

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ANDRÉ FIRMINO BORGES

MARCOS MOREIRA BUENO

**ESTUDO DAS PAVIMENTAÇÕES RÍGIDAS NAS RODOVIAS
DA CIDADE DE ANÁPOLIS**

ANÁPOLIS / GO

2020

**ANDRÉ FIRMINO BORGES
MARCOS MOREIRA BUENO**

**ESTUDO DAS PAVIMENTAÇÕES RÍGIDAS NAS RODOVIAS
DA CIDADE DE ANÁPOLIS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADORA: CARLOS EDUARDO FERNANDES

ANÁPOLIS / GO: 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

BORGES, ANDRÉ FIRMINO/ BUENO, MARCOS MOREIRA

Estudo das pavimentações rígidas nas rodovias da cidade de Anápolis

60P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2020).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Pavimentação

2. Pavimentação Rígida

3. Pavimentação Flexível

4. Concreto

I. ENC/UNI

II. Bacharel

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BORGES, André Firmino; BUENO, Marcos Moreira. Estudo das pavimentações rígidas nas rodovias da cidade de Anápolis. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 60p. 2020.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: André Firmino Borges

Marcos Moreira Bueno

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo das pavimentações rígidas nas rodovias da cidade de Anápolis

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2020

É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



André Firmino Borges

E-mail: andref1borges@hotmail.com



Marcos Moreira Bueno

E-mail: marcosmoreirabueno@yahoo.com

ANDRÉ FIRMINO BORGES
MARCOS MOREIRA BUENO

**ESTUDO DAS PAVIMENTAÇÕES RÍGIDAS NAS
RODOVIDAS DA CIDADE DE ANÁPOLIS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:

CARLOS EDURADO FERNANDES, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(ORIENTADOR)

AGNALDO ANTÔNIO MOREIRA T. DA SILVA, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)

ELKE DIAS DE SOUSA, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 01 de dezembro de 2020.

AGRADECIMENTOS

Agradeço antes de tudo a Deus, que me concedeu a vida, e que no decorrer dela percebi que os meus planos não eram os planos Dele, me encaminhou a tomar decisões, algumas muito difíceis onde me fez amadurecer e crescer como profissional, e principalmente como ser humano, me fazendo chegar onde eu estou hoje, através de muitos desafios, dificuldades, e negativismos, e que nunca me deixou desamparado ou desanimar diante das adversidades que através da fé ando seguindo focado nas minhas metas e sonhos. Agradeço aos meus pais que me deram todo o suporte na minha vida estudantil e que estiveram comigo nesse tempo todo não deixando que eu me desviasse me ensinando princípios e contribuindo diretamente na formação do meu caráter. Agradeço a todos que me apoiaram e me incentivaram a iniciar a faculdade, e que quando eu estava desanimado me ouviram e me aconselharam a não desistir. Agradeço aos meus professores que ao longo desses 5 anos tiveram muita paciência, comprometimento e sabedoria para transmitir uma parte dos seus conhecimentos, e ao meu professor orientador que disponibilizou um pouco do seu tempo a nos orientar possibilitando que este trabalho fosse desenvolvido.

André Firmino Borges

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me agraciado com o dom da vida, por ter me abençoado com uma oportunidade de cursar um ensino superior, por ter me dado animo a cada para não desistir pois não é fácil trabalhar e estudar, agradeço também a minha querida e amada esposa que nestes longos 5 anos foi um dos pilares que me sustentaram nestes anos, por ter me dado força, por ter sido compreensiva e me incentivar a seguir firme neste caminhada, e também agradeço a minha querida mãe que também foi um outro pilar de sustentação deste projeto, agradeço por também me incentivar, com palavras de animo, com palavras de força para seguir firme neste sonho que agora está tomando forma.

Marcos Moreira Bueno

RESUMO

Existem duas classes distintas de pavimentação, a pavimentação flexível e a pavimentação rígida. Os pavimentos flexíveis são os que utilizam na execução do revestimento um material asfáltico, enquanto a pavimentação rígida apresenta no seu processo de execução concreto feito de cimento Portland. Na cidade de Anápolis, Goiás, teve como um dos itens do plano de mobilidade urbana a implantação de corredores de ônibus em algumas das principais avenidas da cidade, onde ocorreu a substituição da pavimentação flexível pela pavimentação rígida, nas paradas de ônibus. Este trabalho tem como objetivo apresentar a aplicação da pavimentação rígida na cidade de Anápolis. A pesquisa foi realizada através de levantamentos em normas, livros, dissertações e artigos científicos, e um estudo em campo, onde foram executadas as pavimentações rígidas, juntamente aos órgãos públicos, para se entender a finalidade da escolha do uso desse tipo de pavimento. O estudo foi realizado nas principais avenidas da cidade de Anápolis onde foi executada a reconstrução de corredores de ônibus. A escolha pela pavimentação com pisos rígidos substituindo o pavimento asfáltico existente, indica que devido a durabilidade e resistência do concreto, evita as aparições de deformações ocasionadas com frequência nos pavimentos asfálticos, diminuindo o custo com manutenções, tornando o pavimento de concreto competitivo.

PALAVRAS-CHAVE:

Pavimentação em concreto armado, asfalto rígido, pavimentação rígida.

ABSTRACT

There are two distinct classes of paving, flexible paving and rigid paving. The flexible pavements are those that use asphalt material in the execution of the coating, while the rigid pavement presents in its execution process concrete made of Portland cement. In the city of Anápolis, Goiás, one of the items in the urban mobility plan included the implementation of bus corridors in some of the main avenues of the city, where flexible paving was replaced by rigid paving at bus stops. This work aims to present the application of rigid paving in the city of Anápolis. The research was carried out through surveys of standards, books, dissertations and scientific articles, and a field study, where rigid paving was carried out, together with public agencies, to understand the purpose of choosing to use this type of pavement. The study was carried out in the main avenues of the city of Anápolis, where bus corridors were rebuilt. The choice for paving with rigid floors replacing the existing asphalt pavement, indicates that due to the durability and strength of the concrete, it avoids the appearance of deformations frequently caused in asphalt pavements, reducing the cost of maintenance, making the concrete pavement competitive.

KEYWORDS: Reinforced concrete paving, rigid asphalt, rigid paving.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Vias Romanas	19
Figura 2: Estrutura dos pavimentos rígidos (corte longitudinal)	24
Figura 3: Deformação pela carga no pavimento flexível	24
Figura 4: Estrutura dos pavimentos flexíveis (corte transversal)	25
Figura 5: Deformação pela carga no pavimento rígido	26
Figura 6: Corrugação	28
Figura 7: Afundamento por trilha de rodas	29
Figura 8: Panela	29
Figura 9: Escorregamento	30
Figura 10: Trincas transversais	30
Figura 11: Trincas longitudinais	31
Figura 12: Trinca por fadiga – tipo jacaré	31
Figura 13: Placas de pavimento de concreto simples	34
Figura 14: Perfil do pavimento de concreto simples sem barra de transferência	34
Figura 15: Perfil do pavimento de concreto simples com barra de transferência	34
Figura 16: Seção transversal de placa de pavimento de concreto armado	35
Figura 17: Armadura da Ponte Rio Niterói – RJ	35
Figura 18: Pavimento de concreto com armadura contínua	36
Figura 19: Pavimento de concreto com armadura descontínua	36
Figura 20: Pavimento de concreto protendido	37
Figura 21: Aeroporto Internacional do Galeão – RJ	38
Figura 22: Aeroporto Internacional Afonso Pena – PR	38
Figura 23: Estrutura do pavimento Withetopping	39
Figura 24 - BR-163/MT Jaciara antes da restauração utilizando o método whitetopping	40
Figura 25: BR-163/MT Jaciara após a restauração utilizando o método whitetopping	40
Figura 26: Componentes de um pavimento de concreto	41
Figura 27: Mapa com delimitação dos corredores de ônibus de Anápolis-GO	46
Figura 28: Confecção de lajes armadas de concreto na plataforma de parada de ônibus	47
Figura 29: Construção de Subleito Av. Brasil Norte	48
Figura 30: Construção Subleito Av. Pedro Ludovico	48
Figura 31: Construção da Sub-base	49
Figura 32: Aplicação de manta e barras e barras de aço	49

Figura 33: Fase de concretagem	50
Figura 34: Acabamento após concretagem	50
Figura 35: Geometria e extensão das placas de concreto	51
Figura 36: Corredor de ônibus Avenida Brasil Sul	52
Figura 37: Ponto de ônibus Praça Bom Jesus	52
Figura 38: Ponto de ônibus Rodoviária de Anápolis	53
Figura 39: Avenida Brasil Norte	53

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1 – Classificação dos Pavimentos	22
Gráfico 2 – Classificação do Pavimento – Gestão Concedida e Pública	23
Gráfico 3 – Análise econômica de alternativas de pavimentação	42

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Crescimento da frota de veículos por região	21
Tabela 2 - Classificação dos Pavimentos	22
Tabela 3 - Custo de Implantação	42
Tabela 4 – Comparativo entre pavimentos rígidos e flexíveis	44

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

CNT	Confederação Nacional do Transporte
EUA	Estados Unidos da América
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre
ABCP	Associação Brasileira Cimento Portland

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1 JUSTIFICATIVA	16
1.2 OBJETIVOS.....	16
1.2.1 Objetivo geral.....	16
1.2.2 Objetivos específicos	16
1.3 METODOLOGIA	17
1.4 estrutura do trabalho	17
2. PAVIMENTOS.....	18
2.1 HISTÓRIA DOS PAVIMENTOS.....	18
2.1.1 Mundial.....	18
2.1.2 O asfalto no Brasil	19
2.1.3 Dados das rodovias no Brasil	21
2.2 TIPOS E CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS.....	23
2.2.1 Pavimento Flexível.....	23
2.2.2 Pavimento Semi-Rígido.....	25
2.2.3 Pavimento Rígido	25
2.2.4 Camadas	26
2.2.4.1 Sub-base	26
2.2.4.2 Base	26
2.2.4.3 Revestimento	27
2.2.4.4 Reforço do subleito.....	27
2.2.4.5 Subleito.....	27
2.3 PATOLOGIAS NOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS	28
2.3.1 Corrugação	28
2.3.2 Afundamento/ deformação permanente.....	28
2.3.3 Panela	29
2.3.4 Escorregamento do revestimento betuminoso.....	29
2.3.5 Trincas e Fissuras	30
3. O PAVIMENTO RÍGIDO.....	32
3.1 HISTÓRICO DO PAVIMENTO DE CONCRETO.....	32
3.2 TIPOS DE PAVIMENTOS DE CONCRETO	33
3.2.1 Pavimento de concreto simples	33
3.2.2 Pavimento de concreto simples com barras de transferência	33

3.2.3 Pavimento de concreto armado estrutural	34
3.2.4 Pavimento de concreto simples com armadura contínua, sem função estrutural.	36
3.2.5 Pavimento de concreto simples com armadura descontínua, sem função estrutural.....	36
3.2.6 Pavimento de concreto protendido	37
3.2.7 Whitetopping	38
3.2.8 Overlay	41
3.2.9 Pavimento de concreto pré-moldado	41
3.3 VANTAGENS	42
4 ESTUDO DE CASO – PAVIMENTO RÍGIDO EM ANÁPOLIS GO	46
4.1 ETAPAS CONSTRUTIVAS.....	47
4.2 GEOMETRIA DAS PLACAS DE CONCRETO DAS PARADAS DE ÔNIBUS	50
4.3 ENTREGA DAS OBRAS	51
5. CONCLUSÃO	54
REFERÊNCIAS	56

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o modal rodoviário é o que possui a maior participação na matriz de transporte, concentrando, aproximadamente, 61% da movimentação de mercadorias e 95% da de passageiros. Esses dados ressaltam a importância da infraestrutura rodoviária para o desenvolvimento econômico do país e para a garantia de direitos fundamentais dos seus cidadãos. (CNT, 2019)

Segundo dados da CNT entre 2009-2019 houve um aumento de 80,8% da frota de veículos no país, enquanto comparado com a malha rodoviária pavimentada, no mesmo período, verificou-se que manteve praticamente inalterada, o que significa um aumento da demanda sobre essa infraestrutura. Dessa forma, se não forem realizadas intervenções de manutenção mais frequentes, o processo de desgaste e de surgimento de defeitos é intensificado, comprometendo a qualidade das vias. (CNT, 2019)

Com o crescimento do volume de tráfego, se faz justificável a construção de uma estrutura que seja capaz de suportar os esforços solicitantes cada vez maiores que serão produzidos (PINTO, 2010).

Em 2019, um total de 108.863 quilômetros de rodovias foram avaliados pela CNT em todo o País, onde, 52,4% da extensão do pavimento apresentou algum tipo de problema (57.080 quilômetros), sendo 35,0% considerados Regular; 13,7%, Ruim; e 3,7%, Péssimo. (CNT, 2019)

Os pavimentos de concreto superam seus equivalentes asfálticos por não apresentarem afundamentos em trilhas de roda e por poderem ser projetados para resistir a qualquer quantidade de repetições de eixos pesados (com mínimo dano por fadiga). (BALBO, 2009)

As vantagens do pavimento de concreto para corredores de ônibus são descritas a seguir: resistência ao tráfego intenso e pesado; vida útil projetada de 20 anos, podendo durar mais caso tenha manutenção periódica; superfície não se deforma com o tráfego; tem maior visibilidade se comparado ao pavimento asfáltico; oferece melhor aderência entre pneus e superfície; resiste ao ataque químico dos óleos que vazam dos ônibus; e tem custos de manutenção reduzida, em função da alta durabilidade do concreto (SENÇO, 1997).

Estudos de viabilidade demonstram que é a solução técnica ideal para vias públicas (corredores de ônibus, por exemplo) e rodovias submetidas a tráfego intenso e pesado de veículos comerciais. (CARVALHO, 2007)

O pavimento de concreto é extremamente resistente quando submetido à ação das chuvas e do sol - não oxida, não sofre deformação plástica, não forma trilha de rodas nem

buracos - garantindo assim elevada durabilidade da estrutura e, conseqüentemente, maior segurança aos usuários. (CARVALHO, 2007).

Estudo realizado pela CNT aponta casos de pavimentos implantados, projetados para durar cinco anos, que chegam a apresentar problemas de desgaste em menos de sete meses. Mantê-los em perfeito estado é uma garantia de que os motoristas irão trafegar de forma segura, econômica e confortável. Rodovias de baixa qualidade aumentam o risco de acidentes e demandam altos investimentos imediatos seja para manutenção e restauração, seja, em casos mais críticos, para a reconstrução. A cada ano, a Pesquisa CNT de Rodovias vem apontando problemas de qualidade nas rodovias brasileiras e, devido à falta de investimentos, não são percebidas melhoras ao longo dos anos.

1.1 JUSTIFICATIVA

As rodovias do entorno de Anápolis sofrem com as condições de intemperismos e qualidade da massa asfáltica. Recorrentemente se faz necessário manutenções e reparos em buracos e patologias apresentadas pelo asfalto. Atualmente, muitas rodovias goianas passam por administrações que recolhem pedágios para cuidar desses trechos. O pavimento rígido pode ser uma alternativa pela sua longa durabilidade e qualidade, podendo dar mais garantias de segurança, conforto e economia aos cofres públicos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Compreender o uso e aplicação do pavimento rígido em Anápolis e suas características e qualidades.

1.2.2 Objetivos específicos

- Apresentar um levantamento dos tipos de pavimentos rodoviários e viários;
- Desenvolver um estudo sobre o pavimento rígido, suas características e aplicações;
- Apresentar um estudo de aplicação do pavimento rígido na cidade de Anápolis GO.

1.3 METODOLOGIA

A Pesquisa foi realizada por meio de levantamentos em normas, livros, dissertações, teses e artigos científicos, sobre o tema abordado no trabalho. Ainda será realizado um estudo em campo, nos locais onde foram executados a pavimentações rígidas, juntamente aos órgãos públicos (prefeitura de Anápolis e CMTT) para se entender e levantar a finalidade do uso desse tipo de pavimento em Anápolis.

O estudo foi realizado nas principais avenidas da cidade de Anápolis, onde, devido ao projeto de mobilidade urbana, teve a reconstrução, reforma e instalação de viadutos e corredores de ônibus. Avenidas Brasil Sul, Brasil Norte, Pedro Ludovico, Universitária, Fernando Costa e São Francisco/JK.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Capítulo 1 – Introdução: É a parte introdutória da pesquisa. A justificativa da pesquisa, objetivos gerais e específicos e a metodologia que utilizamos para esse trabalho.

Capítulo 2 – Pavimentos: contamos a história dos pavimentos, citando as primeiras construções de estradas e dados atuais das estradas brasileiras. E por fim os tipos e classificações dos pavimentos.

Capítulo 3 – Pavimento rígido: Contamos a história, os tipos de pavimentos de concreto e fizemos uma breve comparação entre os pavimentos rígidos e flexíveis.

Capítulo 4 – Estudo de caso – Pavimento rígido em Anápolis GO: citamos e demonstramos as etapas construtivas de alguns dos casos na utilização de pavimentação rígida na cidade de Anápolis.

2. PAVIMENTOS

2.1 HISTÓRIA DOS PAVIMENTOS

2.1.1 Mundial

A primeira estrada “pavimentada” do mundo foi construída no Egito, cerca de 2500 a.C, para as obras das grandes pirâmides. (ALBANO, 2016)

Nos anos 600 a.C., a Estrada de Semíramis cruzada o rio Tigre e margeava o Eufates, entre as cidades da Babilônia e Ecbatana. Na Ásia Menor, ligando Iônia do Império Grego ao centro do Império Persa, Susa, há registo da chamada Estrada Real (anos 500 a.C.), que era servida de postos de correio, pousadas e até pedágio, tendo mais de 2.000km de extensão. À época de Alexandre, o Grande (anos 300 a.C), havia a estrada de Susa até Persépolis (aproximadamente a 600km ao sul do que é hoje Teerã, capital do Irã). (BERNUCCI, 2008).

Entre esses caminhos, merece destaque a chamada Estrada da Seda, uma das rotas de comércio mais antigas e historicamente importantes devido a sua grande influência nas culturas da China, Índia, Ásia e também do Ocidente. (BERNUCCI, 2008).

Os romanos entre os anos de 300 a.C. e 200 d.C. aconteceu um aperfeiçoamento nas construções das estradas, que tinham como finalidade o militarismo e o comercio. (ALBANO, 2016)

Foi atribuída aos romanos a arte maior do planejamento e da construção viária. Visando, entre outros, objetivos militares de manutenção da ordem no vasto território do império, que se iniciou com Otaviano Augusto no ano 27 a.C., deslocando tropas de centros estratégicos para as localidades mais longínquas, os romanos foram capazes de implantar um sistema robusto construído com elevado nível de critério técnico. Há mais de 2.000 anos os romanos já possuíam uma boa malha viária, contando ainda com um sistema de planejamento e manutenção. A mais extensa das estradas contínuas corria da Muralha de Antônio, na Escócia, a Jerusalém, cobrindo aproximadamente 5.000 km (HAGEN apud BERNUCCI, 2008).

A partir do século II, placas de pedras maiores começaram a ser mais usadas, conforme Figura 1(ADAM apud BERNUCCI, 2008). Nas localidades nas quais se trabalhava o ferro, o resíduo da produção era usado na superfície das estradas servindo de material ligante das pedras e agregados, formando assim uma espécie de placa. (BERNUCCI, 2008).

Figura 1 – Vias Romanas



Fonte: BERNUCCI, (2008)

A partir da queda do Império Romano, a França foi a primeira, desde os romanos, a reconhecer o efeito do transporte no comércio, dando importância à velocidade de viagem. (BERNUCCI, 2008).

Nos EUA, as primeiras estradas foram construídas sobre trilhas indígenas na Califórnia e Novo México. No ano de 1600 havia uma estrada que saía da Cidade do México para o interior que possuía uma linha divisória central colorida com a finalidade de separar os fluxos de tráfego. (ALBANO, 2016).

Na América Latina, merecem destaque as estradas construídas pelos incas, habitantes da região hoje ocupada pelo Equador, Peru, norte do Chile, oeste da Bolívia e noroeste da Argentina. (BERNUCCI, 2008)

No início do século 19, foi introduzida nos EUA a pavimentação com camadas de materiais granulares “britados”. A partir de 1910, com a fabricação do veículo automotor, desenvolveram-se rapidamente técnicas construtivas de estradas. Mais tarde dissemina-se uso do cimento Portland e asfalto como materiais de construção. (ALBANO, 2016).

2.1.2 O asfalto no Brasil

Uma das primeiras estradas foi iniciada em 1560. Trata-se do caminho aberto para ligar São Vicente ao Planalto Piratininga. Em 1661, o governo da Capitania de São Vicente recuperou esse caminho, construindo o que foi denominada Estrada do Mar, permitindo assim o tráfego de veículos. Em 1789, a estrada foi recuperada, sendo a pavimentação no trecho da serra feita com lajes de granito, a chamada Calçada de Lorena, ainda hoje preservada. (BERNUCCI, 2008).

A primeira rodovia pavimentada que se tem registro histórico, no país, é a ligação São Paulo-Santos (BALBO, 2007)

Estrada de Rodagem União e Indústria, ligando Petrópolis (RJ) a Juiz de Fora (MG), Idealizada pelo comendador Mariano Procópio e inaugurada por D. Pedro II em 1860 é a primeira estrada brasileira concessionada e a usar macadame como base/revestimento. Até então era usual o calçamento de ruas com pedras importadas de Portugal. A união e Indústria representa um marco na modernização da pavimentação e do país. A estrada original está hoje alterada e absorvida em alguns trechos pela BR-040/RJ (BERNUCCI, 2008)

Durante o Império (1822-1889) foram poucos os desenvolvimentos nos transportes do Brasil, principalmente o transporte rodoviário. No início do século XIX, havia no país 500km de estradas com revestimento de macadame hidráulico ou variações, sendo o tráfego restrito a veículos de tração animal. Em 1896 veio da Europa para o Brasil o primeiro veículo de carga. Em 1903 foram licenciados os primeiros carros particulares e em 1906 foi criado o Ministério da Viação e Obras Públicas. Em 1909 o automóvel Ford modelo T foi lançado nos Estados Unidos por Henry Ford, sendo a Ford Motor Company instalada no Brasil em 1919. (BERNUCCI, 2008)

Teve início das implantações das rodovias do Brasil em 1920, sendo apoiado pelos Estados Unidos, sendo oferecido empréstimos para a inicia a abertura de estradas. Em 1956, no governo de Juscelino Kubitschek, foi dada maior ênfase ao setor rodoviário. Ocorreu uma grande evolução das estradas, sendo fundamental na integração nacional. (MELLO, 2004).

Em 1930, começaram a implantar, nas estradas brasileiras, placas de sinalização para aumentar a segurança dos usuários. Em 1937, foi criado o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), atual Departamento Nacional de Infraestrutura Terrestre (DNIT). E no ano de 1950 o Brasil já contava com 968 km de rodovias federais pavimentadas. (ALBANO, 2016)

A partir de 1964, os governos militares também deram prioridade ao transporte rodoviário, continuando o projeto de integração nacional com o objetivo de povoar os vazios demográficos e integrá-los às demais regiões do país, facilitar a exploração dos potenciais naturais dessas regiões e criar eixos rodoviários onde deveriam ser assentadas famílias, inclusive de outras regiões (MELLO, 2004).

Durante o governo militar (1964-1984), entre os projetos de estradas de destaque estão a Rodovia Transamazônica e a Ponte Rio-Niterói. Em 1985, o Brasil contava com aproximadamente 110.000km de rodovias pavimentadas, saltando em 1993 para

aproximadamente 133.000km. Em 2005 apontam 1.400.000km de rodovias não-pavimentadas (federais, estaduais e municipais) e 196.000km de rodovias pavimentadas. (BERNUCCI, 2008)

2.1.3 Dados das rodovias no Brasil

Os países que possuem as maiores redes de rodovias e vias urbanas são Estados Unidos, a Índia, o Brasil, a China, Japão e a Rússia. No Brasil, 96% dos passageiros e 60,5% do volume total de cargas são transportados por rodovias. (ALBANO, 2016)

Conforme levantamento de dados pela pesquisa de rodovias pela CNT entre os períodos de 2009 a 2019 foi verificado que a malha não pavimentada representa 78,5% do total da malha rodoviária nacional. Possuindo um total de 1.720.700km de rodovias onde 213.453km (12,4%) são pavimentadas e 1.349.938km (78,5%) não são pavimentadas. (CNT, 2019)

Ainda segundo a Pesquisa da CNT, um dos fatores que contribuem para processo de degradação na infraestrutura é o elevado fluxo de veículos. Entre 2009 e 2019, houve um aumento de 80,8% da frota no país, conforme indicado na Tabela 1 abaixo. Outro fator que contribui para deterioração, segundo a CNT, é a sobrecarga com a qual alguns veículos circulam. Os projetos para construção de rodovias devem levar em consideração as características dos veículos que circularão por ela. (CNT, 2019)

Tabela 1 – Crescimento da frota de veículos por região.

REGIÃO	2009	2019	CRESCIMENTO 2009-2019 (%)
Brasil	56.769.656	102.666.444	80,80%
Norte	2.341.150	5.386.646	130,10%
Nordeste	7.763.483	17.756.545	128,70%
Sudeste	29.671.431	49.805.810	67,90%
Sul	11.970.805	20.134.091	68,20%
Centro-Oeste	5.022.787	9.583.352	90,80%

Fonte: CNT (2019)

Considerando a baixa capacidade de investimento público ao longo dos anos, uma das alternativas adotadas pelos governos federais e estaduais tem sido a transferência da operação, manutenção e adequação da capacidade das rodovias para o setor privado, por meio das concessões rodoviárias. Em geral, as concessões garantem a realização de investimentos contínuos e um nível de serviço adequado aos usuários. (CNT, 2019)

No Brasil a rede ferroviária possui aproximadamente 30.100km, chegando a possuir 34.200km, porém, devido crises econômicas, falta de investimento, manutenção aliadas ao

crescimento do transporte rodoviário, fizeram com que parte a rede ferroviária fosse desativada. (ALBANO, 2016).

Destaca-se que os trechos concedidos têm apresentado, continuamente, melhores resultados na avaliação da Pesquisa CNT de Rodovias, o que comprova a efetividade de se investir na manutenção e na adequação da capacidade das vias. A falta de investimentos implica piores condições das rodovias, o que, combinada ao crescente volume de tráfego, favorece o aumento do número de acidentes, com impactos preocupantes para a sociedade e para o poder público. (CNT, 2019)

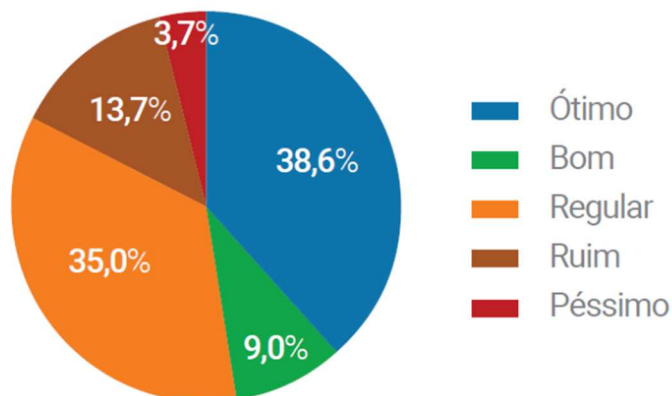
Em 2019, um total de 108.863 quilômetros de rodovias foram avaliados pela CNT em todo o país. Desse total, 52,4% da extensão apresentou algum tipo de problema (57.080 quilômetros), sendo 35,0% considerados Regular; 13,7%, Ruim; e 3,7%, Péssimo, conforme indicados na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Classificação dos Pavimentos

PAVIMENTO	EXTENSÃO TOTAL	
	KM	%
Ótimo	42.015	38,6
Bom	9.768	9,0
Regular	38.060	35,0
Ruim	14.965	13,7
Péssimo	4.055	3,7
TOTAL	108.863	100,0

Fonte: CNT (2019)

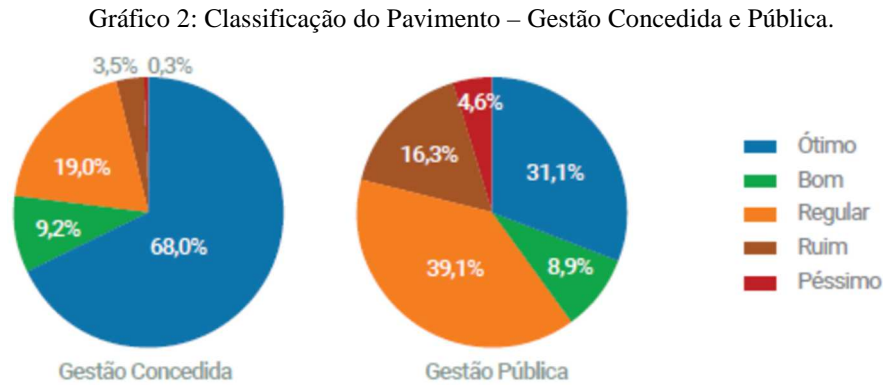
Gráfico 1 – Classificação dos Pavimentos



Fonte: CNT (2019)

Desse total de 108.863 quilômetros de rodovias avaliadas, 22.079 quilômetros (20,3%) são rodovias sob gestão concedida e 86.784 quilômetros (79,7%) são de rodovias sob gestão pública. Onde nas rodovias sob gestão concedida, o Pavimento é Ótimo ou Bom em 77,2%

(17.033 quilômetros), enquanto que, nas sob gestão pública, esse percentual chega a 40,0% (34.750 quilômetros), conforme Gráfico 02 abaixo.



Fonte: CNT (2019)

2.2 TIPOS E CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS

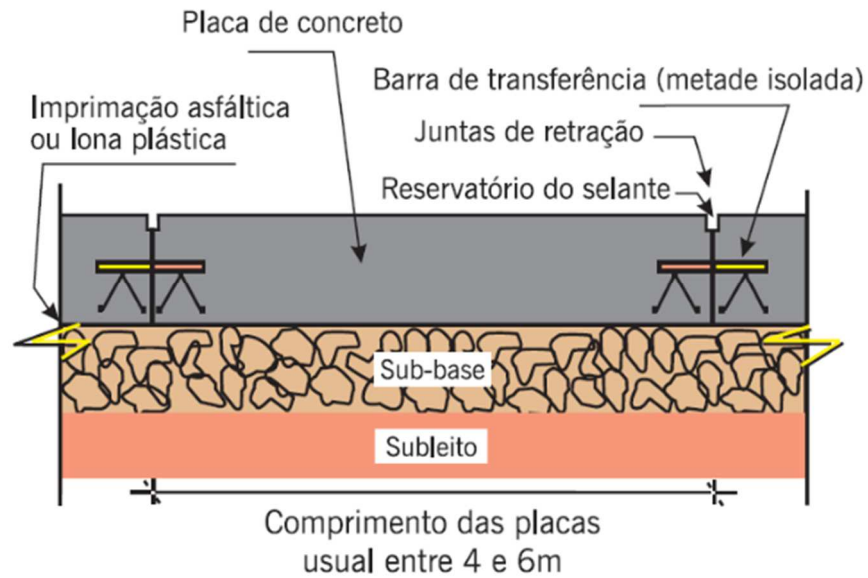
O pavimento corresponde a uma estrutura de múltiplas camadas com espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, além de propiciar aos usuários melhorias nas condições de rolamento, conforto, economia e segurança. (DNIT, 2017).

Os pavimentos podem ser divididos em três classificações: pavimentos flexíveis, semi-rígidos e rígidos.

2.2.1 Pavimento Flexível

Os pavimentos asfálticos são normalmente constituídos de quatro camadas: revestimento, base, sub-base e reforço do subleito, conforme figura 2. O revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados pétreos e ligante asfáltico, sendo a camada superior destinada a resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores, além de impermeabilizar o pavimento e melhorar as condições de conforto e segurança da via. (DNIT, 2017).

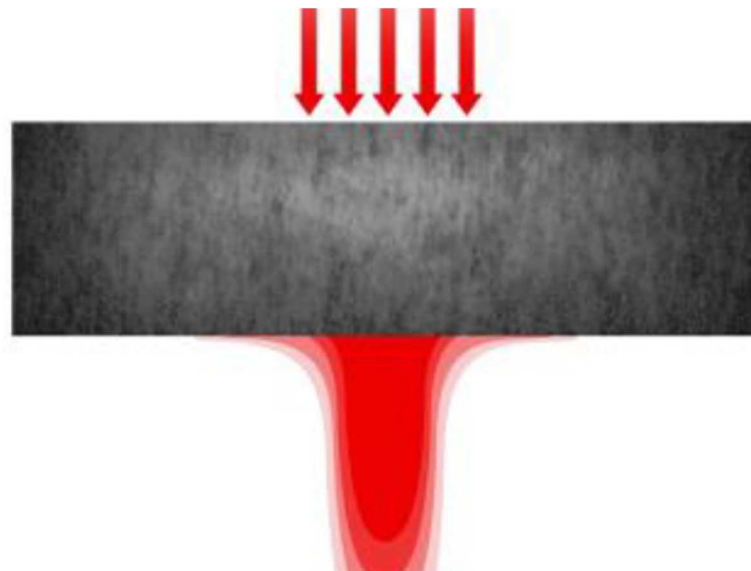
Figura 2: Estrutura dos pavimentos rígidos (corte longitudinal)



Fonte: DNIT (2017)

A carga é distribuída igualmente entre as camadas o que faz com que as tensões fiquem concentradas no ponto onde ela está sendo aplicada, como mostra a Figura 3 (DNIT, 2006).

Figura 3: Deformação pela carga no pavimento flexível



Fonte: ABCP (2010)

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. (CNT, 2019)

2.2.2 Pavimento Semi-Rígido

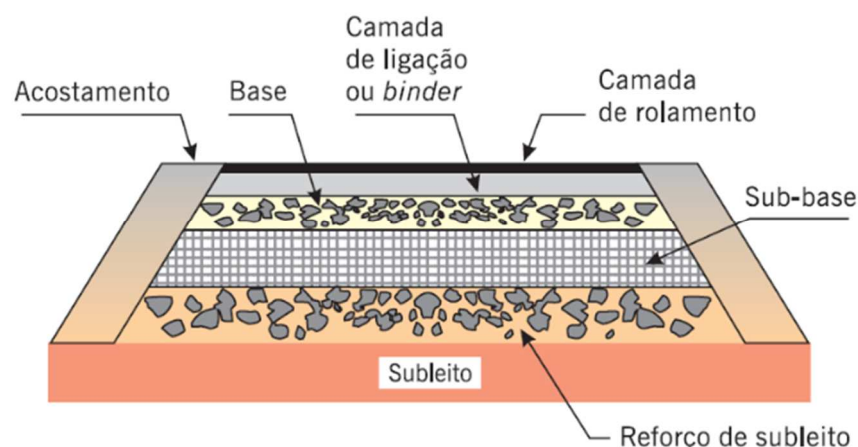
Caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como por exemplo, por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica. (DNIT, 2006)

2.2.3 Pavimento Rígido

Pavimento rígido é aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado. (DNIT, 2006)

Nos pavimentos de concreto, o revestimento é constituído de placas de concreto de cimento Portland, que podem ser armadas ou não, executadas sobre uma camada designada de sub-base, dispensando a execução da camada de base (figura 4). A camada de sub-base pode ser executada com material granular, à semelhança dos pavimentos asfálticos, ou com concreto compactado com rolo, em função do tráfego solicitante e da vida útil desejada. (DNIT, 2017)

Figura 4: Estrutura dos pavimentos flexíveis (corte transversal).

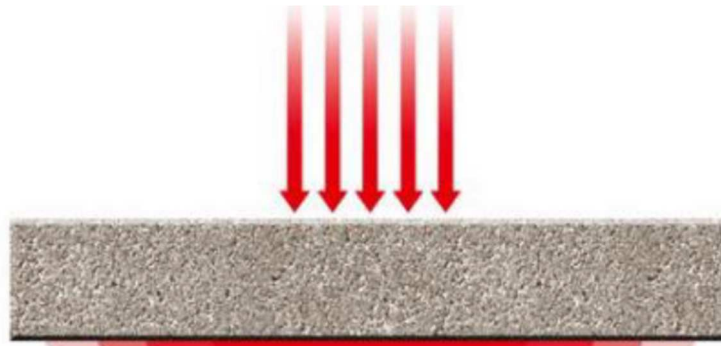


Fonte: DENIT (2017)

No pavimento rígido a camada de revestimento é constituída por uma placa de cimento Portland que possui altíssima rigidez. Por ser tão rígida, ela acaba absorvendo as tensões

resultantes das cargas do trânsito e distribuindo em uma área maior, fazendo com que as camadas abaixo sofram com tensões bem menores, como mostra a Figura 5 (DNIT, 2006).

Figura 5: Deformação pela carga no pavimento rígido



Fonte: ABCP (2010)

2.2.4 Camadas

Camada é uma seção transversal típica de um pavimento – com todas as camadas possíveis – consta de uma fundação, o subleito, e de camadas com espessuras e materiais determinados por um dos inúmeros métodos de dimensionamento. (SENÇO, 2007)

2.2.4.1 Sub-base

A sub-base é a camada complementar à base, com espessura variável, executada quando, por motivos técnicos ou financeiros, não for possível construir somente a camada de base sobre a regularização ou reforço do subleito. Ela pode ser utilizada para reduzir a espessura da base, exercendo as mesmas funções, de forma complementar a esta última. A sub-base tem como função básica resistir às cargas transmitidas pela base e controlar a ascensão capilar da água, quando for o caso. (DNIT, 2017)

2.2.4.2 Base

A base é a camada estruturalmente mais importante do pavimento. Sua capacidade estrutural será dada pelas propriedades de resistência e rigidez de cada material nela empregado. Tem como função resistir e distribuir os esforços provenientes da ação do tráfego, atenuando a

transmissão destes esforços às camadas subjacentes. A base geralmente é construída com materiais estabilizados granulometricamente ou quimicamente, através de aditivos como cal, cimento, betume, entre outros. (DNIT, 2017)

É a camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego e distribuí-los. Na verdade, o pavimento pode ser considerado composto de base e revestimento, sendo que a base poderá ou não ser complementada pela sub-base e pelo reforço do subleito. (SENÇO, 2007)

2.2.4.3 Revestimento

Também chamado de capa de rolamento ou, simplesmente, capa. É a camada, tanto quanto possível impermeável, que recebe diretamente a ação do tráfego e destinada a melhorar a superfície de rolamento quanto às condições de conforto e segurança, além de resistir ao desgaste, ou seja, aumentando a durabilidade da estrutura. (SENÇO, 2007)

O revestimento tem a função de melhorar a superfície de rolamento quanto às condições de conforto e segurança, além de resistir ao desgaste, uma vez que recebe diretamente a ação do tráfego. (DNIT, 2017)

2.2.4.4 Reforço do subleito

É a camada executada sobre o subleito devidamente compactado e regularizado utilizada quando se torna necessário reduzir espessuras elevadas da camada de sub-base, originadas pela baixa capacidade de suporte do subleito. (CNT, 2019)

2.2.4.5 Subleito

É o terreno da fundação do pavimento ou o terreno original, portanto não é considerado uma camada. (CNT, 2019)

O subleito é onde será apoiada a obra de pavimentação, tendo como função absorver os esforços de impacto e carregamentos transmitidos pelas placas de concreto e sub-base (CRISTELLI, 2010)

2.3 PATOLOGIAS NOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Segundo (BALBO, 2007), no final do século XIX, o uso crescente das vias pelos veículos tracionados mecanicamente trouxe à tona as diversas deficiências da utilização pura e simples de camadas granulares em pavimentos.

As principais e mais frequentes patologias existentes nas pavimentações flexíveis são: corrugação, afundamento, panela, escorregamento, trincas e fissuras.

2.3.1 Corrugação

Conforme demonstra na figura 6, a corrugação é uma forma de movimento ou deslocamento plástico, implicando no formato de pequenas ondas na superfície do pavimento. (CASTRO, 2009)

Figura 6 - Corrugação



Fonte: CASTRO (2009)

2.3.2 Afundamento/ deformação permanente

Deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico. Conforme demonstrado na figura 7 (DNIT, 2003)

Figura 7 – Afundamento por trilha de rodas



Fonte: CASTRO (2009)

2.3.3 Panela

Conforme figura 8, panela ou buraco, e causada pela falta de aderência entre as camadas superpostas, gerando o deslocamento e podendo atingir as camadas inferiores provocando a desagregação dessas camadas. São evoluções das trincas, afundamentos ou desgastes, em que outra possível causa é o acúmulo de água no pavimento. (RIBEIRO et al., 2017)

Figura 8 - Panela

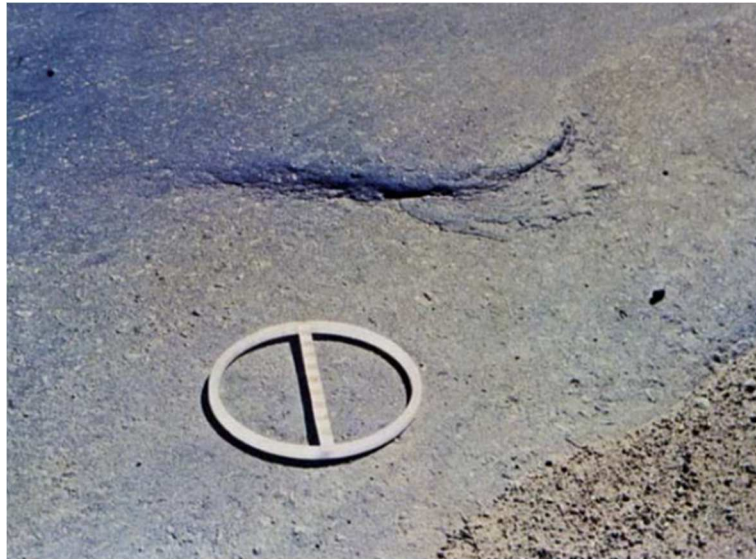


Fonte: CAVIA (2018)

2.3.4 Escorregamento do revestimento betuminoso

Escorregamento é o efeito que constitui um deslocamento plástico do revestimento, conforme figura 9. (CASTRO, 2009)

Figura 9 - Escorregamento



Fonte: CASTRO (2009)

2.3.5 Trincas e Fissuras

Trincas e/ou Fissuras, são qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, que conduza a abertura de menor, classificado como fissuras, ou maior dimensão, classificada como trincas, conforme Figuras 10, 11 e 12. (DNIT, 2003)

As trincas podem ser causadas por problemas estruturais em qualquer camada do pavimento, sendo também causadas por enfraquecimento estrutural no período de chuva ou rigidez da massa asfáltica. (RIBEIRO et al., 2017)

Figura 10 – Trinca transversais



Fonte: CAVIA (2018)

Figura 11 – Trincas longitudinais



Fonte: CAVIA (2018)

Figura 12 – Trinca por fadiga – tipo jacaré



Fonte: BERNUCCI et al. (2008)

3. O PAVIMENTO RÍGIDO

3.1 HISTÓRICO DO PAVIMENTO DE CONCRETO

O primeiro pavimento de concreto foi construído na Main Street, em Bellafontaine, Ohio, EUA, em 1891. (BALBO, 2009) onde hoje funciona como calçada para pedestres.

Entre 1934 e 1940, o plano original do governo alemão era a construção de cerca de 6,4 mil km de autoestradas em pista dupla, conectando todas as principais cidades da Alemanha. Esse montante atingiu 1,6mil km de rodovias com pavimentos de concreto nesse período. (BALBO, 2009)

Primeira estrada em pavimento de concreto construída na Suíça dataria de 1909, em Rorschach. Até 1964, haviam sido executados na Suíça mais de 9 milhões de metros quadrados de estradas em concreto. (BALBO, 2009)

O predomínio do emprego de pavimentos de concreto em estradas e autoestradas foi grande no norte ocidental da Europa até os anos 1960. Como exemplos, em países com pequenos territórios, como Holanda e Bélgica, as extensões atingiam 3,2 mil km e 4mil km, respectivamente (CEMBUREAU apud BALBO, 2009). Contudo, em termos de rodovias, essas condições preferenciais se inverteram drasticamente na atualidade. Para comparação, no Brasil, até 2009, a extensão de estradas e rodovias pavimentadas em concreto não ultrapassa os 2mil km, sendo a pavimentação asfáltica a mais tradicional, popular e difundida a partir dos anos 1950. (BALBO, 2009)

1925 – Rodovia Caminhos do Mar recebeu pavimento de concreto – a primeira na América do Sul e uma das primeiras no mundo. (MASHIO, 2012)

Até o início da década de 50, grande uso de pavimentos de concreto no Brasil (vias urbanas, rodovias e aeroportos). A partir da segunda guerra mundial, a produção de cimento foi direcionada prioritariamente para indústria da construção civil e com grande desenvolvimento da indústria de pavimentos asfálticos no mundo, impulsionado pelos preços baixos do petróleo; Grande aparelhamento, no Brasil, das empresas para execução de pavimentos asfálticos (equipamentos, mão de obra, tecnologia, etc.); Política nacional de construção de rodovias de penetração acelerando o desenvolvimento das diversas regiões. Nos anos 90 aconteceu o ressurgimento dos pavimentos de concreto em diversos países desenvolvidos e com economia estável (custo mais competitivos, equipamentos de alta performance, etc.). (MASHIO, 2012)

3.2 TIPOS DE PAVIMENTOS DE CONCRETO

Os pavimentos de concreto são aqueles cuja camada de rolamento (ou revestimento é elaborada com concreto (produzido com agregados e ligantes hidráulicos), o que pode ser feito com diversas técnicas de manipulação e elaboração do concreto – como pré-moldagem ou produção in loco – que apresentam suas particularidades de projeto, execução, operação e manutenção. (BALBO, 2009)

Os principais materiais utilizados na execução da pavimentação rígida são, cimento Portland (comum), agregados graúdos (britas), agregados miúdos (areia), água, aditivos químicos (tipo plastificantes), aço, fibras, selantes, materiais para juntas que podem ser de fibra ou de borracha (MEAN et al.,2011).

Vamos citar e descrever alguns dos principais tipos dos pavimentos de concreto executados:

3.2.1 Pavimento de concreto simples

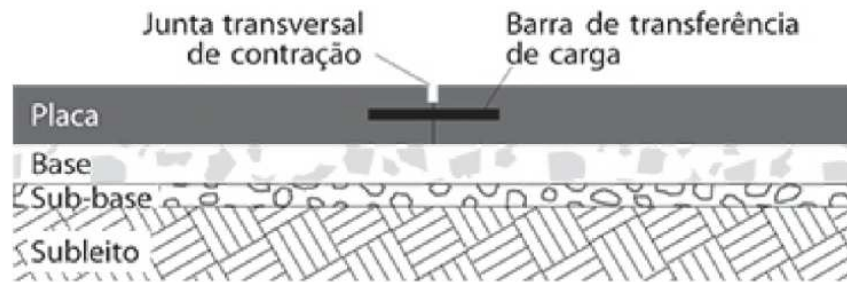
Constituído de concreto de cimento Portland como camada de base e revestimento. Nesse tipo de pavimento apenas o concreto resiste aos esforços solicitantes, sem nenhum tipo de armadura, sendo dotado de juntas transversais e longitudinais. (ABCP, 2012)

Excelente alternativa de pavimentação, para estradas, marginais, grandes avenidas, corredores de ônibus, aeroportos, portos etc. Possui custo inicial competitivo, quando comparado com o pavimento flexível, em condições de tráfego pesado. (ABCP, 2012)

3.2.2 Pavimento de concreto simples com barras de transferência

Constituído de concreto de cimento portland como camada de base e revestimento, nesse tipo de pavimento apenas o concreto resiste aos esforços solicitantes, sem armadura distribuída, com juntas transversais e longitudinais, sendo as transversais dotadas de barras de transferência de carga, conforme figura 13. (BALBO, 2009)

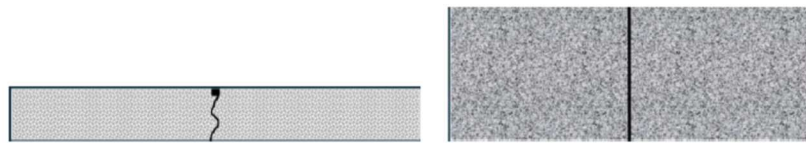
Figura 13: Placas de pavimento de concreto simples



Fonte: BALBO (2009)

De acordo com a necessidade de projeto é recomendando a utilização de barras de transferências, conforme mostrado na Figura 14 e 15, responsáveis por distribuir as tensões entre as placas (CUNHA, 2013). Segundo Cristelli (2010) as placas de concreto apresentam pequenas dimensões que podem variar de 4 a 6 metros de comprimento.

Figura 14: Perfil do pavimento de concreto simples sem barra de transferência.



Fonte: Carvalho (2008)

Figura 15: Perfil do pavimento de concreto simples com barra de transferência



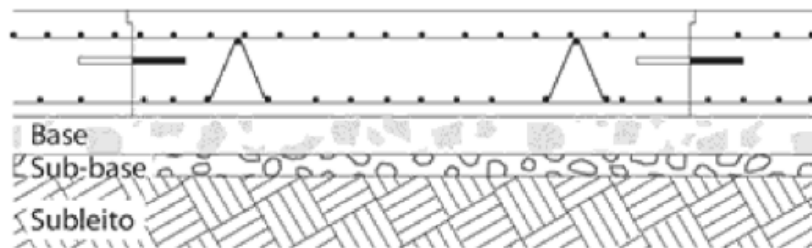
Fonte: Carvalho (2008)

3.2.3 Pavimento de concreto armado estrutural

Constituído de concreto de cimento portland como camada de base e revestimento. Nesse tipo de pavimento a armadura tem função estrutural, ou seja, é ela que resiste aos esforços solicitantes. O pavimento é dotado de juntas transversais de retração e longitudinais de articulação ou construção, sendo as transversais com barras de transferência. As espessuras de concreto são inferiores às calculadas para o concreto simples. Nesses pavimentos, a armadura principal é sempre colocada na parte inferior das placas, onde a maior parte dessas tensões se desenvolvem. (ABCP, 2012).

O pavimento de concreto (estruturalmente) armado é formado por uma sequência ou conjunto de placas armadas. Existem duas armaduras, uma fica acima do plano médio da secção da placa e a outra fica abaixo, conforme figura 16. (BALBO, 2009) A primeira armadura tem função de controlar a propagação das fissuras e não deve ser considerada armadura estrutural, pois absorve cargas muito pequenas. E a segunda armadura, tem a função de resistir a tração gerada pela carga, sendo assim uma função estrutural. (FELIX, 2008)

Figura 16: Seção transversal de placa de pavimento de concreto armado.



Fonte: BALBO (2009)

Conforme figura 17, demonstra um exemplo da armadura de pavimento de concreto armado.

Figura 17: Armadura da Ponte Rio Niterói – RJ



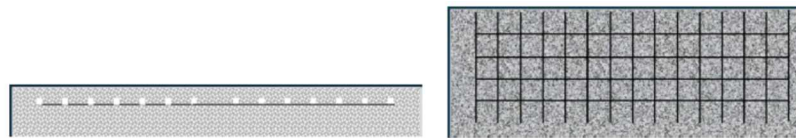
Fonte: ABCP (2012)

3.2.4 Pavimento de concreto simples com armadura contínua, sem função estrutural.

Constituído de concreto de cimento portland como camada de base e revestimento. Nesse tipo de pavimento apenas o concreto resiste aos esforços solicitantes, sendo dotado de armadura distribuída contínua, sem função estrutural. (ABCP, 2012)

O pavimento de concreto com armadura contínua possui armadura em toda sua extensão, conforme figura 18. Esse método é vantajoso por permitir que a construção de placas de concreto com comprimentos superiores a 150 metros e por apresentar a necessidade apenas das juntas de construção, que são feitas ao término de um ciclo de trabalho.

Figura 18: Pavimento de concreto com armadura contínua



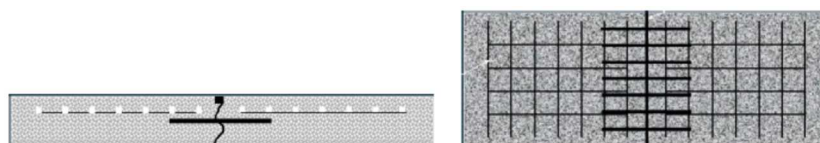
Fonte: Carvalho, 2008

3.2.5 Pavimento de concreto simples com armadura descontínua, sem função estrutural.

Constituído de concreto de cimento portland como camada de base e revestimento. Nesse tipo de pavimento apenas o concreto resiste aos esforços solicitantes, sendo dotado de armadura distribuída descontínua, sem função estrutural, com juntas transversais e longitudinais, sendo as transversais dotadas ou não de barras de transferência, em função do projeto. (ABCP, 2012)

A armadura tem como finalidade não permitir que a fissuração se espalhem, e devem ser colocada a cada 5 centímetros da superfície, sendo interrompida a cada vez que se faz necessário a colocação da junta de dilatação, conforme figura 19. Esse método permite que as placas de concreto tenham comprimento de até 30 metros (PITTA, 1999)

Figura 19: Pavimento de concreto com armadura descontínua



Fonte: carvalho (2008)

3.2.6 Pavimento de concreto protendido

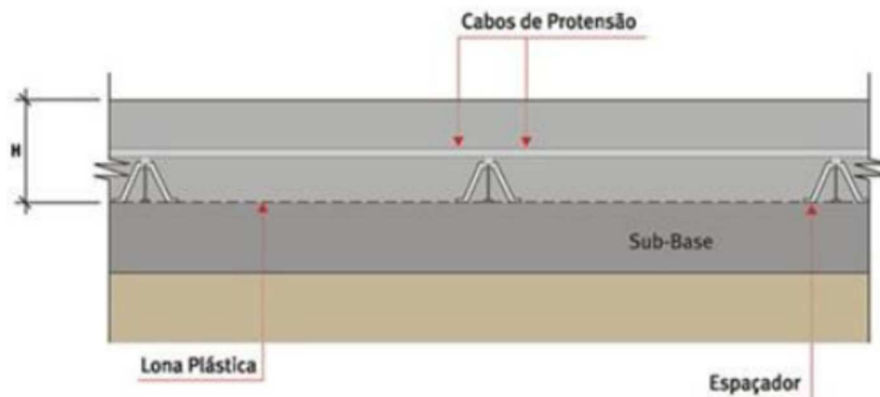
A protensão é uma forma de introduzir tensões a um objeto com o intuito de aumentar sua resistência e melhorar o seu desempenho, considerando a atuação de diversos tipos de cargas (PFEIL, 1984).

Com o uso da protensão ocorre a redução significativa do número de juntas, sendo possível a construção de placas de concreto com mais de 100 metros (BALIEIRO, 2015)

Constituído de concreto de cimento Portland como camada de base e revestimento. Nesse tipo de pavimento a armadura tem função estrutural, conforme os critérios clássicos de cálculo de concreto protendido. O pavimento é dotado apenas de juntas especiais de construção, tanto transversais quanto longitudinais. As espessuras de concreto são inferiores às calculadas para o concreto simples. (ABCP, 2012)

Conforme Figura 20, a protensão é feita, geralmente, em três etapas. 20 horas após o lançamento do concreto é dada uma carga de 20% da carga total, com três dias são aplicadas 50% e com cinco dias é aplicada 100% da tensão prevista (SILVA, 2011)

Figura 20: Pavimento de concreto protendido



Fonte: Carvalho (2008)

Excelente solução nas situações em que a pequena distância de juntas não é desejável, tem sido empregado em pisos industriais de grande porte e em pistas de pouso e de taxiamento e pátios de estacionamento de aeronaves de aeroportos importantes. Três características marcantes do pavimento de concreto protendido são: a sensível redução da espessura necessária de placa – resultando em menor consumo de materiais -; a distância entre juntas transversais superior, em geral, a 100 m; e o excelente conforto de rolamento da superfície. (ABCP, 2012)

As figuras 21 e 22 são exemplos de pavimentação rígida utilizando concreto protendido.

Figura 21: Aeroporto Internacional do Galeão – RJ



Fonte: ABCP (2012)

Figura 22: Aeroporto Internacional Afonso Pena – PR



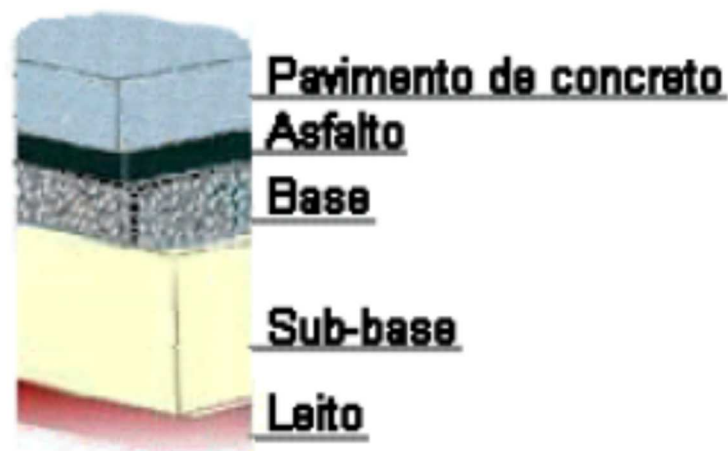
Fonte: ABCP (2012)

3.2.7 Whitetopping

É a técnica de reabilitação de pavimentos com revestimento asfáltico (flexíveis, invertidos ou semi-rígidos) em que o pavimento de concreto é aplicado diretamente sobre eles,

conforme mostra da Figura 23 com ou sem camadas de nivelamento, conforme os procedimentos clássicos de projeto e construção dos pavimentos rígidos. De um modo geral não exige grande quantidade de serviços de reparação do pavimento asfáltico existente antes de sua colocação. Permite ampliara vida útil e a capacidade de carga desses pavimentos, substituindo vantajosamente a construção por etapas, sendo solução definitiva e não paliativa e temporária, tendo custo de construção altamente competitivo. (ABCP, 2012)

Figura 23: Estrutura do Pavimento Whitetopping



Fonte: Oliveira (2000)

Em qualquer pavimento flexível com a superfície deteriorada, seja em estradas, aeroportos, portos, grandes avenidas, marginais, ruas urbanas, corredores de ônibus etc. (ABCP, 2012)

É uma solução definitiva, com vida útil prevista de no mínimo 30 anos, sendo utilizado nos EUA há mais de 50 anos, em cerca de 200 projetos, segundo a American Concrete Pavement Association. No Brasil o whitetopping já foi usado em São Paulo, na SP 79/103, e no Rio Grande do Sul, na BR 290, com excelentes resultados. (CARVALHO, 2007)

Outro exemplo de rodovias utilizando o método do whitetopping é a rodovia BR-163/MT Jaciara – Serra de São Vicente – Cuiabá (figura 24 e figura25).

Figura 24: BR-163/MT Jaciara antes da restauração utilizando o método whitetopping:



Fonte: NEVES (2019)

Figura 25: BR-163/MT Jaciara após a restauração utilizando o método whitetopping:



Fonte: NEVES (2019)

A utilização do whitetopping é uma alternativa interessante, pois evita um impacto ambiental que seria gerado pela demolição e descarte dos resíduos sólidos provenientes do pavimento danificado removido. Possibilita agilidade na construção quando comparado a alternativas tradicionais, já que não é necessário a construção das camadas de fundação, sendo utilizado as camadas já existentes do pavimento anterior (ARAÚJO e NETO, 2016)

3.2.8 Overlay

O pavimento de concreto é também usado para recobrir antigos pavimentos desse mesmo tipo, sendo conhecida internacionalmente a solução como overlay de concreto. Pode ser empregado sob três formas: overlay aderido, quando a estrutura a ser recoberta está em bom estado físico e trata-se de apenas aumentar sua capacidade de carga, no caso de aumento de tráfego ou de peso dos veículos; semi-aderente, em que o pavimento existente está em mediano estado funcional e estrutural; e não-aderente, nos casos de degradação acentuada do antigo pavimento de concreto. (ABCP, 2012)

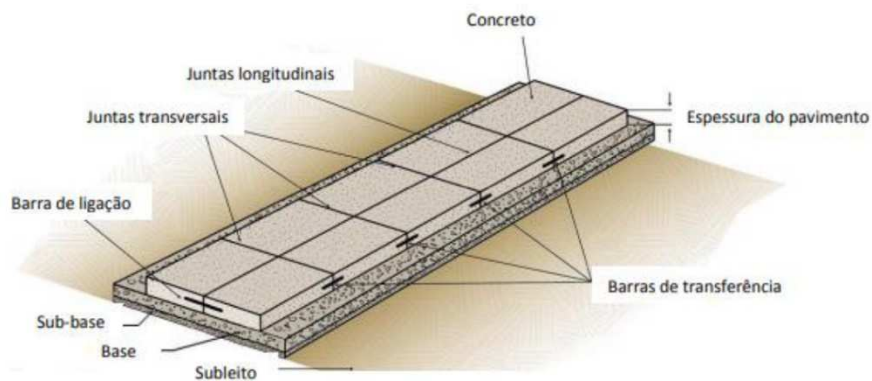
3.2.9 Pavimento de concreto pré-moldado

São fabricados sob medidas, com grande controle de qualidade e precisão, seguindo à risca o projeto construtivo, para execução de pavimentos com agilidade e sem a espera do tempo de cura. Podendo ser feito na construção de novos pavimentos ou na reparação de um pavimento degradado, efetuando a troca de placas existentes danificadas.

Embora não se trate de método mais barato que a moldagem convencional em pista, as placas pré-moldadas apresentam inúmeras vantagens. Uma delas é a perfeita elaboração, nas medidas requeridas e nas mais favoráveis condições de cura, o que evita, de imediato, o surgimento de defeitos por processos de retração no concreto. (BALBO, 2009)

A figura 26 mostra como são as placas de concreto que constituem o pavimento rígido, que são dotadas de elementos que auxiliam no desempenho mecânico e impedem a formação de patologias.

Figura 26: Componentes de um pavimento de concreto

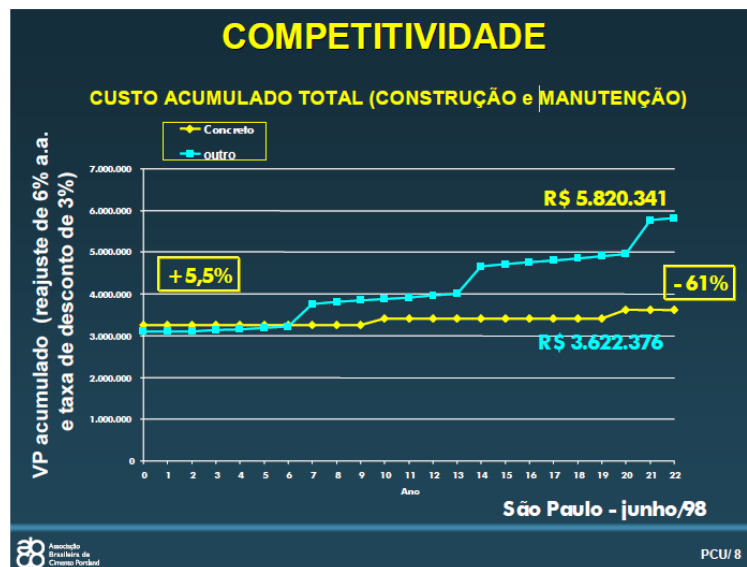


Fonte: CONCEPA (2019)

3.3 VANTAGENS

O gráfico 4 mostra um caso real de análise econômica de alternativas de pavimentação, relativa a obra executada em São Paulo, em 1998. Calculando-se o Valor Presente (VP) do investimento, em reais, compreendendo o custo de construção e o de manutenção, vê-se que o custo final do pavimento de concreto é 61% inferior ao de outra alternativa. (CARVALHO, 2007)

Gráfico 3: Análise econômica de alternativas de pavimentação



Fonte: CARVALHO (2007)

A Tabela 3 mostra a competitividade na construção do pavimento de concreto comparado a pavimentação utilizando asfalto.

Tabela 3: Custo de Implantação

VDMc	CONCRETO (R\$)	ASFALTO (R\$)
500	1.066.000,40	791.484,50
750	1.104.463,30	938.046,27
2.000	1.104.463,30	1.138.449,29
3.500	1.142.926,20	1.285.548,61
5.000	1.181.389,10	1.341.571,64
10.000	1.219.852	1.532.054,61

Fonte: VIZZONI (2013)

Segunda a ABCP o cimento contribui com o meio ambiente por meio do Coprocessamento e das Adições na sua produção industrial. O Coprocessamento é a destruição térmica de resíduos industriais indesejáveis, com alto poder energético em fornos de cimento,

sem prejudicar a qualidade final do produto. Como por exemplo os pneus inservíveis, óleos usados, solventes, graxas. As Adições é o aproveitamento de resíduos industriais na composição do cimento, dando-lhe características técnicas especiais, como durabilidade das estruturas, resistência aos meios agressivos etc. Ex.: Escória siderúrgica, cinza volante e pozolanas.

Essa estrutura do pavimento rígido o torna com a vida útil até 3 vezes maior que o asfalto, tem vida útil superior a 20 anos, não oxida, é resistente a ação de combustíveis, óleos veiculares e a ação das chuvas e do sol, e age como impermeabilizante não deixando passar para outras camadas, contrário do pavimento flexível que possui vida útil menor que 10 anos, onde as altas temperaturas, excesso de chuvas ou os combustíveis e óleos dos veículos geram a deterioração da sua superfície (SILVA, 2011).

Segundo Mean (2011), o pavimento de concreto é a melhor opção por apresentar uma grande resistência mecânica, não oxida, não deforma plasticamente, não formam buracos nem trilha de rodas, garantindo assim, elevada resistência da estrutura e pequena necessidade de reparos rotineiros. Uma situação contrária ocorre com o pavimento asfáltico que necessita de intervenções rotineiras para manutenção, causados pela deformação plástica, trilhas de roda e buracos, requerem serviços de recapeamento com cinco anos de vida útil.

Segundo Carvalho (2007), o pavimento de concreto tem maior capacidade de reflexão da luz que o pavimento de asfalto, por ter superfície clara, melhorando consideravelmente a visibilidade horizontal e noturna dos motoristas, principalmente em dias de chuva e também permite uma maior aderência dos pneus à superfície de rolamento em comparação com o pavimento asfáltico, o que permite relevante redução na distância de frenagem.

O pavimento de concreto possibilita maior velocidade de escoamento da água em comparação ao pavimento asfáltico, devido à texturização, diminuindo o acúmulo de água superficial que se forma na pista nos dias chuvosos, melhorando a resistência à derrapagem. Porém o pavimento flexível apresenta maior aderência das demarcações viárias em relação ao pavimento rígido, devido a sua textura rugosa (RIBAS, 2017).

De acordo com Ribas (2017), no pavimento rígido as cargas se distribuem uniformemente na placa de concreto, dando menor sensatez ao solo. Já no pavimento flexível as cargas não são distribuídas de maneira uniforme, mas de forma vertical, forçando inteiramente o solo a trabalhar e sofrendo com deformações elásticas significativas.

Os tipos de pavimentos apresentam diferentes formas de projeto, execução e controle de qualidade, podendo torna-los mais ou menos vantajosos. A tabela 4, é um breve resumo comparativo entre os pavimentos rígidos e flexíveis.

Tabela 4: Comparativo entre pavimentos rígidos e flexíveis

	Pavimentos rígidos	Pavimentos flexíveis
Investimento Inicial	Assim como os pavimentos flexíveis, o investimento inicial também varia, mas se considera que esse valor seja em média 30% maior em relação ao pavimento flexível.	Varia de acordo com os materiais utilizados e os valores dos insumos por região.
Vida útil (com manutenção)	25 a 30 anos	8 a 12 anos
Manutenção	Pouca necessidade de manutenção e ações mais simples	Manutenção frequente e mais complexa
Espessura/estruturação	Menos camadas, consequentemente menor espessura.	Estrutura mais espessa com camadas múltiplas.
Distribuição das tensões	Placa absorve a maior parte das tensões e as distribui sobre uma área relativamente maior.	A carga é distribuída a todas as camadas, que sofrem deformações elásticas significativas.
Materiais utilizados	O concreto é feito de materiais locais, misturado a frio, consumindo, geralmente, energia elétrica.	O asfalto é derivado do petróleo, normalmente misturado a quente, consumindo combustível.
Reação com produtos químicos	Pouco suscetíveis a reações químicas e à contaminação.	Suscetíveis a alterações químicas irreversíveis.
Aderência das demarcações (sinalização)	Devido ao seu baixo índice de porosidade, apresenta baixa aderência das demarcações.	De textura mais rugosa, apresenta melhor aderência das demarcações da pista.
Difusão de luz	Coloração clara, apresentando melhor capacidade de difusão de luz (refletividade).	Menor índice de reflexão de luz.
Drenagem	Melhores características de drenagem superficial: escoamento melhor a água superficial.	Absorve a umidade com rapidez e, por sua textura superficial, retém a água, o que requer maiores caimentos (inclinação lateral).
Segurança quanto à derrapagem	Fornecer boa aderência do pneu, devido à textura da superfície.	Superfície escorregadia quando molhada.

Fonte: CNT (2017)

Nos últimos anos o pavimento de concreto voltou a se mostrar competitivo, principalmente devido a durabilidade e a resistência. A menor necessidade de manutenção acaba compensando o maior investimento inicial. O aumento do número de rodovias concessionadas acaba sendo um dos motivos para que o concreto volte a ser considerado na

construção de estradas. Como as concessões se estendem por cerca de 20 anos, as empresas responsáveis pelas construções das rodovias adotam o concreto para evitar gastos com manutenções (LOTURCO, 2005).

4 ESTUDO DE CASO – PAVIMENTO RÍGIDO EM ANÁPOLIS GO

Com o crescimento da cidade de Anápolis, aumento populacional e da frota de veículos, o município de Anápolis iniciou o plano de mobilidade urbana cuja finalidade seria maior fluidez do tráfego de veículos e pessoas na cidade. Entre as medidas tomadas inclui-se a construção de viadutos e corredores de ônibus. (SILVA et al., 2018)

O plano de Mobilidade da cidade de Anápolis contempla a implantação de seis corredores de ônibus, com abrangência nas vias de maior fluxo e de acesso aos principais pontos da cidade de Anápolis, sendo as avenidas Brasil Norte, Brasil Sul - DAIA, Universitária, São Francisco - JK, Fernando Costa - Presidente Kennedy e Pedro Ludovico, conforme figura 27

Figura 27: Mapa com delimitação dos corredores de ônibus de Anápolis-GO



Fonte: SILVA (2015)

Na Avenida Brasil tem como a maior obra de mobilidade urbana de Anápolis, iniciada em 2015. Visando a construção de dois viadutos na Avenida Brasil, nos cruzamentos com a Rua Amazílio Lino e com a Avenida Goiás e Rua Barão do Rio Branco, e a reestruturação de 47 quilômetros de vias, com a implantação de seis corredores de ônibus nas avenidas Brasil Norte; Brasil Sul; Universitária; Pedro Ludovico, JK/São Francisco e Presidente Kennedy/Fernando Costa. (BRITO, 2019)

Nos corredores de ônibus, das principais vias da cidade de Anápolis, houve a implantação de placas de concreto de cimento portland nas paradas de embarque e desembarque em função dos problemas que podem ser gerados nos pavimentos devido as solicitações que

estes veículos pesados podem ocasionar, principalmente referente a sua aceleração e desaceleração. (SILVA et al., 2018)

Para a implantação das placas de concreto, retirou-se o pavimento flexível, ou seja, as camadas de revestimento, base e sub-base do pavimento existentes, de modo a alocar nas paradas de embarque e desembarque uma estrutura rígida, com finalidade de trabalhar melhor frente às maiores solicitações de aceleração e desaceleração nestes pontos. (SILVA et al., 2018)

No eixo da avenida Brasil Sul foram construídas nove plataformas, conforme figura 28, que abrigarão 18 pontos de ônibus. E no lado oposto, na avenida Brasil Norte, outras nove plataformas no mesmo padrão de processo construtivo. (ANÁPOLIS, 2017)

Figura 28: confecção de lajes armadas de concreto na plataforma de parada de ônibus



Fonte: ANÁPOLIS (2017)

4.1 ETAPAS CONSTRUTIVAS

De início, foi realizado o levantamento do terreno onde seria construído o pavimento rígido e posteriormente feita a remoção do pavimento antigo, o flexível. Em seguida aplicada as camadas constituindo do pavimento: Reforço, subleito e sub-base.

Foi realizada a camada de subleito utilizando cascalho graúdo espalhado com ajuda de moto niveladora, logo após compactado com rolo pé de carneiro (Figura 29 e 30), o subleito foi feito com espessura de 10 a 20cm.

Figura 29: Construção de Subleito Av. Brasil Norte



Fonte: COSTA e SANTOS (2019)

Figura 30: Construção Subleito Av. Pedro Ludovico



Fonte: ANÁPOLIS (2018)

Realização de sub-base, espalhando sobre o subleito uma camada de brita graduada utilizando moto niveladora (Figura 31). Em seguida foi realizado a compactação do trecho utilizando rolo pé de carneiro, a sub-base foi realizada com espessura de 10 a 20cm (COSTA e SANTOS, 2019)

Figura 31: Construção da Sub-base



Fonte: COSTA e SANTOS (2019)

Após a construção da sub-base foi adicionado uma manta geotêxtil (Figura 31), coloca-se está para impermeabilização do solo e que futuramente evitara trincas ao pavimento, após a colocação da manta foi introduzido as barras de aços de transição e de ligação para receber o concreto (Figura 32 e 33).

Por fim efetua a concretagem, conforme figura 34, o concreto usinado de forma que possa obter um controle de qualidade mais exigente obtendo os parâmetros exigidos conforme projeto. (COSTA e SANTOS, 2019)

Figura 32: Aplicação de manta e barras de aço.



Fonte: COSTA e SANTOS (2019)

Figura 33: Fase de concretagem



Fonte: COSTA e SANTOS (2019)

Figura 34: Acabamento após concretagem



Fonte: COSTA e SANTOS (2019)

4.2 GEOMETRIA DAS PLACAS DE CONCRETO DAS PARADAS DE ÔNIBUS

A geometria das placas concretadas, compõe-se de uma dimensão cuja finalidade é de receber as solicitações impostas pela ação do tráfego, e ser capaz de suportar os esforços que são gerados, devido a aceleração e desaceleração. (SILVA et al., 2018)

Houve uma padronização da geometria dessas placas de concreto apresentando uma extensão total de 35 metros de comprimento e 3,20 metros de largura para corredores com

velocidade permitida de 40km/h, e para os que operam a 60km/h tem se a estrutura com extensão total de 55 metros, e largura de 3,20 metros, conforme mostra figura 35. (SILVA et al., 2018)

Figura 35: Geometria e extensão das placas de concreto.



Fonte: SILVA et al., (2018)

4.3 ENTREGA DAS OBRAS

A Companhia Municipal de Trânsito e Transporte (CMTT) liberou na data de 29/08/2019, o corredor de ônibus da Avenida Brasil Sul, conforme mostrado na Figura 36, que passou por ampla reformulação com o objetivo de garantir maior agilidade e durabilidade ao transporte de massas na Cidade. (BRITO, 2019)

Há poucos dias antes, foi liberado o corredor da Av. Brasil Norte. Esses dois sistemas compõem um projeto macro de mobilidade urbana, em uma cidade com a terceira maior frota de veículos emplacados de Goiás (271.553 veículos, número atualizado em junho pelo Denatran), com cerca de 1,42 veículo por habitante (já considerando a estimativa demográfica de 2019 do IBGE, de 386.923 habitantes). (BRITO, 2019)

Figura 36: Corredor de ônibus Avenida Brasil Sul.



Fonte: BRITO (2019)

Conforme mostra nas figura 37, 38 e 39. Os pontos de ônibus foram adotados de pavimentos com pisos rígidos para maior vida útil e conservação das novas paradas do transporte coletivo de Anápolis, além dos novos abrigos, em substituição aos antigos, que estavam obsoletos. (ANÁPOLIS, 2018)

Figura 37: Ponto de ônibus Praça Bom Jesus



Fonte: ANÁPOLIS (2018)

Figura 38: Ponto de ônibus Rodoviária de Anápolis



Fonte: Autores (2020)

Figura 39: Avenida Brasil Norte



Fonte: Autores (2020)

5. CONCLUSÃO

Nas fases iniciais do processo construtivo, onde são realizadas as camadas de reforço (subleito, sub-base e base) podemos observar uma grande semelhança em ambos os processos na questão dos materiais empregados, onde ambas as camadas desempenham funções parecidas. Porém a execução da pavimentação flexível necessita de uma preparação mais complexa pelo fato de as camadas de revestimento aceitar maiores deformações, o que implica sobre as camadas inferiores. (COSTA e SANTOS, 2019)

A escolha pela utilização de pavimentação rígida nos locais das paradas de ônibus em substituição a pavimentação flexível foi pensada devido a durabilidade e resistência do concreto, evitando as aparições de deformações ocasionadas frequentemente no pavimento asfáltico, como por exemplo a formação de trilhas de rodas, buracos e as deformações plásticas, conforme citadas e explicadas no trabalho.

Através desse trabalho fizemos uma breve comparação, citando os tipos de pavimentações, métodos de execução, vantagens e desvantagens de ambos os meios, exemplo prático executado nas paradas de ônibus nas principais avenidas da cidade de Anápolis GO, afim de demonstrar um método muito utilizado em muitos países e com uma crescente no Brasil, devido a sua durabilidade.

O processo final da execução é a camada de rolamento, a parte da estrutura com contato direto com o tráfego de veículos, onde o pavimento flexível apresenta camadas mais complexas e reforçadas, mas tem agora uma estrutura mais simples que a camada de pavimentação rígida, que por sua vez conta com uma estrutura complexa nessa etapa, porém com um desempenho muito além da pavimentação flexível, que funciona como uma laje armada com barras de aço, que necessita de uma mão de obra especializada. (COSTA e SANTOS, 2019)

De início, a pavimentação rígida se mostra economicamente menos viável, mas a longo prazo, obedecendo um rigoroso controle de qualidade na execução da obra, seguindo as Normas vigentes de pavimentação rígida, proporciona uma diminuição dos gastos com manutenções, podendo ter uma durabilidade de pelo menos 20 anos, enquanto o pavimento flexível tem uma previsão de no máximo 10 anos, se tornando assim a pavimentação rígida competitiva economicamente.

Para estudos futuros seria interessante um monitoramento junto aos órgãos responsáveis pela manutenção das vias, afim de fazer um levantamento preciso das possíveis patologias que possam ocorrer, o quantitativo do custo de manutenção preventiva e corretiva,

comparando aos outros sistema de pavimentação instalados em outros locais e o tempo de vida útil preciso onde foi utilizado o pavimento rígido em substituição do pavimento flexível e por fim um levantamento de custo mediante todos essas informações atualizadas.

REFERÊNCIAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. **Estradas de concreto: este é o caminho do futuro.** 2012. Disponível em: <https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2017/09/estradas_de_concreto_livreto_2012.pdf>. Acesso em: 09 de fev. de 2020

ABCP Associação Brasileira de Cimento Portland. **Curso de Tecnologia de Pavimentos de Concreto** – Modulo 2 Projeto e dimensionamento de pavimentos. São Paulo, 2010.

ALBANO, João Fortini. **Vias de transporte.** Porto alegre, Bookman, 2016.

ANÁPOLIS. Projeto de plataformas de pontos de ônibus na Avenida Brasil passa por adequação. **Portal Anapolis,** 2017. Disponível em: <<http://www.anapolis.go.gov.br/portal/multimedia/noticias> Acesso em: 20 de maio de 2020/ver/projeto-de-plataformas-de-pontos-de-aanibus-na-avenida-brasil-sofre-adequaasapo> Acesso em: 20 de mai. de 2020

ANÁPOLIS. Anápolis Teve Projeto de Mobilidade Urbana Alterado. **Anapolis City News,** 2018. Disponível em: <<http://anapoliscitynews.blogspot.com/2018/07/anapolis-teve-projeto-de-mobilidade.html>> Acesso em: 30 de mai. de 2020

BALBO, José Tadeu. **Pavimentos de Concreto.** São Paulo, Oficina de Textos, 2009.

BALIEIRO, Lorena Diniz Oliveira. **Soluções para pisos industriais em concreto armado.** Dissertação (Especialização) – Universidade de Minas Gerais. Belo Horizonte, ago. 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-AGWJMB/1/monografia_solu__es_para_pisos_industriais___lorena_diniz_oliveira__balieiro.pdf>. Acesso em: 16 de ago. 2020

BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação asfáltica: formação para engenheiros.** 3ª ed. Rio de Janeiro: Petrobrás ABEDA, 2008.

Brito, Claudius . Avenida Brasil torna-se um marco para a mobilidade urbana em Anápolis. **Portal contexto**, 2019 Disponível em: <<https://portalcontexto.com/avenida-brasil-torna-se-um-marco-para-a-mobilidade-urbana-em-anapolis/>> Acesso em: 20 de mai. de 2020.

CARVALHO, Marcos Dutra. "**Pavimento de Concreto: reduzindo o custo social**", Outubro, 2007

CARVALHO, Marcos Dutra. "**Premissas de projeto e dimensionamento de pavimentos urbanos de concreto**". Concrete show. São Paulo, 2008. Disponível em <http://viasconcretas.com.br/cms/wp-content/files_mf/2008_premissas_projeto_e_dimensionamento_marcos_dutra.pdf>. Acesso em: 30 de agos. de 2020

CASTRO, Pery. **Defeitos dos pavimentos e suas causas**. Porto alegre, 2009. Disponível em: <https://www.politecnica.pucrs.br/professores/perly/Defeitos_dos_Pavimentos/01_Defeitos_dos_Pavimentos_Apresentacao.pdf> Acesso em: 18 de jul. de 2020

CAVIA, Felipe. **Superestrutura rodoviária – “Atividades de Manutenção”**. 2018. Disponível em: <<https://alemdainercia.com/tag/tratamentos-superficiais>> Acesso em: 30 de jun. de 2020

CNT – Confederação Nacional dos Transportes. Pesquisa Rodoviária, 2019.

Concessionária da Rodovia Osório – Porto Alegre – CONCEPA. **Métodos de Dimensionamento de Pavimentos – Metodologias e seus Impactos nos Projetos de Pavimentos Novos e Restaurações**. Porto Alegre, dez.2009. Disponível em<<http://www.triunfoconcepa.com.br/upload/anexo/57c54874ca4d4ac5.pdf>>. Acesso em: 01 de abr de 2020

CRISTELLI, Rafael. **Pavimento de Concreto – Análise Construtiva**. 2020, Belo Horizonte, MG.

CUNHA, Priscilla Formoso. **Dimensionamento e análise numérica de pisos industriais de concreto**. Dissertação – Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em:

https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UERJ_6672804eb1cff16fe068e7ca89675b62. Acesso em: 30 de ago de 2020

COSTA, Gustavo Henrique, SANTOS, Luís Fernando e. **Análise comparativa da execução de pavimentos asfálticos flexíveis e rígidos na Avenida Brasil – Norte em Anápolis-go: Um estudo de caso e proposta de relatório de inspeção de execução**. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade Evangélica de Jaraguá, Jaraguá, 2019.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte: **Norma DNIT 005/2003 – TER. Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia**. Rio de Janeiro, 2003

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte: **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes**. Volume 10. 1ª ed. Brasília, 2017.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Pavimentação**. Publicação IPR-719. 3ª ed. Rio de Janeiro, 2006.

FELIX, Daniela Bonina Clemente. **Avaliação da metodologia do USACE aplicada à análise das condições de rolamento dos pavimentos de concreto armado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008. Disponível em: < <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-09022009-143228/pt-br.php>> Acesso em: 25 de Ago. de 2020.

LOTURCO, Bruno. **Concessões à iniciativa privada, corredores de áreas urbanas e tráfego pesado em vias marginais incentivam expansão do pavimento de concreto**. Revista Técnica. São Paulo, edição 102, set. 2005.

MASCHIO, Alexsander. **A Evolução do Pavimento de Concreto no Brasil**. 2012. Disponível em:

<http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/16encontro_tecnico/Pavimentos_Concreto/Apresentacao.pdf> Acesso em: 09 de fev. de 2020.

MEAN, Angélica. **Pavimentação asfáltica**; Itatiba,SP. Universidade São Francisco, 2011.

MELLO, José Carlos. **A Evolução do Transporte Rodoviário**. Apostila da Escola de Comando e Estado - Maior do Exército, 2004.

NETO, Leônidas Alvarez; ARAÚJO, Alex Macedo. **Logística Reversa aplicada às obras de mobilidade urbana: Utilização da metodologia whitetopping para a construção e pavimentação em corredores de ônibus urbanos**. REFAZ. São Paulo, mar. 2016. Disponível em: < <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-29052006-165910/fr.php>> Acesso em: 5 de ago. de 2020.

NEVES, Marcílio Augusto. **Viabilidade Técnica e Econômica de Pavimento de Concreto**. 2019. Disponível em: <https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2019/10/03Marcilio_Augusto_Neves_Marcilio_Engenharia_29AGO19.pdf> Acesso em: 08 de fev. de 2020.

OLIVEIRA, Patrícia Lizi. **Projeto estrutural de pavimentos rodoviários e de pisos industriais de concreto**. Dissertação (Mestrado em estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2000. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-29052006-165910/fr.php>>. Acesso em: 20 de Jul. de 2020

PFEIL, Walter. **Concreto protendido**. LTC. Rio de Janeiro, v.1, 1984.

PINTO, Salomão; PREUSSLER, Ernesto. **Pavimentação Rodoviária: Conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis**. 2.ed., Copiarte, 269 p., Rio de Janeiro, 2010.

PITTA, Márcio Rocha. **Pavimento de concreto – Parte 1**. Revista Técnica. São Paulo, edição 43, 1999.

RIBEIRO, Antônio; BEZERRA, Francisco; NETO, José. **Metodologia prática de avaliação de patologias no pavimento asfáltico em avenida de Fortaleza/CE**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará. Ceará, 2017. Disponível em: <

<http://conexoes.ifce.edu.br/index.php/conexoes/article/view/904/1104>> Acesso em: 02 de ago de 2020.

SENÇO, Wlastermiler . **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 1ª ed. São Paulo: Pini, 1997.

SENÇO, Wlastermiler. **Manual técnico de pavimentação**: volume 1. 2ª ed. São Paulo: Pini, 2007.

SILVA, Matheus; AZEVEDO, Claudia; ROSA, Christiane. **Avaliação das placas de CCP dos corredores de ônibus de Anápolis em função da sua Extensão**. 2018. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás, 2018.

SILVA Filho, AUGUSTO Lins e. **Estudo Comparativo de Viabilidade Técnica e Econômica Entre Pavimentos Rígido e Flexível Aplicados a Rodovia BR-408/PE**. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade do Vale do Ipojuca - FAVIP, Caruaru, 2011.

SILVA Matheus. **Mapa com delimitação dos corredores de ônibus de Anápolis-GO**. 2015 Disponível em: <https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Mapa-com-delimitacao-dos-corredores-de-onibus-de-Anapolis-GO-Fonte-Prefeitura_fig1_337196054> Acesso em 04 de ago 2020.

VIZZONI, Ronaldo. **Pavimento de Concreto: Uma realidade Nacional**. 2013. Disponível em: http://viasconcretas.com.br/wp-content/uploads/2013/11/Pavimento_concreto_sustentavel.pdf Acesso em: 05 de fev. de 2020.