

# A importância da composição da massa asfáltica para um bom desempenho

## The importance of asphalt mass composition for a good performance

Diego Henrique Motta Eiras<sup>\*†</sup>, Luanderson Teles Pereira<sup>†</sup>, Pedro Nóbrega da Costa Paiva<sup>†</sup>, Gustavo José da Costa Gomes<sup>‡</sup>

**Como citar esse artigo.** Eiras, DHM; Pereira, LT; Paiva, PNC; Gomes, GJC. A importância da composição da massa asfáltica para um bom desempenho. Revista Teccen. 2018 Jul./Dez.; 11 (2): 65-72.

### Resumo

O presente artigo aborda os tipos de composição asfáltica existentes e a resistência que possuem em estradas de grande movimentação. O que define a resistência de uma massa asfáltica é a qualidade de materiais empregados bem como a quantidade de todos os materiais utilizados aliados a técnicas desenvolvidas por engenheiros especializados no assunto. O asfalto tem sido o principal material cimentante utilizado na construção de rodovias e vias urbanas. Entretanto, os aumentos do número de veículos comerciais e da carga transportada por eixo, entre outros fatores, contribuem para a ruptura prematura dos pavimentos, resultando em aumento dos custos de manutenção, engarrafamentos e atrasos aos usuários. O aumento do interesse pelo desenvolvimento de materiais mais resistentes para os pavimentos rodoviários se insere no contexto da melhoria das condições das vias a partir da diminuição dos defeitos funcionais e estruturais. As deformações permanentes podem ser decorrentes das solicitações de cargas elevadas associadas a elevadas temperaturas, enquanto o alto grau de trincamento pode decorrer da fadiga dos revestimentos quando não são utilizados materiais, dosagens e projetos adequados. O transporte viário de cargas é de grande volume diário e a pavimentação malfeita com materiais de qualidade ruins aliados a uma crise de responsabilidade política em nosso país, faz com que o asfalto mal feito gere transtornos gravíssimos como acidentes e retrabalho para o setor de Obras do DNER.

**Palavras-Chave:** Asfalto; Filler; Ligante asfáltico; Massa asfáltica.

### Abstract

The current work will address the existing types of asphalt composition and the resistance they have on high traffic roads. What defines the strength of an asphalt mass is the quality of materials employed as well as the quantity of each material used allied to techniques developed by engineers specialized in the subject. Asphalt has been the main cement material used in the construction of highways and urban roads. However, the increase in the number of commercial vehicles and the axle load, among other factors, contribute to the premature rupture of pavements, resulting in increased maintenance costs, traffic jams and delays to users. Increased interest in the development of more resilient materials for road pavements is part of the improvement of road conditions by reducing functional and structural defects. Permanent deformations may be due to the high load demands associated with high temperatures, while the high degree of cracking may result from the fatigue of the coatings when suitable materials, dosages and designs are not used. The road transport of cargoes is of great daily volume and the paving badly done with quality materials runs allied to a crisis of political responsibility in our country, makes that the asphalt poorly done generate very serious inconveniences like accidents and rework for the sector of Works of the DNER.

**Keywords:** waste, reuse, bioethanol, fruit, green chemical.

### Introdução

Segundo a Confederação Nacional de Transportes - CNT (2016), o transporte rodoviário no Brasil representa cerca de 90 % de transportes de passageiros e 60 % de transporte de cargas. Devido a péssimas condições das estradas com presença de buracos, desníveis tornam-se justificável o interesse pelo

desenvolvimento de materiais mais resistentes para uso em pavimentos rodoviários. Ainda, existe demasiada preocupação quanto a durabilidade e sustentabilidade na formação do asfalto, que se não possuir boa constituição pode gerar defeitos, que irão sujeitar muitos usuários a eventos adversos.

Bernucci et al. (2008) relatam que os principais defeitos estruturais dos pavimentos asfálticos são as

Afiliação dos autores: <sup>†</sup> Graduando em Engenharia Civil pela Universidade de Vassouras

<sup>‡</sup> Doutorando em Engenharia Química, Materiais e Metalurgia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

\* Email: luan-tp@hotmail.com

deformações permanentes, encontradas nas trilhas de roda, e as trincas por fadiga, cada um associado a uma etapa da vida em serviço do pavimento. As deformações permanentes geralmente aparecem nos anos iniciais, antes do enrijecimento que acompanha o processo de envelhecimento dos pavimentos asfáltico, causadas por consolidação ou ruptura plástica por cisalhamento, podendo ser, também, decorrentes das solicitações de cargas elevadas associadas a altas temperaturas. Já as trincas por fadiga manifestam-se normalmente quando o pavimento asfáltico está mais envelhecido, após ter sido submetido às cargas cíclicas do tráfego, podendo ocorrer, também quando não se utilizam materiais adequados ou o projeto correto.

Buracos, ondulações, fissuras e trincas são alguns dos defeitos mais comuns encontrados em mais da metade das rodovias pavimentadas do Brasil. O pavimento executado com asfalto, mais comum no país, tem vida útil estimada entre 8 e 12 anos. Mas, na prática, os problemas estruturais começam a aparecer bem antes: em alguns casos, apenas sete meses após a conclusão da rodovia (Oda, 2000).

## Objetivos

Este artigo foi elaborado levando-se em conta estudos referentes aos tipos de pavimentação asfáltica usadas nas rodovias no Brasil e a durabilidade do asfalto observando as técnicas utilizadas por setores de engenharia de obras e as possibilidades de melhoria sugeridas por engenheiros pesquisadores.

Diante o cenário da realidade brasileira, as questões que nortearam o estudo foram: por que os asfaltos não apresentam durabilidade adequada? Quais

os melhores tipos de massa asfáltica para gerar um bom desempenho?

## Conceituação histórica

Bernucci *et al.* (2008) descrevem que o asfalto surgiu no mundo em datas que antecedem 3000 a.C., onde seu uso era para contenção de reservatório e foi visto também 600 e 625 a.C., onde documentada a primeira estrada feita de piche retirado de lagos pastoso. Os romanos construíram, onde hoje é a Inglaterra, um sistema de estradas entre os anos 100 e 400, que ainda é considerado um modelo a ser seguido. Em 1498, em expedição comandada por Sir Walter Raleigh, foi descoberto o maior lago natural de asfalto do mundo, o famoso lago de piche da Ilha da Trindade. Na América, foi a primeira fonte de asfalto conhecida, até a descoberta do Lago Bermudez, na Venezuela.

Ainda o mesmo autor, relata que desde 1909 a matéria prima usada para fazer asfalto é o petróleo e no Brasil, as primeiras vias asfaltadas datam de 1952 entre as cidades de Cordeirópolis e São Carlos, no estado de São Paulo, no que viria a se tornar o que hoje é a rodovia Washington Luiz. Edmar Vianna foi o pioneiro da indústria asfáltica no Brasil, especificamente na cidade de Ribeirão Preto em São Paulo.

A Confederação Nacional de Transportes (2016) relata que o Brasil apresenta uma defasagem de 40 anos nas tecnologias de construção de ferrovias e a maioria de nossas ferrovias foram construídas na década de 60. Desde então não ocorreram mudanças nos tipos de pavimentação utilizadas em nossas rodovias, mesmo sabendo que os números de veículos de carga e de passageiros aumentaram significativamente de 2,5 milhões e meio para 42 milhões de veículos circulando pelas rodovias.

**Figura 1.** Representação das camadas de espessuras finitas.

	Tipo de material	Tipo de Camada
Pavimento	Misturas Betuminosas	Camada de Desgaste
	Misturas Betuminosas	Camada de Regularização
	Misturas Betuminosas Materiais Granulares	Camada de Base
	Materiais Granulares Solos Tratados Solos Seleccionados	Camada de Sub-Base
Fundação	Materiais Granulares Solos Tratados Solos Seleccionados	Leito do Pavimento
	Aterro	
	Terreno Natural	

No caso das rodovias o pavimento é a estrutura superior, formadas por variadas camadas finas, assentadas sobre um espaço semi dividido, que na teoria é considerado infinito (terreno de fundação ou infraestrutura), a qual se designa o subleito (Gusmão, 2009) (figura 1).

A maior parte do material que constitui o subleito é de origem natural, consolidado, compactado ou composto por material transportado e compactado, sua regularização é uma camada de espessura irregular construída sobre o mesmo, com o intuito de conformá-lo, transversal e longitudinalmente com o projeto. O aterro é o local de preferência para a execução do mesmo, pois evita-se execução de cortes complexos no material da “casca” já compactada pelo tráfego, substituição por uma camada já compactada naturalmente por uma camada a ser compactada e o desgaste desnecessário do equipamento de escarificação (Gusmão, 2009).

Uma camada de espessura constante forma o subleito que é construído após a camada de regularização. É feito com materiais de alta qualidade, superiores às de regularização e inferiores às das camadas imediatamente superiores, formando a sub-base (Senço, 2007).

A base tem como objetivo resistir aos impactos oriundos do trânsito e redirecionar para as variadas camadas. O pavimento pode ser considerado composto por base e revestimento, sendo que a base poderá possuir o complemento da sub-base, e/ou reforçado pelo subleito. A sub-base, logo, é considerada a camada complementar à base, não existe viabilidade ou necessidade de construir a base diretamente sobre a camada de regularização ou reforço do subleito (Senço, 2007).

As opções de camada asfáltica são as usinadas a quente e em nosso país o uso abundante é de concreto asfáltico (CA) popularmente conhecido como concreto betuminoso usinado quentede sigla CBUQ. Sua composição é confeccionada por uma mistura de agregados de tamanhos diversos e compostos betuminados a base de hidrocarbonetos, assim aquecidos a uma temperatura determinada pelo seu traço fornecido por profissionais capacitados, visando assim cada singularidade de suas faixas no pavimento. A granulometria dos materiais é de suma importância para o bom desempenho do produto final. Já na outra opção, os pré-misturados à temperatura ambiente, a liga fica a serviço da emulsão asfáltica no intuito de fazer a mistura dos agregados. Afim de atender requisitos básicos como o arranjo do esqueleto mineral, volume dos materiais e sua resistência mecânica já previamente estipuladas, sendo feitos sem aquecimento de agregados. No caso do ligante pode se usar um leve aquecimento (Bernucci *et al.*, 2008).

Sem fiscalização adequada e sem recursos de recapeamento a altura das necessidades urgentes que se apresenta, o caos nas rodovias asfaltadas se torna visível para aqueles que precisam trafegar diariamente.

Consequentemente a lentidão no tráfego de cargas gera problemas como aumento da violência gerando também custo maior nos fretes. Quando há a abordagem de tipos e técnicas de massa asfáltica para se obter maior durabilidade, pois estamos mostrando um cenário mais abrangente do caos das rodovias, uma vez que os fatores estão interligados direto ou indiretamente causando impacto do nosso país.

## Estudo da composição da Massa Asfáltica

Antes de abordar especificamente os tipos de massa asfáltica, é necessário levar em consideração as diferentes conceituações sobre pavimentação na concordância com alguns especialistas. Em obras de engenharia civil como construções de rodovias, aeroportos, ruas, etc, a superestrutura é constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assente sobre o terreno de fundação, considerado como semi-espaço infinito e designado como sub-leito, como descreve Senço (1997).

Para Specht (2004), pavimento é uma estrutura construída após a terraplanagem por meio de camadas de vários materiais de diferentes características de resistência e deformabilidade. Esta estrutura assim constituída apresenta um elevado grau de complexidade no que se refere ao cálculo das tensões e deformações, em contrapartida, Gusmão (2009) diz que é uma estrutura construída sobre a superfície obtida pelos serviços de terraplanagem com a função principal de fornecer ao usuário segurança e conforto, que devem ser conseguidos sob o ponto de vista da engenharia, isto é, com a máxima qualidade e o mínimo custo.

Segundo a NBR-7207/82 (1992) da ABNT, tem-se a seguinte definição: “O pavimento é uma estrutura construída após terraplanagem e destinada, econômica e simultaneamente, em seu conjunto, a: a) Resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego; b) Melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança; c) Resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento”.

No Brasil, mais de 99 % da malha rodoviária pavimentada é de pavimento flexível. O tempo de vida útil desse tipo de pavimento pode variar entre 10 e 20 anos, dependendo do projeto e da realização de manutenção adequada.

A viabilidade econômica é o grande entrave para a execução e conclusão de pavimento nas cidades brasileiras. O pavimento rígido (concreto) e flexível (asfalto) são os tipos de pavimentos mais utilizados no sistema viário brasileiro.

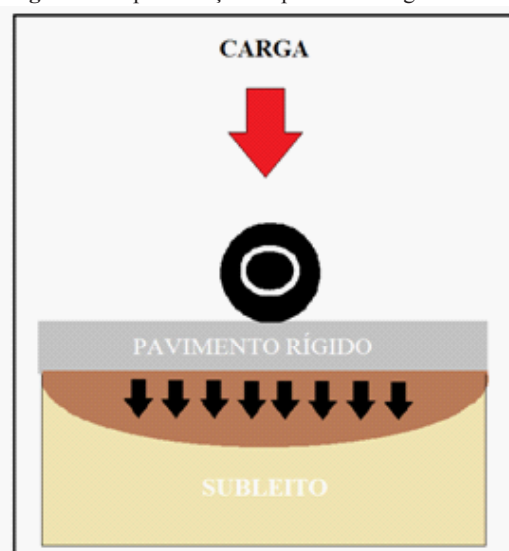
O pavimento rígido é associado ao concreto de cimento, sendo um revestimento feito de placas de

concreto que podem ser armadas ou não com barras de aço, apoiada geralmente sobre uma sub-base de material granular ou de material estabilizado com cimento. A espessura é fixada em concordância da resistência à flexão das placas de concreto e das resistências das camadas subjacentes.

O pavimento rígido (figura 2) é formado pela camada de desgaste feita com uma laje de betão e estruturado de forma mais simples quando comparado ao pavimento flexível, considerando que as camadas de revestimento e base são unidas em uma única, que desempenham as mesmas funções que suas equivalentes na pavimentação asfáltica, necessitando apenas de mais uma camada de sub-base e possível regularização do subleito (Reis, 2009). No que tange as solicitações de tráfego, estas camadas atendem de forma divergente ao método de pavimentação asfáltico tradicional, devido sua constituição (Bernucci *et al.*, 2008). A seguir, uma ilustração de uma seção típica de um pavimento rígido.

Os pavimentos flexíveis (figura 3) em sua maioria

**Figura 2.** Representação de pavimento rígido.



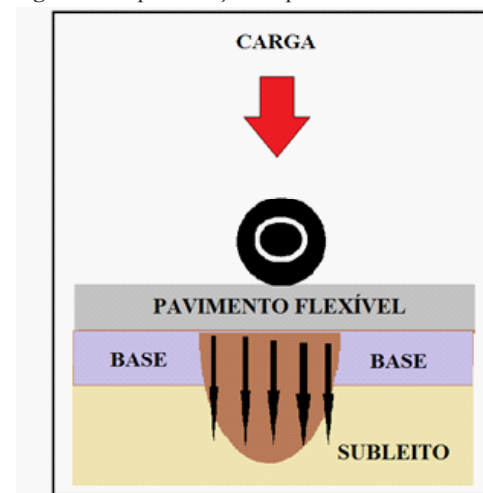
Fonte: Próprios autores, 2018.

são associados às misturas asfálticas compostas basicamente de adidos e ligantes asfálticos. Este tipo de pavimento é uma das soluções mais tradicionais e utilizadas na construção e recuperação de vias urbanas, estradas e rodovias.

O pavimento Rígido resiste, em média, de 25 a 30 anos, em boas condições, se receber os cuidados necessários. Em contrapartida, o custo chega a ser 30 % mais caro se comparado ao pavimento flexível, oscilando de região para região.

Para o Pavimento Flexível, os principais motivos pelos quais aparecem degradações são devidos ao desgaste pelo tempo de uso da via e cargas excessivas aplicadas sobre ele.

**Figura 3.** Representação de pavimento flexível.



Fonte: Próprios autores, 2018.

Variando de oito a 12 anos de duração, a espessura da camada permite-se ser de cinco, 15 ou 20 centímetros, também concordando com o fluxo de veículos. O excesso de peso dos caminhões, assim como chuva em demasia, pode diminuir o tempo de vida do material. No Brasil, o asfalto é feito para durar cerca de 10 anos, mas, devido à falta de manutenção resiste muitas vezes apenas seis anos.

O único material importante que resta ser citado é o aglomerante betuminoso, que realiza a interação entre os aglomerados à altas temperaturas ou tratados especialmente, é derivado do petróleo, retirado de reservas finitas da natureza (Bernucci *et al.*, 2008).

Em pavimentação são aplicados frequentemente: "... Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) (figura 4): São classificados de acordo com ensaio de penetração, sendo os tipos mais produzidos no Brasil CAP 50/60, CAP85/100, CAP 100/120 e CAP 150/200. São empregados na capa de rolamento do pavimento e as vezes na camada de ligação ("binder"). Devem ser aquecidos em usinas, numa faixa de temperatura adequada, pois no clima natural apresentam consistência sólida" (Bernucci *et al.*, 2008, p.309).

"Asfalto Diluído: São diluições de cimentos asfálticos de petróleo em solventes de petróleo de volatilidade apropriada. Empregados em serviços de pavimentação do tipo imprimação e/ou pintura de ligação. Os diluentes devem evaporar totalmente, deixando apenas o resíduo asfáltico, processo esse denominado de CURA. Emulsão Asfáltica: São obtidos através da combinação da água com o asfalto aquecido, em meio intensamente agitado e na presença de agentes chamados de emulsificantes, que por fim tem a finalidade de dá estabilidade a mistura, favorecer a dispersão e resistir os glóbulos de betume com uma película protetora, mantendo-os em suspensão" (Bernucci *et al.*,

**Figura 4.** Representação do cimento asfáltico de petróleo (CAP).

Fonte: Próprios autores, 2018.

2008, p.310).

O cimento Portland é o principal componente da pavimentação rígida, contudo os aglomerantes hidráulicos podem ser utilizados em alguns pavimentos flexíveis. É necessário um controle mais rigoroso dos materiais empregados na pavimentação rígida visto que o aço influencia no mesmo, imbuindo de maior responsabilidade no surgimento de possíveis patologias em comparação ao pavimento flexível (que possui também controle rigoroso de qualidade, contudo os ensaios são realizados em usinas, impossibilitando assim falhas) (Bernucci *et al.*, 2008).

São destinados ao pavimento rígido, os cimentos Portland do tipo CP-I (Portland Comum), CP-II (Portland Composto), CP-III (Portland de Alto Forno) e CPIV (Portland Pozolânico). As barras de transferência feitas de aço devem ser obrigatoriamente lisas e retas tipo CA-25, nas de ligação utiliza-se o CA-50, mas admite-se, o emprego do CA-25. Consumo mínimo de cimento de 320 kg/m<sup>3</sup> e uma relação de água/cimento de no máximo 0,5 l/kg (DER/PR, 2005).

As camadas que constituem o pavimento rígido são: camada de desgaste, que é a camada estrutural do pavimento, que realiza o suporte, redistribuição e transferência para as camadas inferiores das tensões advindas do tráfego. Apresenta características de drenagem e impermeabilidade, com superfície regular de modo que o tráfego possa circular com segurança e economia; A camada de base que tem como principal função realizar o apoio à laje de betão, a mesma é formada por material granular extenso (brita) que tem por finalidade uniformizar os esforços advindos da laje e transmiti-los à camada inferior; e a camada de sub-base,

que pode não existir, por ser uma camada complementar à base. Objetiva impedir que as águas capilares atinjam a base, garantindo, portanto boas condições de utilização e reforço importantíssimo. É constituída por solos ou materiais granulares (granulometria grosseira, permeáveis e com características de resistência e deformabilidade compatíveis). Podem ser construídos em betão com juntas, betão com juntas e espaçadores, betão armado com juntas e betão armado contínuo (Reis, 2009).

Gusmão (2009) relata que os tipos de solo, a quantidade de materiais utilizados para a formação do asfalto bem como a quantidade são fatores determinantes destas características para o bom desempenho do asfalto. A parte de capas asfálticas é liberada para serem fabricadas em especificadas usinas (misturas usinadas), sendo elas fixas ou móveis, também podendo ser preparada no local de aplicação denominada tratamentos superficiais. Para se diferenciar os revestimentos olha-se o tipo de ligante usado: faz-se uso do CAP na mistura a quente e EAP no uso à temperatura ambiente. A distribuição de granulometria das misturas usinadas se tem da seguinte forma: abertas, alta densidade, descontínuas e contínuas.

Ocorrendo a confecção da massa, a mesma é transportada por veículos pesados para o devido local de aplicação na qual é aplicada pelo equipamento adequado, a vibroacabadora, afirma Oda (2000). Dando continuidade, a massa é compactada através de rolos pneumáticos e também de chapa lisa até atender os padrões necessários de estabilidade dos materiais na rodovia.

Bernucci *et al.* (2008) descrevem em seu trabalho

que para o bom desempenho de um pavimento asfáltico é necessário a utilização de equipamentos de qualidade e de técnicas de projeto e construção apropriadas. Falhas precoces na serventia dos pavimentos geralmente estão associadas a defeitos observados na superfície da camada de rolamento, tais como:

Irregularidades longitudinais devido à falta de controle de acabamento das camadas;

Degradação generalizada durante a época de chuvas, devido à compactação inadequada, baixa resistência à água ou deficiência de ligante na mistura asfáltica;

Desagregação devido à segregação durante produção, transporte ou aplicação do composto asfáltico;

Exsudação devido ao excesso de ligantes asfáltico e baixa resistência ao escoamento do revestimento;

Trilhas de roda devido ao afundamento do revestimento, das camadas do pavimento e/ou acúmulo de água no subleito.

Trincamentos devido à espessura delgada do revestimento ou a falhas construtivas durante a aplicação e compactação das camadas da estrutura.

Iniciando um bom pavimento, a terraplanagem (figura 5) sempre tem que ser exemplar, sendo compactada e pronta para aguentar o pavimento que esta por vir acima. Subleito tem por si uma obrigação de estar bem compactado e é derivado do solo natural do local. Na segunda camada posicionada acima chamada sub-base com altura de 20 cm, tem sua formação com os materiais brita de bitola grande e cascalho. A execução da terceira camada vêm com a compactação dos materiais cascalho e pedregulho com o intuito de seder a faixa asfáltica uma estabilidade maior, afirma Bernucci et al. (2008).

Uma vez os itens supracitados feitos de maneira

**Figura 5.** Terraplanagem do terreno.



Fonte: Rondonia.ro.gov.br <acesso em 18/04/2018>

correta, se chegará a uma pavimentação com qualidade e durabilidade. Além do mais é necessário que se cumpra todas as etapas de um projeto de pavimentação para que a obra seja bem sucedida.

Pavimentar uma via de circulação de veículos é obra civil que enseja, antes de tudo, a melhoria operacional para o tráfego, na medida em que é criada uma superfície mais regular (garantia de melhor conforto no deslocamento do veículo), uma superfície mais aderente (garantia de mais segurança em condições de pista úmida de molhada), uma superfície menos ruidosa diante da ação dinâmica dos pneumáticos (garantia de melhor conforto ambiental em vias urbanas rurais), seja qual for a medida física adotada, afirma Gusmão (2009).

## Análise e investigação comparativa

Segundo dados da Confederação Nacional de Transportes (2016), na questão de rodovias o Brasil ainda deixa a desejar, ainda mais quando confrontado com outro país de mesma escala. Colocando números de nossos pavimentos, em 1000 km<sup>2</sup> temos apenas 25 km de rodovias pavimentadas. Na tabela 1 demonstram-se países com dimensões semelhantes a do Brasil e suas respectivas quilometragens de rodovias pavimentadas por 1.000 km<sup>2</sup>, dados da pesquisa CNT (2016).

Com o vasto crescimento da esquadra de veículos no país e a falta de seguimento nas obras de pavimentação, a rodagem dos veículos inicia o desgaste acelerado dos pavimentos existentes no país. No mês de julho de 2006 ao mês de junho de 2016, crescimento da frota de 110,4 % e as rodovias federais um acréscimo de 11,7 %.

O estado dos pavimentos no Brasil não são de qualidade. Hoje o país ocupa a 111<sup>a</sup> posição no ranking de competitividade global do Fórum Econômico Mundial, na pauta qualidade da infraestrutura rodoviária. O ranking pesquisou 138 países. No continente da América do Sul, Chile em 30<sup>a</sup>, Uruguai em 98<sup>a</sup> e Argentina na colocação 103<sup>a</sup> ocupam as melhores posições como citados na Tabela 2 abaixo. Novas formas de conservação de rodovias são feitas através de empresas do ramo rodoviário, trazendo assim uma melhor infraestrutura para rodagem dos veículos.

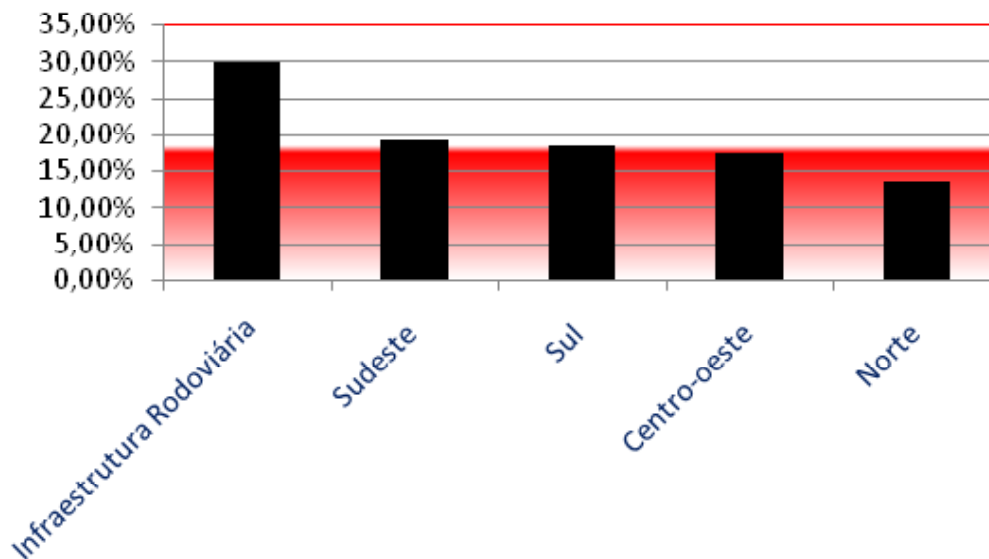
## Resultados

A pavimentação rígida é a mais utilizada em nossas rodovias brasileiras e captam a maior parte da carga, contudo, a pavimentação flexível apresenta menor impacto com relação a força da carga, como afirma Gusmão (2009). Na pavimentação flexível a camada que está no nível inferior da superfície é

**Tabela 1.** Densidade de malha rodoviária nos países citados.

<b>CNT (2016) – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE</b>		
USA são 438,1 km por 1.000 km <sup>2</sup> de área.	China, 359,9 km	Rússia, 54,3 km

**Figura 6.** Gráfico ilustrativo das regiões com maior quantidade de rodovias asfaltadas.



Fonte: Confederação Nacional dos Transportes.

**Tabela 2.** Colocação dos países da América do Sul no Ranking.

<b>Ranking Na América do Sul</b>		
Chile (30 <sup>o</sup> )	Uruguai (98 <sup>o</sup> )	Argentina (103 <sup>o</sup> )

que absorve mais a tensão. Fatores externos como métodos ultrapassados, falta de fiscalização, utilização de materiais inadequados e projetos de pavimentação que não tiveram um estudo prévio mais detalhado sobre as condições climáticas e dados sobre o tráfego de cada rodovia são o que impedem as possibilidades de avanço no desenvolvimento de novas técnicas de pavimentação.

O pavimento rígido se comparado ao pavimento flexível possui um maior valor de implantação e camadas mais delgadas, pois enquanto o rígido é dividido em apenas duas camadas, o pavimento flexível tem camadas mais espessas e dividida em várias, o que exige uma maior movimentação de terra (Vasata, 2003).

Um estudo realizado de forma comparativa entre os pavimentos flexível e rígido, demonstrou algumas vantagens no pavimento de concreto em relação ao pavimento asfáltico, descreve-se que o coeficiente de atrito é melhor, pois possui uma maior segurança quanto a derrapagem (veículo precisa de 16 % menos de distância de frenagem em superfície seca, 40 % em superfície molhada), melhor difusão da luz (permite até 30 % de economia nas despesas de iluminação), melhores características de drenagem superficial, uma camada de rolamento resistente aos intempéries, redução no consumo de combustível de até 20 % em veículos pesados (representa uma diminuição no aquecimento global), e por ter melhores características de distribuir as tensões, requer menos de sua fundação, economizando custo em serviços como reforço do subleito, geralmente necessário para a pavimentação flexível (Guimarães Neto & Loreto, 2011).

## Considerações finais

São muitos os problemas a serem resolvidos em pavimentação asfáltica, com destaque para o aparecimento e a propagação das trincas por fadiga, o acúmulo de deformação permanente nas trilhas de roda e o trincamento térmico provocado pela queda de temperatura do pavimento. Os dois primeiros, que são defeitos estruturais, têm como causa principal o aumento das solicitações do tráfego, decorrente do aumento do volume de tráfego, mas, também, do aumento das cargas por eixo, do aumento da pressão de enchimento dos pneus e do aumento do volume de tráfego de pneus extralargos.

O desenvolvimento da engenharia civil rodoviária com o avanço tecnológico dos materiais empregados na pavimentação é cada vez maior o leque de possibilidades e de alternativas para construção de pavimentos mais duráveis e seguros. Para isso, faz-se necessário o uso de pesquisas, a fim de desenvolver asfaltos e materiais pétreos capazes de formar misturas asfálticas efetivamente funcionais.

No entanto, fatores econômicos juntamente com a falta de investimento governamental na pavimentação e manutenção de rodovias tornam mais distantes à possibilidade do Brasil apresentar um cenário positivo nas estatísticas anuais.

O cenário atual é desanimador com reprovação de quase 80 % da maioria das rodovias brasileiras. Isto demonstra que os estudos e planejamentos que deveriam primar pela qualidade desde os materiais usados até a escolha de fornecedores e mão de obra qualificada na realização de projetos de pavimentação.

A fiscalização contínua e a manutenção das rodovias praticamente não existem devido a problemas políticos oriundas de uma cultura onde não se beneficia o cidadão em nada. O controle de qualidade é o que garante o bom andamento de um serviço. Indicadores potenciais de qualidade poderiam nortear o trabalho realizado.

Há diversas pesquisas em andamento no setor de engenharia civil que busca descobrir alternativas de materiais potentes e economicamente viável.

## Referências bibliográficas

- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1992) NBR 7207 *Utilização do Pavimento. Especificação*. Acesso em: 08 de janeiro de 2015.
- Bernucci, L. B.; Motta, L. M. G.; Ceratti, J. A. P.; Soares, J. B. (2008). *Pavimentação asfáltica – formação básica para engenheiros*. Rio de Janeiro, RJ: Petrobras/Abeda, 504p, 2008.
- Confederação Nacional de Transporte – CNT. (2016). *Revista informativa Transporte e Logística: Apresentação Institucional*. CTLOG, 03 de agosto de 2016.
- Guimarães-Neto, G. L. (2011). *Estudo Comparativo entre a Pavimentação Flexível e Rígida*, 80p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia (CCET), Universidade da Amazônia (UNAMA).
- Gusmão, M. (2009). *Restauração rodoviária usando asfalto modificado por polímero*. Ouro Preto, MG: Universidade Federal de Ouro Preto. (Dissertação de Mestrado).
- ODA, S. (2000). *Análise da viabilidade técnica da utilização do ligante asfalto-borracha em obras de pavimentação*. São Carlos, SP: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 251p. (Tese de Doutorado).
- Reis, N. F. S. (2009). *Aplicação a um Pavimento Reforçado com Malha de Aço*. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.
- Senço, W. (1997a). *Manual de Técnicas de Pavimentação*. Volume 1, Ed. Pini, São Paulo.
- Senço, W. (2001b). *Manual de Técnicas de Pavimentação*. Volume 2, Ed. Pini, São Paulo.
- Specht, L.P. (2004). *Avaliação de misturas asfálticas com incorporação de borracha reciclada de pneus*. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. (Tese de Doutorado).
- Vasata, A. C. D. P. (2013). *Análise Comparativa entre Sistemas de Pavimentação Rígida e Flexível quanto a sua Viabilidade Técnica e Econômica para Aplicação em uma Via Urbana*. 100p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.