

**UNICESUMAR - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE MARINGÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RÍGIDO E PAVIMENTO  
FLEXÍVEL**

**ALANNA LOPES DA SILVA**

**MARINGÁ – PR**

**2019**

ALANNA LOPES DA SILVA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RÍGIDO E PAVIMENTO  
FLEXÍVEL**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia Civil, sob a orientação do Prof. Dr. Claudio Rodrigues

MARINGÁ – PR

2019

**FOLHA DE APROVAÇÃO**  
ALANNA LOPES DA SILVA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RÍGIDO E PAVIMENTO  
FLEXÍVEL**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNICESUMAR – Centro  
Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em  
Engenharia Civil, sob a orientação do Prof. Dr. Claudio Rodrigues

Aprovado em: \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Nome do professor – (Titulação, nome e Instituição)

---

Nome do professor - (Titulação, nome e Instituição)

---

Nome do professor - (Titulação, nome e Instituição)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>2 BREVE HISTÓRICO DA PAVIMENTAÇÃO NO BRASIL .....</b>	<b>6</b>
<b>3 DEFINIÇÃO DE PAVIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>4 FUNÇÃO DOS PAVIMENTOS.....</b>	<b>7</b>
<b>5 TIPOS DE CAMADAS DO PAVIMENTO .....</b>	<b>8</b>
5.1 REVESTIMENTOS .....	8
5.1.1 Bases e sub-bases .....	8
5.1.2 Regularização e reforço do subleito.....	9
5.1.3 Subleito .....	9
5.2 PAVIMENTO FLEXÍVEL .....	10
5.3 PAVIMENTO RÍGIDO.....	11
5.4 COMPARAÇÃO ENTRE BASES FLEXÍVEIS E RÍGIDAS.....	13
5.4.1 Bases flexíveis.....	13
5.4.2 Bases rígidas.....	13
5.4.1 Revestimentos flexíveis.....	14
5.5.2 Revestimentos rígidos.....	15
5.6 DIMENSIONAMENTO DOS PAVIMENTOS .....	16
5.7 MANUTENÇÃO DOS PAVIMENTOS .....	16
5.8 CUSTOS ECÔNOMICOS .....	17
5.9 TEMPO DE DURAÇÃO DOS PAVIMENTOS.....	18
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>18</b>
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>19</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>21</b>

# **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RÍGIDO E PAVIMENTO FLEXÍVEL**

Alanna Lopes da Silva

## **RESUMO**

O presente estudo possui o objetivo de realizar comparações e análises técnicas da viabilidade entre os pavimentos rodoviários flexíveis, que são constituídos de revestimentos betuminosos e os pavimentos rodoviários rígidos, que são compostos de concreto de cimento Portland. Os levantamentos bibliográficos aborda conteúdos de métodos para escolha desses pavimentos, as funcionalidades de esforços exercidos nas suas estruturas, comparando os componentes das camadas, citando as condições de serviço, manutenções e tempo de vida útil dos asfaltos, métodos de dimensionamento, a análise de custos econômicos, visando a comparação das vantagens e desvantagens, com o propósito para a determinação da escolha do pavimento com mais benefícios em relação ao conforto dos usuários, em quesitos de segurança e competência para a ligação de territórios.

**Palavras-chave:** Pavimentação. Rodovias. Viabilidade.

## **COMPARATIVE STUDY BETWEEN RIGID AND FLEXIBLE FLOORING**

## **ABSTRACT**

This study aims to perform technical comparisons and feasibility analyzes between flexible road pavements, which consist of bituminous coatings and rigid road pavements, which are composed of Portland cement concrete. The bibliographic surveys discuss the content of methods for choosing these pavements, the functionalities of efforts exerted on their structures, comparing the components of the layers, citing the service conditions, maintenance and service life of asphalts, sizing methods, cost analysis economic, aiming at comparing the advantages and disadvantages, with the purpose of determining the choice of pavement with the most benefits in relation to the comfort of the users, in terms of security and competence for the connection of territories.

**KEYWORD:** Paving. Highways. Viability.

## 1 INTRODUÇÃO

A história da mistura a quente denominada asfalto ou pavimento, surgiu da necessidade de evolução do homem, para obter melhor acessibilidade nas áreas de cultivo entre rochas, minerais e água, e ainda de causar maior expansão territorial. (BALBO, 2007).

As técnicas rodoviárias são basicamente compostas por vias e estradas com finalidade de ligar cidades, estados, países, sendo empregadas por veículos. A ciência aplicada nessas vias é de extrema importância pois este sistema possui maior acessibilidade em questões de utilização, custo benéfico e aplicação (NETO, 2011).

E hoje em dia, para ofertar estas rodovias com qualidade, é necessário um estudo de tecnologias que referenciem várias quantidades de opções para o seu desenvolvimento, dispondo de recursos econômicos, duráveis e sustentáveis (FILHO, 2018).

Para Medina (1997), o estudo da tecnologia de pavimentação é classificado de acordo com dois tipos de processos: pavimentos rígidos e pavimentos flexíveis. Além dos pavimentos flexíveis e rígidos, que são os mais utilizados, há também os pavimentos semi-rígidos que é composto por uma base de cimento com aglutinante que possui propriedades cimentícias (DNIT, 2006). Porém, este estudo tem como finalidade dar destaque aos pavimentos flexíveis e rígidos.

Os pavimentos rígidos podem possuir também a nomenclatura de concreto de cimento Portland ou simplesmente concreto-cimento, devido à sua composição ser constituída por placas de concreto de cimento Portland (PCS) que é raramente armada, mas pode ser capaz de ser armada com barras metálicas. Esse tipo de pavimento, pode se romper sob os esforços de tração e flexão quando estão sujeitos a deformações (SENÇO, 2007).

Os pavimentos flexíveis também denominados de Pavimentos asfálticos, são compostos por revestimento betuminoso (CAUQ), sobre uma base granular possuindo esforços de deformações que até um certo momento, não se rompem (BERNUCCI, 2010).

O objetivo desse estudo é visar a comparação e a viabilidade entre os dois principais tipos de pavimentos, os flexíveis e os rígidos, apresentando uma revisão bibliográfica, pois é indispensável e necessário devido ao impacto gerado com a escolha do método referente, sobre definições, camadas do pavimento, tipos e qualificações, processo de execução e comparações. Visto que é fundamental investir na durabilidade da vida útil da rodovia, é imprescindível analisar os riscos, e retornos, realizar manutenções, apresentar possibilidades técnicas e econômicas, para o conforto dos usuários.

## **2 BREVE HISTÓRICO DA PAVIMENTAÇÃO NO BRASIL**

Uma das primeiras estradas registradas no Brasil, teve sua estreia por volta de 1560, época no período governamental de Mem de Sá, no qual o caminho traçado era para a ligação entre São Vicente e Piratininga. No ano de 1661, a governança de São Vicente restaurou este caminho que foi nomeada de Caminho do mar, compostos de concreto de cimento Portland, ligando e tornando possível o tráfego dos veículos. Por volta de 1789, a estrada caminho do mar foi renovada obtendo uma denominação diferente, de Calçada do Lorena, que hoje em dia ainda mantém uma parte reservada (BERNUCCI, 2010).

Segundo (BALBO, 2007), a calçada do Lorena tinha um método de construção parecido com o dos romanos, no qual eram utilizados revestimentos de pedras recortadas e sobrepostas, pedregulhos e saibros que existiam nessas regiões da serra do mar e da baixada santista. Essa obra foi um grande marco para a pavimentação histórica do país.

Ao passar do tempo, a pavimentação de rodovias no Brasil obteve um melhor desenvolvimento, graças a conexão de informações com os Estados Unidos em volta ao ano de 1950, para manter um padrão entre as normas e especificações construtivas entre esses países, e como consequência, foi implantado a primeira edição do manual de pavimentação, no ano de 1960, obtendo melhorias com o passar dos anos (DNIT, 2006).

## **3 DEFINIÇÃO DE PAVIMENTO**

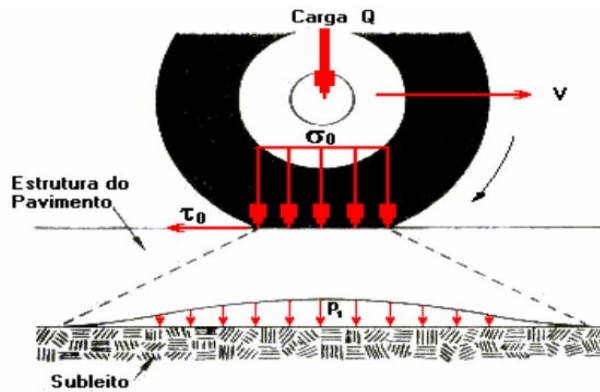
Pavimentos são camadas geológicas com vários tipos de espessuras construídas sobre uma superfície de terraplanagem, que resiste aos esforços de circulação de veículos, melhora as condições de rolamento, além de progredir e ofertar um melhor conforto, segurança e economia aos usuários (BERNUCCI, 2010).

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006), estas camadas possuem tamanhos finitos apoiados sobre um semi-espaço no qual é considerado infinito o terreno de fundação que é apontado o subleito. O subleito deve ser estudado considerando a profundidade que atua as cargas impostas pelo tráfego, que são 0,60m<sup>2</sup> e 1,50m.

As camadas asfálticas dissolvem as tensões verticais adotadas em superfícies, de modo que o subleito obtenha uma parte inferior das tensões superficiais, enquanto as tensões horizontais executadas na superfície reivindicam coesões mínimas (MARQUES, 2006).

Quando o pavimento for requisitado a uma carga de um determinado veículo  $Q$ , se deslocando a uma velocidade  $V$ , adquire tensão vertical de compressão e tensão horizontal de cisalhamento (SANTANA, 1993).

**Figura 2 - Cargas no Pavimento**



Fonte: Cargas no Pavimento (SANTANA, 1993)

#### 4 FUNÇÃO DOS PAVIMENTOS

Para Balbo (2007), a pavimentação de uma via consiste no avanço de operações no tráfego, no qual é elaborada uma superfície mais regular, a fim de garantir o conforto de locomoção do veículo; de melhor aderência garantindo mais segurança no caso da pista ser molhada; e que essa superfície possua menos ruídos frente a ação dinâmica dos pneus, que tem finalidade garantir mais conforto do ambiente nas vias de zonas rurais e urbanas.

Entretanto, a principal função do pavimento é proporcionar um tráfego com segurança e conforto, disponibilizando de materiais e componentes estruturais capazes de suportar os esforços produzidos pelo tráfego de veículos juntamente com as condições propícias do clima, de modo que as despesas operacionais e de manutenção sejam muito pequenas e que garantam um bom funcionamento.

A necessidade de conceder condições adequadas de suporte e rolamento, independente das condições climáticas que se encontra, sendo separadas pelas camadas possuindo a denominação de revestimento, base, sub-base, reforço de subleito e subleito (BALBO, 2007).



## **5 TIPOS DE CAMADAS DO PAVIMENTO**

### **5.1 REVESTIMENTOS**

O revestimento é uma camada do pavimento impermeável na medida do possível, que tem por finalidade adquirir as tensões exercidas pelas ações dos veículos, a fim de aperfeiçoar os requisitos de segurança, conforto e rolamento, além de promover a resistência aos esforços horizontais atuantes, de modo a se tornar permanente e com maior durabilidade na face superior de rolamento (DNIT, 2017).

Uma das funcionalidades dos revestimentos é a recepção de cargas, podendo ser estáticas e dinâmicas para que não sofram grandes quantidades de deformação elástica e plástica, desintegração dos elementos, e ainda a anulação de compactação. Os materiais utilizados devem ser integrados por aglutinantes ou podem ser assentados de forma que evite o seu movimento horizontal. Estes materiais podem ser compostos de pedras sobrepostas, blocos pré-moldados de concreto, concreto compactado com rolo, materiais betuminosos e misturas asfálticas (BALBO, 2007).

#### **5.1.1 Bases e sub-bases**

Base consiste na camada designada à resistência de esforços verticais exercidas pelos veículos, na qual se distribuem para as camadas inferiores, construindo-se então o revestimento (DNIT, 2017).

Com o objetivo de amenizar as pressões exercidas sobre as camadas da superfície, os processos de bases e sub-bases são realizados de modo que possam obter um bom desempenho na drenagem dos pavimentos. Entretanto, se a camada de base é muito densa, é necessário a divisão em dois tipos de camadas, executando então uma sub-base, para que esse processo seja realizado devido a motivos de origens construtivas e de economia, além de possuir menores custos. Os materiais utilizados nessas camadas podem ser de brita fina, cascalho, material estabilizante, concreto asfáltico, entre outros (BALBO, 2007).

### 5.1.2 Regularização e reforço do subleito

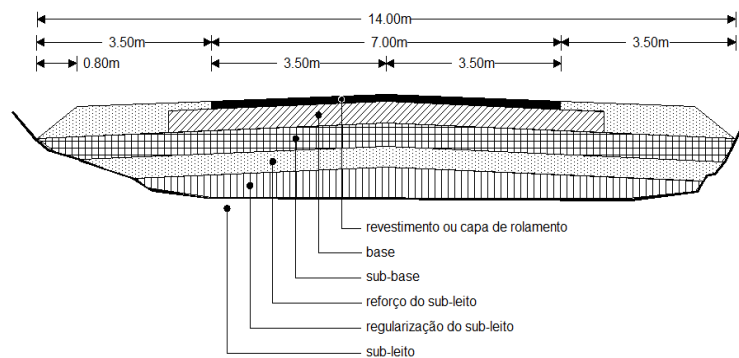
Regularização consiste em uma camada de tamanho irregular, planejada e preparada na parte superior do subleito destinado a compatibilizá-lo na seção transversal e longitudinal de acordo com o projeto, e preferivelmente exercidas em aterros, possuindo aspectos geométricos na superfície, na qual há inclinação transversal no pavimento finalizado.

O reforço do subleito é uma camada construída e moldada sobre a regularização, existindo assim uma maior qualidade tecnológica e menor qualidade em relação a sub-base. Essa camada está relacionada à fundação, então, além de promover resistência, também subdivide os esforços verticais de uma forma moderada (SENÇO, 2007).

### 5.1.3 Subleito

Segundo o glossário de termos técnicos rodoviários (DNIT, 2017), subleitos são definidos como o terreno do solo semi-infinito, que possui serventia de fundação do pavimento. No caso de um terraplenagem realizada a pouco tempo, o subleito possuirá propriedades geométricas fixas. Já no caso de um caminho de terra ser utilizado há tempos, o subleito apresentará um espaço que será irregular, por causa da sua própria utilização e dos serviços de preservação. Os materiais exercidos no subleito são de consistência naturais, compactados e consistentes (SENÇO, 2007).

**Figura 3** - Esquema das camadas de um Pavimento



Fonte: Faleiros, L.M. 2005

## 5.2 PAVIMENTO FLEXÍVEL

O pavimento flexível é caracterizado como aquele que possui uma camada de rolamento asfáltica e de base, podendo possuir mais camadas que são apoiadas sobre a estrada quando a camada de rolamento se adapta na formação da base (DNIT, 2006).

O tipo de nomenclatura usada nos pavimentos flexíveis pode ser denominado de pavimentos asfálticos, pois suas deformações até um certo momento não se rompem. O dimensionamento é por tração e flexão, devido aos esforços que os veículos provocam, levando a deformações permanentes. O material usado neste tipo de pavimento é basicamente composto por concreto asfáltico usinado a quente (CAUQ) (BERNUCCI, 2010).

De acordo com o (DNIT, 2006) o modo de execução do CAUQ é subdividido por partes, com a concordância da norma, sendo assim:

- **Imprimação:** um tipo de ligante consistido em asfalto diluído, CM-30 e CM-70 sobreposto por caminhões que possuem um tipo de bomba de regularização de pressões e um procedimento para aquecimento, depois de ser adensado por uma base e realizar uma espécie de varrição por uma vassoura mecânica. Este ligante tem que causar absorção na base em pelo menos 72 horas, a fim de causar efeito de impermeabilização no solo, por causa da infiltração desse material.
- **Execução da pintura de ligação:** A pintura de ligação deve ser realizada após no mínimo sete dias entre a operação da imprimação e da execução do revestimento; sendo as mais utilizadas a RR-1C e a RR-2C. O propósito da aplicabilidade é estimular as condições de aderência entre a base e o concreto asfáltico usinado a quente.
- **Distribuição do concreto asfáltico usinado a quente:** a distribuição do CAUQ é realizada sob a superfície quando já está feita a imprimação e a pintura, esse processo é executado com ajuda de caminhões basculantes ou vibro acabadoras.
- **Compactação do concreto asfáltico usinado a quente:** Após a realização da distribuição, inicia-se a compactação por bordos, e longitudinais, dando sequência aos caminhos dos eixos da pista. Com o final dela, o tráfego de veículos é aberto após a pista se resfriar.

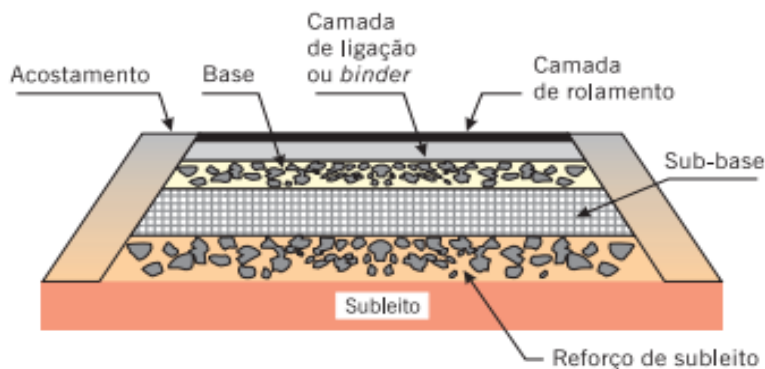
Ainda em relacionado aos materiais utilizados, os agregados possuem cerca de 90% da parte do revestimento, além de resistir ao desgaste sofrido e transferir as cargas que os veículos exercem sobre o solo; enquanto os materiais asfálticos possuem apenas 5% podendo

se estender até a 10%, e possuindo funções de aglutinação e de impermeabilização (BERNUCCI, 2010).

Segundo a norma de Especificação de Serviço de Pavimentos Flexíveis 031/2006-ES (DNIT, 2006), os materiais dos componentes do concreto asfáltico, são os agregados graúdos e miúdos, ligantes asfálticos, filler, sendo correspondentes às classificações admitidas na norma estabelecida. Em relação aos equipamentos utilizados, é necessário que sejam congruentes com a área em que a obra será instalada, considerando as características impostas ao serviço imposto. Os equipamentos são: depósitos para o ligante asfáltico, silos referentes aos agregados, usinas para a mesclagens asfálticas, caminhões com caçambas metálicas para conduzir as misturas, equipamentos de lançamento e acabamento, e por fim equipamentos para realização de compactação.

Segundo Silva (2008), as patologias que podem ocorrer nesse tipo de pavimento são de deformações de corrugação e afundamento, desgaste do asfalto, deslizamento do betume, trincas e fissuras causadas por retração térmica.

**Figura 4** - Corte transversal de um Pavimento flexível



Fonte: Bernucci, 2010.

### 5.3 PAVIMENTO RÍGIDO

Os pavimentos rígidos podem possuir também a nomenclatura de concreto de cimento Portland ou simplesmente concreto-cimento, devido a sua composição ser constituída por placas de concreto de cimento Portland (PCS). Sua formação é gerada através de uma mistura de agregados, areia, cimento e água, que é capaz de ser armada com barras metálicas. Esse

tipo de pavimento, pode se romper sob os esforços de tração e flexão quando estão sujeitos a deformações (BERNUCCI, 2010).

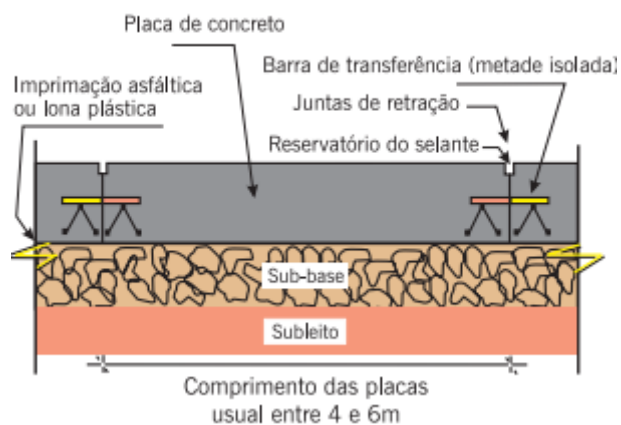
Essas placas de concreto são estruturadas acima do solo da fundação, ou até mesmo acima de uma sub-base, promovendo os cargos de revestimento e de base, e possuindo ou não, propriedades de armações com aço (BALBO, 2009).

Para Araújo (2016), esse tipo de pavimento possui melhor duração e resistências para as ações climáticas, sem a necessidade de manutenções constantes. O subleito pode ser devidamente tratado para fins de sustentabilidade, mas com relação aos aspectos de estabilidade, faz com que esse reforço possa não existir devido a sub-base sustentar tais necessidades. Então, apenas um bom serviço de terraplenagem e de compactação, apresentam bons desempenhos na composição desse pavimento de concreto.

Os tipos de pavimentos rígidos podem ser compostos por diferentes tipos de concreto, sendo eles: simples, simples possuindo barras de transferência, armado, protendido, com armadura contínua e descontínua sem distribuição estrutural. (DNIT, 2016).

Ainda, Silva (2008) ensina que as patologias desse tipo de pavimento são estruturais, que consiste ao atingimento direto na eficiência de suporte as cargas exercidas dos veículos, como por exemplo, as trincas transversais que são estendidas através da espessura que a placa apresenta. Outro tipo de patologia, são as funcionais, que atingem diretamente as condições de segurança e as condições dirigíveis da rodovia, como por exemplo: a rugosidade, o ruído, e a deformidade.

**Figura 1** - Corte longitudinal de um pavimento Rígido



Fonte: Bernucci, 2010.

## 5.4 COMPARAÇÃO ENTRE BASES FLEXÍVEIS E RÍGIDAS

### 5.4.1 Bases flexíveis

As bases flexíveis possuem a estabilidade do solo referentes à execução dos processos físico-químicos da pavimentação. Essas características são recebidas através de bases com solo estabilizado granulometricamente, macadame hidráulico, brita graduada e de macadame betuminoso (SENÇO, 2007).

Segundo o Manual do DNIT (2006), as bases e sub-bases flexíveis e semirrígidas podem ser classificadas como: bases e sub-bases de solo estabilizado, solos granulares possuindo a estabilização granulométrica na qual consiste nas camadas compostas por solo, brita de rocha, escória de alto forno, ou ainda a mistura desses elementos. Essas camadas sempre serão flexíveis e estabilizadas por compactação de materiais, ou da mistura deles quando obtiver uma granulometria adequada.

O macadame hidráulico constitui-se de uma camada de brita de tipo macadame ou de graduação aberta especial, que logo após passar pelo processo de compressão, obtém seus espaços preenchidos com pó de pedra, ou solos com granulometria apropriadas.

Enquanto as bases estabilizadas com aditivo consistem nos mesmos processos de construção e tecnologia das bases granulares, apenas se difere nos tipos de solos, na sua melhoria e modificações com determinados tipos de materiais como: cimento, cal, betume.

### 5.4.2 Bases rígidas

As bases e sub-bases rígidas são aquelas constituintes por uma camada que pode ser de concreto de cimento que apresentam elevada resistência à tração. É um tipo de mistura de agregados, cimento, areia e água no qual são medidos e uniformizados de acordo com o projeto de execução. O concreto pode ser de plástico, no qual seu adensamento é realizado por vibração e pode ser também de concreto magro (DNIT, 2006).

Há um outro tipo de base, denominada macadame de cimento que é desenvolvida de agregados graúdos, com dimensões entre 50 mm e 90 mm, sendo realizado um preenchimento de vazios por materiais de enchimento, a fim de garantir o travamento de pedras. E por último, existe a base de solo cimento que se compõe da mistura do solo com cimento e água,

devidamente regular e compactada que funciona perfeitamente como base de um pavimento. (SENÇO, 1997, p. 23).

Segundo Yoder (1975) apud Balbo (2007), a principal diferença de pavimentos rígidos e flexíveis é a distribuição de esforços aplicadas no subleito, pois, uma carga aplicada sobre um pavimento flexível, emprega um campo de tensões bastante concentrados próximos ao ponto de aplicação dessa mesma carga, e enquanto nos pavimentos rígidos esse campo de tensões é verificado em várias partes, que dividem os efeitos de carga de modo uniforme em todo o decorrer da placa, a qual possibilita menores pressões no subleito.

**Tabela 1 - Terminologia das bases para pavimentação**

		Concreto de Cimento
	Rígidas	Macadame de Cimento
		Solo-cimento
Bases		Granulometricamente
		Solo Estabilizado
		Solo-betume
		Solo-brita
	Flexíveis	Macadame Hidráulico
		Macadame Betuminoso
		Brita Graduada com ou sem cimento
		Paralelepípedos
	Por Aproveitamento	Alvenaria Poliédrica

Fonte: Senço, 1997 (adaptado)

## 5.4 COMPARAÇÃO ENTRE REVESTIMENTOS FLEXÍVEIS E RÍGIDOS

### 5.4.1 Revestimentos flexíveis

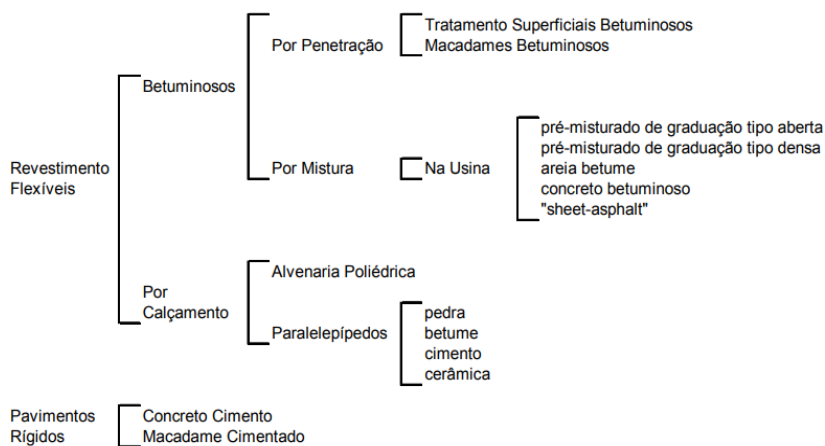
Os revestimentos flexíveis são compostos por um principal tipo de aglutinante, que é o betume, podendo ser de concreto betuminoso, pré-misturado a quente, pré-misturado a frio, de tratamentos superficiais, calçamentos, paralelepípedos, alvenaria poliédrica, blocos de concreto pré-moldados, entre outros. Esses revestimentos são preferíveis pelas pessoas que vão executá-los, ou seja, construtores e projetistas, quando o concreto asfáltico possuir como ligante o asfalto.

O revestimento flexível mais utilizado é o concreto betuminoso usinado a quente, devido a suas misturas de agregados possuírem desempenho nas especificações determinadas, além de o material composto por betume ser adequadamente dosado. Essas misturas são

realizadas em usinas com precisão nos aspectos granulométricos, quantidade de betume e temperatura do agregado, aplicações etc.; é o sistema mais preciso em questões de manejo dos processos de pavimentação.

Outro exemplo de revestimentos, são os pré- misturados a quente que são procedidas em usinas, compostas por alcatrão ou pode ser de agregado e betume. Portanto, possuem classificação menos rígidas em relação as do concreto betuminoso, em relação granulométrica, índices de vazios e até mesmo com ao modo de equilíbrio. O nome tem essa origem, devido aos agregados serem esquentados em temperaturas próximas as de betumes. Já os pré-misturados a frio, se difere dos revestimentos pré- misturados a quente pelo fato do agregado não possuir aquecimento, sendo mantido a temperatura ambiente (SENÇO, 2007).

**Figura 2 - Classificação dos revestimentos**



Fonte: Manual do DNIT, 2006.

#### 4.5.2 Revestimentos rígidos

Os revestimentos rígidos são basicamente um revestimento de concreto de cimento, com a finalidade de resistência a esforços verticais e horizontais as sub-bases, sendo efetuados em vias de importância.

Ao longo do tempo, esses revestimentos foram substituídos dos projetos por revestimentos flexíveis. Esses revestimentos possuem a possibilidade de retorno se for utilizado como óleo combustível, a fim de aquecer os fornos necessários para produzir cimento, porque produz maior economia e redução de petróleo em relação às bases asfálticas (SENÇO, 2007).



#### 4.6 DIMENSIONAMENTO DOS PAVIMENTOS

O método de dimensionamento é realizado a fim de designar as camadas existentes no pavimento, com a finalidade de resistência, transmissão, e distribuição das cargas exercidas da passagem do tráfego, de modo que o pavimento não sofra ruptura, deformações e desgastes na superfície (SENÇO, 2007).

Para o dimensionamento de pavimentos flexíveis, devido a obter boas condições de resistência, a ruptura possui menor divisão de pressões exercidas sobre o subleito, porém, deve-se escolher os materiais adequados para o processo de pavimentação.

Há duas alternativas para esse dimensionamento: os métodos empíricos ou teóricos. Os métodos empíricos são compostos por fórmulas, coeficientes e constantes, a modo de comparar as conclusões de cálculo geradas nas etapas conclusivas do pavimento, a fim de uniformizar os resultados, gerando maior compatibilidade com essas variáveis. Os métodos teóricos, são geralmente empregados na teoria de Boussinesq, no qual é possível aceitar o subleito sendo um modelo de semiplano que possui início, mas não tem fim, possuindo continuidade, homogeneidade, isotropia, elasticidade e linearidade. Esses dimensionamentos de pavimentos flexíveis devem obter várias especificações referente ao método, sendo alguns deles: método da PMSP, método francês, método de Shell, método do Texas, método da AASHTO, método do DNER, métodos teóricos, método de Ivanov, entre outras formulações e teorias.

E no dimensionamento de pavimentos rígidos, por ser sensíveis à flexão, não podem obter deformações sem o seu rompimento, exercendo os esforços de tração que são determinantes para o método de cálculo. Para esse dimensionamento são realizados formulações e métodos, sendo eles: método de PCA, método da AASHTO, método de resiliência, entre outras formulações e teorias (SENÇO, 2007).

#### 4.7 MANUTENÇÃO DOS PAVIMENTOS

Para Neto (2011), a manutenção do pavimento é realizada quando já não possui mais suas funcionalidades de uso, apresentando desgastes e outras patologias. Para isso, é essencial determinar a quantidade e frequência de serviços que serão efetuados para o mantimento de suas propriedades.

Os responsáveis para a identificação das manutenções que deverão ser realizadas são os órgãos gestores, que determinam as condições em que os veículos possam obter conforto de rolamento, segurança, e economia no tráfego, atendendo as condições impostas que a via possui (COSTA, 2017).

A manutenção do pavimento flexível depende dos reparos diários de deformidades, que têm impactos gerados com o aparecimento de trincas, desgastes superficiais, e imersões plásticas, gerando interferência nas condições de serventia e possibilitando uma restauração no pavimento. As técnicas utilizadas para a manutenção desse tipo de pavimento podem ser de remendo superficial, remendo profundo, lama asfáltica e tratamentos superficiais.

Referente a manutenção de pavimentos rígidos, estes possuem todas as técnicas utilizadas, e tem como objetivo estimular o conforto de rolamento e a proteção da via, tornando-a possível com a restauração das condições iniciais prevista no projeto. As técnicas para essa manutenção são deferidas como recapeamento em C.C.P, recapeamento em concreto asfáltico, reciclagem do pavimento (COSTA, 2017).

#### 4.8 CUSTOS ECÔNOMICOS

Os custos econômicos consistem no gerenciamento de mão de obra, tráfego dos veículos, equipamentos utilizados e vários tipos de despesas. Essa mão-de-obra é realizada por engenheiros, técnicos administrativos e por pessoas que executam os demais serviços gerais (DNIT, 2017).

Ainda de acordo com o DNIT (2017), os custos para o implante de pavimentos flexíveis, cuja pistas com tamanhos de 3,6 metros e com 2,5 metros de acostamento, de material de concreto asfáltico usinado a quente de 10 centímetros de espessura, obtém um valor estimado de R\$ 3.159.000,00 por km. Nos casos de pavimentos rígidos, o custo para a implantação, cujas pistas com tamanhos de 3,6 metros e com 2,5 metros de acostamento, com os revestimentos feitos de pavimentos de concreto simples, e 18 centímetros de espessura, é de aproximadamente R\$ 5.430.000,00 por km.

Assim, referentes aos dados mencionados, a comparação dos custos entre os pavimentos rígidos em relação aos flexíveis é em média R\$ 2.271.000,00, média de 40 e 45 % mais cara.

#### 4.9 TEMPO DE DURAÇÃO DOS PAVIMENTOS

Conforme o dimensionamento de projetos de pavimentos rodoviários, os pavimentos flexíveis possuem limitações de um período médio de 10 anos, entretanto os pavimentos rígidos, possuem em média de 20 a 30 anos, se possuir os devidos cuidados no modo de uso.

O Departamento de Estradas do Estado da Califórnia ainda determina um prazo mínimo de 20 a 40 anos para novas construções ou reestruturações, obedecendo os níveis do tráfego que a rodovia estará sujeita (MELLO; FARIAS; PREUSSLER, 2016).

Apesar de maior tempo de duração, o custo dos pavimentos rígidos está acerca de 30% mais caro em relação aos pavimentos asfálticos.

Os motivos cruciais de degradações exercidas nos solos flexíveis são ocasionados por desgaste em relação ao tempo de utilização da via e das cargas em excesso sobre eles. O seu tamanho de revestimento é geralmente de 5 a 20 centímetros, conforme o tráfego exercido. O tempo de vida dos materiais utilizados, pode ser determinado em relação a cargas pesadas de caminhões ou excesso de chuva. No Brasil, o asfalto possui duração de 10 anos, porém com as normas de manutenção não cumpridas, dura aproximadamente 6 anos (ARAÚJO, 2016).

### 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Relacionado aos componentes estruturais necessários, para os pavimentos flexíveis, são mais complicados em relação aos pavimentos rígidos, devido ao modo de maior contato entre as camadas absorvidas no solo. Para a distribuição dos esforços nos rígidos, existe mais rigor no método de construção das suas camadas, no qual o seu suporte é definido por sua fundação que consiste em aguentar as tensões exercidas pela passagem de veículos.

Na pavimentação rígida, a fundação é menos requerida, por causa da distribuição de cargas, obtendo um melhor custo benefício em atividades como o forço do subleito, que são comumente primordiais a pavimentação flexível. As estruturas rígidas possuem um maior controle, referente a virtude de seus materiais, métodos e implantações do que as estruturas flexíveis, no qual gera maiores gastos com os projetos.

Referente ao processo de manutenção, o melhor tipo de pavimento para resistir aos esforços provocados pelo desgaste, são os rígidos, por possuir um mecanismo resistente a oxidação, deformações plásticas, entre outras; garantindo uma estrutura mais durável, com poucas reparações no dia a dia. Que já nos pavimentos flexíveis são necessárias as vistorias

com maior frequência para a manutenção, devido a possuir deformações exercidas. Concluindo então este aspecto de manutenção, os pavimentos rígidos possuem um custo mais barato e viável, por causa da execução de sua manutenção ser mínima, relacionadas ao seu ciclo de vida útil, que é muito maior do que a vida útil dos pavimentos flexíveis, promovendo fluxos de tráfego constantes com maior duração e conforto para os usuários.

Em relação aos custos econômicos consistentes no gerenciamento de mão de obra, a comparação entre os pavimentos rígidos em relação aos flexíveis, possui uma diferença de R\$ 2.271.000,00. Assim, a média é ao redor de 40 e 45 % mais caras. Sendo assim, os pavimentos flexíveis possuem obviamente mais viabilidade no quesito de custos econômicos.

Levando em conta as considerações do método de dimensionamento de um pavimento, é extremamente relevante, porque são considerados como método de cálculo as particularidades dos esforços solicitantes, e das cargas exercidas pelos veículos. Em relação a pavimentação flexível, o método de dimensionamento possui melhores elaborações sendo mais favoráveis, por causa dos investimentos metodológicos ser mais empregados ao longo do tempo, apesar de que são realizados vários tipos de abordagens, possuindo vários tipos de resultados. Enquanto nos pavimentos rígidos, o dimensionamento é pouco próspero, obtendo aspectos funcionais limitados. E em comparação com a duração da vida útil das estradas, o pavimento rígido possui uma média de 10 a 20 anos a mais dos pavimentos flexíveis, sendo assim nesse aspecto, mais viável.

## **6 CONCLUSÃO**

A importância da pavimentação em uma rodovia, é imprescindível para assegurar o conforto de rolamento, a prevenção de acidentes e tempos gastos com as viagens, promovendo assim um pavimento com qualidades necessárias para atender o conforto dos usuários.

O foco predominante referente à realização desse estudo, foi a verificar a comparação entre os pavimentos rígidos e flexíveis. Referente aos dados apresentados pode se chegar à conclusão de que os dois gêneros possuem viabilidade para a implantação das rodovias no Brasil, pois isso depende das características em questão, dos tópicos econômicos, dos aspectos exercidos nas condições e características do local de implementação, assim, baseado

nos dados expostos, conclui-se que os dois tipos de pavimentos possuem virtudes e características para atender as especificações requeridas em uma implantação rodoviária.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Marcelo Almeida [1], SANTOS, Martha Jussara Paixão dos [2], PINHEIRO, Heunbner Pereira [3], CRUZ, Zoraide Vieira [4] ARAÚJO, Marcelo Almeida; et. al. Análise Comparativa de Métodos de Pavimentação – Pavimento Rígido (concreto) x Flexível (asfalto). **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento**. Ano 01, Edição 11, Vol. 10, pp. 187-196, Novembro de 2016. ISSN: 2448-0959. Disponível em <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/metodos-de-pavimentacao>. Acesso em 05 de out. 2019.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro, 2008.

BRASIL. DNIT. **Manual de Pavimentação. Publicação IPR-719**. Disponível em [http://www1.dnit.gov.br/arquivos\\_internet/ipr/ipr\\_new/manuais/Manual%20de%20Pavimenta%20E3o\\_05.12.06.pdf](http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual%20de%20Pavimenta%20E3o_05.12.06.pdf). Acesso em 30 de out. 2019.

BRASIL. DNIT. Vol. 10. **Manuais Técnicos**. 2017. Disponível em <http://www.dnit.gov.br/custos-e-pagamentos/sicro/manuais-de-custos-de-infraestrutura-de-transportes/volume-10-manuais-tecnicos/volume-10-manuais-tecnicos>. Acesso em 30 de out. 2019.

COSTA, Clauber et al. O uso de reciclagem de pavimentos, como alternativa para o desenvolvimento sustentável em obras rodoviárias no Brasil. **Revista Traços**, v. 12, n. 26, 2017.

FILHO, José Moacir de Mendonça; ROCHA, Eider Gomes de Azevedo. Estudo Comparativo entre Pavimentos Flexível e Rígido na Pavimentação Rodoviária. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 03, Ed. 06, Vol. 02, pp. 146-163, Junho de 2018. ISSN:2448-0959 SITE: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/pavimentos-flexivel#221-Pavimento-flexivel>. Acesso em 01 de nov. 2019.

MARQUES. Geraldo Luciano de Oliveira. **PAVIMENTAÇÃO TRN 032** Versão: 2006 . Disponível em <http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2009/03/Notas-de-Aula-Prof.-Geraldo.pdf>. Acesso em 04 de nov. 2019.

MEDINA, J. **Mecânica dos Pavimentos**. 1ª edição, 380 p. Rio de Janeiro-RJ, Editora UFRJ, 1997.

MELLO, Luiz Guilherme Rodrigues de; FARIAS, Márcio Muniz de; PREUSSLER, Ernesto Simões; PREUSSLER Rodrigo. Análise do impacto do período de projeto de pavimentos no custo global de obras rodoviárias. **Revista Transportes**. Vol. 24, nº 4, 2016.

NETO. Guilherme Loreto Guimarães. **Estudo comparativo entre a pavimentação flexível e rígida**. Monografia. Universidade Da Amazônia – UNAMA Centro De Ciências Exatas E

Tecnologia – Ccet Curso De Engenharia Civil. Disponível em <http://livrozilla.com/doc/794724/estudo-comparativo-entre-a-pavimentacao-flexivel>. Acesso em 18 de setembro de 2019.

SANTANA, H. **Manual de pré-misturado a frio**. IBP. Rio de Janeiro: Comissão do Asfalto, 1993.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimento**. 2 ed. Ampl., São Paulo: Pini, 2007.

SILVA, Paulo Fernando A. **Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos**. 2 ed. São Paulo:Pini, 2008.