fotográfico e análise visual da rodovia BA 396, nos 10 km de interseção entre Rio Real/BA e a BR 101, ficou comprovado a necessidade de requalificação para o trecho em estudo, devido a existência de patologias (panelas, trincas longitudinais, trincas tipo “couro de jacaré, trinca tipo “bloco” e remendos).

Com a elaboração do Orçamento de Pavimento para Recapeamento e Orçamento de Pavimento *Whitetopping*, foi possível identificar os valores possivelmente gastos para a melhoria da pista, sendo que, no primeiro orçamento supracitado, o valor inicial da obra é inferior ao valor inicial da obra orçada no segundo orçamento, com uma diferença de aproximadamente dois milhões de reais.

Entretanto, visando um custo benefício a longo prazo, já que rodovias são projetadas para terem uma vida útil consideravelmente longa, o gráfico produzido para comparar os custos gastos ao longo de 20 anos, demonstra que a técnica de pavimento rígido torna-se mais rentável para o governo, quando pensada a longo prazo.

Logo, visando um pavimento que tenha mais qualidade técnica, necessitando de menos reparos ao longo dos anos, e com um custo benefício superior, tendo em vista o custo inicial e final e os custos ao decorrer de 20 anos, é recomendável a adoção da técnica de Pavimento *Whitetopping* na melhoria dos 10 km da BA 396, de Rio Real/BA à BR 101.

## REFERÊNCIAS

ABCP. **Estradas de concreto: este é o caminho do futuro**. Associação Brasileira de Cimento Portland: Curitiba, 2012. Disponível em: <<https://abcp.org.br/download/estradas-de-concreto-livreto/>>. Acesso em: 29 mar. 2021.

ABCP. **Governar é abrir estradas: o concreto pavimentando os caminhos na formação de um novo país**. Associação Brasileira de Cimento Portland: São Paulo, 2009. 164 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7583: execução de pavimentos de concreto simples por meio mecânico**. Rio de Janeiro, p. 22. 1986.

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

BALBO, J.T. **Pavimentos de concreto**. Oficina de Textos: São Paulo, 2009.

BERNUCCI, L.B. et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiro**. 3 ed. Rio de Janeiro, 2010.

BRÁS, M. I. M. **Validação estrutural dos pavimentos flexíveis indicados no manual de concepção de pavimentos para a rede rodoviária nacional**. 81 p. Dissertação (Mestrado em engenharia civil com especialização em vias de comunicação) – Universidade de Porto, Porto, Portugal, 2012.

CARVALHO, M. D. de. **Pavimento de concreto: reduzindo o custo social**. São Paulo, 2007. Disponível em: <[https://viasconcretas.com.br/wp-content/uploads/2013/02/2007\\_Artigo\\_Pavimento-de-concreto\\_Reduzindo-o-custo-social.pdf](https://viasconcretas.com.br/wp-content/uploads/2013/02/2007_Artigo_Pavimento-de-concreto_Reduzindo-o-custo-social.pdf)>. Acesso em: 25 mar.2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE – CNT. **Pesquisa CNT de rodovias 2019**. Brasília, 2019. Disponível em: <<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/gerencial.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2021.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de pavimentação**. Publicação IPR-719. Rio de Janeiro, p.274. 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de pavimentos rígidos**. Publicação IPR-714. Rio de Janeiro, p.234. 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de restauração de pavimento asfáltico**. Publicação IPR-720. Rio de Janeiro, p. 310. 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **NORMA DNIT 005/2003**. Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia. Rio de Janeiro, p 12. 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **NORMA DNIT 047/2004**. Pavimento rígido: execução de pavimento rígido com equipamento de pequeno porte: especificação de serviço. Rio de Janeiro, p.14. 2004.

E-CIVIL. Pavimento semirrígido. Disponível em: < <https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-pavimento-semi-rigido.html>>. Acesso em: 28 mai. 2021.

FRASSON JUNIOR, D. Restauração de pavimento em pista simples com whitetopping SC 114. **Revista estradas: sociedade dos técnicos universitários do DAER**, Porto Alegre, out. 2020. Ed. 25, p. 100 – 104.

KOSHIGOE, A. S. H. et al. Efecto de la variación del volumen diario medio y de la tasa de crecimiento del tráfico en el desempeño de los pavimentos flexibles. **Ingeniare, revista chilena de ingeniería**, Arica – Chile, vol. 27, nº 1, mar. 2019. Disponível em: <[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-33052019000100058&script=sci\\_arttext&tlng=p](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-33052019000100058&script=sci_arttext&tlng=p)>. Acesso em: 26 mai. 2021.

LIMA, M. Introdução aos métodos quantitativos sociais. In: Sesc/CEBRAP. **Métodos de pesquisa em ciências sociais: bloco quantitativo**, São Paulo: Sesc/CEBRAP, 2016. Cap. 1, p. 10 – 31.

PAIXÃO, M. P.; CORDEIRO, C. C. C.; CORREIA, M. C. N. Pavimentos semirrígidos: prevenção e tratamento da reflexão de trincas. **Seminário estudantil de produção acadêmica**, Feira de Santana, 2017, v. 16. Disponível em: < <https://revistas.unifacs.br/index.php/sepa/article/view/4949>> Acesso em 27 mai. 2021.

QUERINO, M. M. F. de. et al. **Metodologia da pesquisa e da produção científica**. Brasília: AMV, 2011. Vol. 1.

SENÇO, W. de. **Manual de técnicas de pavimentação**. 2 ed. São Paulo: PINI, 2008. Vol. 1.

SILVA, J. E. M. da; CARNEIRO, L. A. V. Pavimentos de concreto: histórico, tipos e modelos de fadiga. **Revista militar de ciência e tecnologia**, Rio de Janeiro, 3º trim. 2014. Vol. 31, p. 14 – 33.

SCHMID, M. T. **Pavimentos rígidos em concreto protendido**. 2 ed. São Paulo: Rudloff Industrial Ltda, 2005. Rev. 01.

SUZUKI, C. Y.; SANTOS, C. R. G.; LOPES, F. M. Pavimento de concreto: uma escolha inteligente e sustentável – análise técnica e econômica. **Revista concreto e construções**, São Paulo, jul. – set. 2012, Vol. 67, p. 33 – 37.

UNIMAR. Dimensionamento de pavimentos de concreto estruturalmente armado. Disponível em: <<https://slideplayer.com.br/slide/14274496/>>. Acesso em: 28 mai. 2021.