

## **O ASFALTO CONVENCIONAL E O ASFALTO DE BORRACHA: Um Estudo Comparativo**

Viviane Souza de Almeida<sup>1</sup>

Aline Cristina Costa Gomes<sup>2</sup>

### **Resumo**

O presente trabalho tem por objetivo apresentar um estudo comparativo para demonstrar a viabilidade do uso do asfalto de borracha comparado ao asfalto comum. Pretendeu-se pesquisar qual dos dois tipos de asfalto tem um melhor custo benefício em todo seu processo de fabricação e asfaltamento das vias. Assim, buscou-se saber qual dos dois apresentava maior durabilidade e menos danos aos veículos; além de questionar qual estaria mais alinhado a uma política ambiental sustentável. Para tal, buscou-se um referencial teórico, por meio de uma pesquisa bibliográfica em publicações de autores da área tais como Bernucci et al. (2008), Ferrara (2006), Sanches, Grandini e Baierle Júnior (2012) e em documentos do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes e nas Normas Brasileira Regulamentadoras, entre outros. Ressaltou-se a importância de um estudo que considerasse, além do custo-benefício, a questão ambiental e o conforto para os usuários de vias pavimentadas e o impacto sobre a vida útil de seus veículos.

**Palavras-chave:** Asfalto de borracha. Asfalto convencional. Pavimentação e Custo-benefício.

## **THE CONVENTIONAL ASPHALT AND THE RUBBER ASPHALT: A Comparative Study**

### **Abstract**

The present work aims to present a comparative study in order to demonstrate the feasibility of the use of rubber asphalt compared to common asphalt. It was intended to investigate which of the two types of asphalt has a better cost-benefit in all the process of manufacturing tarmac covering of the roads. Thus, this research intended to find which of the two presented types of tarmac show greater durability and less damages to the vehicles; In addition to questioning which would be more in line with a sustainable environmental policy. Thus, a theoretical reference was sought,

---

<sup>1</sup>Engenheiro Civil pelo UGB/FERP.

<sup>2</sup>Engenheiro Civil pelo UniFOA. Docente no Curso de Engenharia Civil do UGB/FERP.

through a bibliographical research in publications of authors of the area such as Bernucci et al. (2008), Ferrara (2006), Sanches, Grandini and Baierle Júnior (2012) and in Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes and Normas Brasileiras Regulamentadoras documents, among others. It was emphasized the importance of a study which takes into account, besides the cost-benefit, the environmental question and the comfort for the users of paved roads, besides the impact on the life of their vehicles.

**Keywords:** Rubber asphalt. Conventional asphalt. Paving and Cost-effective.

## Introdução

Pode-se dizer, sucintamente, que uma das finalidades da construção civil é a modificação da paisagem, com um uso sustentável de recursos naturais renováveis ou não. As construções geram resíduos sólidos e impactos sobre o meio ambiente, que podem de diversas maneiras, serem compensados ou diminuídos.

Quando se fala em pavimentação asfáltica, sabe-se que um dos pressupostos básicos é a segurança. De acordo com a CNT (Confederação Nacional dos Transportes) (2009), a finalidade de uma rodovia é a promoção de um meio seguro, confortável e econômico para o transporte de pessoas e bens.

Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), os transportes no Brasil têm predominância rodoviária, concentradas principalmente no Centro-Sul do país, em especial no estado de São Paulo. Em 2009, segundo a CNT, 61,1% de toda a carga transportada no Brasil usou o sistema modal rodoviário. Além disso, há o fato de que o número de veículos no país vem crescendo ano após ano; e com isso a necessidade de uma malha rodoviária que proporcione segurança e conforto, além de durabilidade.

Além disso, o crescimento no número de veículos alerta para outra realidade: a enorme quantidade de pneus descartados ao serem substituídos. Os pneus acabam indo para aterros sanitários, onde podem acumular água e tornarem-se criadouros de mosquitos que causam enfermidades. Caso queimado, o pneu gera fumaça tóxica e agride o meio ambiente. Assim, a utilização de borracha de pneus para a fabricação de asfalto mostra-se uma possibilidade para o seu aproveitamento sustentável.

Diante do exposto, o presente artigo tem por objetivo, fazer um estudo comparativo, pautado em revisão bibliográfica. O referencial teórico deste trabalho é composto por autores como: FERRARA (2006), SANCHES, GRANDINI e BAIERLE JÚNIOR (2012) e em documentos do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) e NBRs (Normas Brasileiras Regulamentadoras), com o intuito de comparar o asfalto convencional e o asfalto de borracha para responder à problematização: Que tipo de asfalto representa um melhor custo-benefício em todo seu processo de fabricação e asfaltamento das vias? Assim, busca-se saber qual dos dois tem maior durabilidade e menos danos aos veículos; além de questionar qual está mais alinhado a uma política ambiental sustentável.

## **Pavimentos Rodoviários**

De acordo com Bernucci et al. (2008), os pavimentos são estruturas de múltiplas camadas. A última delas, o revestimento, se destina a receber a carga dos veículos além da ação climática direta. Por esse motivo, essa camada deve ser tanto impermeável e bastante resistente aos esforços de contato entre pneu e pavimento, além das possíveis variações desse contato, bem como carga e velocidade diferentes em movimento. Segundo os mesmos autores, no Brasil, usa-se mais frequentemente, como revestimento,

(...) uma mistura de agregados minerais, de vários tamanhos, podendo também variar quanto à fonte, com ligantes asfálticos que, de forma adequadamente proporcionada e processada, garanta ao serviço executado os requisitos de impermeabilidade, flexibilidade, estabilidade, durabilidade, resistência à derrapagem, resistência à fadiga e ao trincamento térmico, de acordo com o clima e o tráfego previsto para o local. (BERNUCCI et al., 2008, p. 157)

De modo geral, pode-se afirmar que o pavimento é uma estrutura projetada a fim de suportar impactos advindos do tráfego de veículos automotores, somados às variações climáticas. O pavimento deve ainda oferecer conforto e segurança aos usuários (CNT, 2007). Para atender os requisitos técnicos e de qualidade de um pavimento asfáltico é necessário um projeto adequado da estrutura do pavimento e da dosagem da mistura asfáltica compatível com as outras camadas escolhidas. Para isso, é importante a escolha adequada de materiais. Além disso, os mesmos

devem ser proporcionados de forma a resistirem às solicitações previstas do tráfego e do clima. É comum que, até um determinado volume de tráfego, um revestimento de um pavimento novo consista de uma única camada de mistura asfáltica. (BERNUCCI et al., 2008).

### *Classificações dos Pavimentos*

O pavimento rodoviário pode ser dividido em duas classes: rígidos e flexíveis. Segundo Balbo (2007), os termos rígidos e flexíveis estão ligados às reações estruturais dos materiais isoladamente assim como do pavimento como um todo, ou seja, referem-se ao desempenho do pavimento quando o mesmo se encontra sobre ações de elementos externos.

### *Pavimentos Rígidos*

O DNIT (2006) classifica o pavimento rígido como:

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. Exemplo típico: pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland.

Segundo Bianchi, Brito e Castro (2008), estão entre os componentes do pavimento rígido: Cimento Portland, agregado graúdo (brita), agregado miúdo (areia), água, aditivos químicos como plástico ou aço, selante de juntas, material de enchimento de juntas e aço.

### *Pavimentos Flexíveis*

Segundo Pinto e Preussler (2002), o pavimento flexível é aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica sob o carregamento aplicado, e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalente entre as camadas. Os principais materiais constituintes do revestimento, última camada do pavimento são: material asfálticos, agregado graúdo e agregado miúdo.

## **Misturas Asfálticas Convencionais**

Segundo Bernucci et al. (2010), misturas asfálticas são provenientes de uma junção de agregados e asfalto, que dão origem ao revestimento desejado. Elas podem ser fabricadas em usinas específicas, fixas ou móveis, ou no próprio local, geralmente em tratamentos superficiais.

### *Ligante*

Segundo Bernucci et al. (2010), o asfalto utilizado em pavimentação nada mais é que um ligante betuminoso proveniente da destilação do petróleo e que tem a propriedade de ser um adesivo termo visco plástico, impermeável à água e pouco reativo. Seu envelhecimento pode ocorrer por meio de oxidação lenta pelo contato com o ar e a água. Os revestimentos podem ser classificados em função do tipo de ligante, os de mistura a quente, em que se utiliza o Cimento asfálticos de Petróleo (CAP), e também os de mistura a frio, com utilização da Emulsão Asfáltica de Petróleo - EAP (BERNUCCI et al., 2010, p.158).

### *Agregados*

O revestimento asfáltico é formado por uma mistura de asfalto e agregados. É necessário, então, que se escolha o melhor tipo de agregado para cada tipo de revestimento; o que promoverá a durabilidade do pavimento e segurança ao usuário. (ARAÚJO, 2015). A norma ABNT NBR 9935/2011, define agregado como "material sem forma ou volume definido, geralmente inerte, de dimensões e propriedades adequadas para a produção de argamassa e de concreto". Do ponto de vista da engenharia civil, esses são materiais inertes, granulares, disformes e de dimensões definidas, como propriedades corretas para compor camadas ou misturas para utilização nos mais variados tipos de obras. No caso dos agregados destinados aos serviços de pavimentação, podemos dizer que seu emprego ocorre em misturas

betuminosas, concreto de cimento, bases de calçamentos, lastros de obras e outros (SENÇO, 2007).

O autor supracitado esclarece que os agregados podem possuir inúmeras formas e dimensões, que são provenientes de efeitos mecânicos naturais ou dos processos de extração, bem como de suas propriedades intrínsecas.

A classificação dos agregados se dá sob alguns aspectos tais como origem, forma, etc. A FIG. 1 mostra os tipos de rochas mais utilizados para obtenção de agregados para uso em pavimentação.

Tabela 1. Tipos de rochas utilizadas como fonte de agregados para pavimentos

<b>Denominação Petrológica</b>	<b>Descrição</b>
Andesito	Variedade de diorito vulcânico, de granulação fina
Basalto	Rocha básica de granulação fina, usualmente vulcânica
Conglomerado	Rocha constituída de blocos arredondados ligados por cimento natural
Diorito	Rocha plutônica intermediária, constituída de plagioclásio com hornblenda, augita ou biolita
Gabro	Rocha plutônica básica de granulação grossa, constituída de plagioclásio, cálcio e piroxênio, algumas vezes com olivina
Gnaisse	Rocha riscada, produzida por condição metamórfica intensa
Granito	Rocha plutônica ácida, constituída principalmente de feldspatos alcalinos e quartzo
Calcário	Rocha sedimentar, constituída principalmente de carbonato de cálcio
Quartzito	Rocha metamórfica ou sedimentar constituída quase que totalmente por grãos de quartzo
Riolito	Rocha ácida, de granulação fina, usualmente vulcânica
Sienito	Rocha plutônica intermediária, constituída de feldspatos alcalinos com plagioclásios, hornblenda, biolita ou augita
Tranquito	Variedade de sienito de granulação fina, usualmente vulcânico

Fonte: SINICESP 2016

Para Bernucci et al. (2010, p.129), os revestimentos asfálticos são produzidos com a utilização de agregados de diferentes tamanhos e proporções que se mantêm unidos por meio de um ligante asfáltico. Há uma série de fatores que colaboram para a produção de uma estrutura com desempenho adequado. Para a produção dos revestimentos, devem-se analisar as características tecnológicas dos agregados, seguindo as normas e especificações do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. De forma básica estas normas se resumem em: tamanho e graduação; limpeza; resistência a abrasão; textura superficial; forma das partículas; absorção; adesividade ao ligante asfáltico; sanidade e densidade específica/massa específica.

### **Asfaltos Modificados**

De maneira geral, os pavimentos de asfalto convencional tendem a um desgaste mais rápido. Para Filho (2004), uma das soluções para corrigir os problemas relacionados aos revestimentos asfálticos é adicionar ao asfalto elementos que melhorem suas características técnicas que aumentem a vida útil do revestimento. Entre os elementos adicionados destacam-se agentes rejuvenescedores, borracha moída de pneu e polímeros. Para o presente estudo será contemplado o asfalto modificado com adição de borracha de pneu.

### **Asfaltos Modificados com Adição de Borracha de Pneu**

Conhecido nacionalmente como asfalto de borracha, esse tipo de asfalto recebe borracha moída de pneus inservíveis da seguinte forma: (ARAÚJO, 2015).

- Via seca: A borracha é adicionada diretamente no misturador da usina de asfalto ou na própria obra. Neste caso a borracha entra como agregado, porém, perde-se a maior parte das propriedades da borracha.

- Via úmida: Segundo a norma DNIT 112/2009-ES, a borracha de pneu é adicionada ao asfalto a quente em usina própria, tendo uma maior homogeneidade, o que aproveita ao máximo as características de elasticidade e resistência da borracha. Segundo Mendes e Nunes (2009), no Brasil a via úmida é a mais utilizada.

### *História do Asfalto Borracha*

Segundo Araújo (2015), foi na década de 40, nos Estados Unidos, que iniciaram-se os primeiros estudos da aplicação da borracha de pneu em revestimentos asfálticos. O asfalto de borracha foi utilizado, então, na década de 60 no Arizona, nos EUA, em reparos e pequenas aplicações.

No Brasil, a utilização do asfalto borracha se deu com a criação do artigo nº 2 da resolução 258/99 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), na qual o descarte do pneu no meio ambiente e inclusive sua queima são proibidos. Assim, houve a necessidade de se encontrar destino para os pneus usados, originando a ideia de se utilizar a borracha do pneu aplicado ao revestimento asfáltico, como já era realizado em outros países. Com o avanço dos estudos, além da viabilidade técnica do produto, vem se estudando principalmente os benefícios desta utilização ao meio ambiente.

### *Obtenção do Pó da Borracha de Pneu*

Ainda de acordo com Araújo (2015), o pó da borracha, utilizado no asfalto, é obtido através da moagem do pneu em usinas recicladoras, ou mesmo em empresas especializadas em recapagem de pneu. Há três tipos de processos para obtenção do pó. (ODA E FERNANDES JR., 2002).

- Criogenia: Acréscimo de nitrogênio líquido à borracha moída. A borracha é congelada e, após seu congelamento, é feito um esmagamento até se adquirir a granulometria desejada.
- Regeneração: Extração por meio de solvente que separa a borracha dos demais componentes, como metais, tecidos entre outros. As lascas moídas do pneu são submetidas á vapores d'água junto com produtos químicos, como álcalis e óleos minerais, até que se adquira o produto desejado.
- Moagem a frio: Mais comum e barato, processo no qual o pneu é moído e peneirado, depois é passado por imãs que retiram as partes metálicas restantes.

### Adição da Borracha de Pneu ao Asfalto pela via Úmida

A adição da borracha de pneu moída é feita diretamente ao asfalto, transformando o mesmo. Segundo Araújo (2015, p.36), "há uma maior eficiência na transferência da química dos elementos existentes na borracha, ocasionando assim maior resistência ao envelhecimento e maior elasticidade".

Segundo a norma DNIT 111/2009-EM, o teor de borracha deve ser no mínimo 15% em peso, incorporado ao asfalto. A mesma norma também define que as partículas de pó de borracha devem passar por peneira de nº 40 de malha 0,42 mm. A adição da borracha é feita por meio de um processo conhecido como *terminal blending*, em que a borracha é misturada ao ligante em um terminal especial, sob altas temperaturas, por agitação com alto cisalhamento. Assim, obtém-se um produto estocável e homogêneo. A Figura 2 mostra o processo de incorporação da borracha por via úmida. Pode-se observar que o pó da borracha é misturado ao betume, aquecido no tambor e misturado aos agregados. Depois, a mistura resultante desse processo é armazenada em silos; em seguida os caminhões são carregados e levados para a obra.

Figura 2. Incorporação de Borracha Moída de Pneu



Fonte: SINICESP 2013

Após este processo alcança-se o produto final para espalhamento na pista, camada de revestimento.

## **Vantagens do Uso do Asfalto Borracha**

### *Vantagens Técnicas*

Pode-se relatar, conforme a revista Specht (2004), vantagens da utilização do asfalto de borracha relacionadas a questões técnicas, ambientais e econômicas.

Com relação às questões técnicas, o uso do Asfalto de borracha gera revestimentos mais resistentes ao trincamento e às deformações permanentes. (SPECHT, 2004). Isso se dá uma vez que há uma substância, chamada negro-fumo, que está presente na borracha para aumentar a resistência do pneu ao calor e aos raios infravermelhos e ultravioletas, tal substância, misturada ao asfalto torna o revestimento mais resistente e reduz seu envelhecimento precoce. (SPECHT, 2004). Segundo Bernucci et al., (2007) há uma maior resistência ao trincamento e as deformações permanentes (trilhos de rodas), uma vez que a mistura asfáltica adquire uma parte da capacidade elástica da borracha, e dessa forma, é capaz de deformar na passagem dos veículos e voltar a sua posição inicial, diminuindo assim as deformações indesejáveis. Além disso, algumas substâncias da borracha como o negro de fumo (black carbon) protegem o asfalto contra o desgaste químico proveniente da exposição do pavimento aos raios infravermelho e ultravioleta, evitando o envelhecimento precoce do asfalto (BERNUCCI et al., 2007).

Estudos feitos na UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) relatam, ainda que pavimentos com asfalto de borracha resistam aproximadamente 6 vezes mais à propagação de trincas se comparados a pavimentos convencionais. Em tal estudo, o pavimento convencional fadigou devido a trincas depois de 90 mil ciclos do Simulador de Tráfego DAER/UFRGS, já o pavimento de asfalto de borracha sofreu trincamento com 500 mil ciclos. Isso se dá pela capacidade de deformação dos materiais. Enquanto o asfalto convencional não apresenta elasticidade e estabilidade sob condições adversas, o asfalto de borracha possui elasticidade e ponto de amolecimento superior, fatos que permitem a construção de

pavimentos com melhor desempenho e conseqüentemente maior vida útil (RODOVIAS e VIAS, 2010).

Segundo Mendes e Nunes (2009), a reflexão de trincas em pavimentos construídos com asfalto de borracha chega a ser 3 vezes menor que nos pavimentos convencionais, ou seja, as trincas levam 3 vezes mais tempo para aparecer na superfície do revestimento asfáltico. Mendes e Nunes (2009) relatam, ainda, que estudos realizados no Laboratório de Tecnologia de Pavimentação do Departamento de Engenharia de Transportes da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, enfocando ensaios sobre a deformação permanente em revestimentos asfálticos por meio de simulador, analisaram o comportamento dos dois tipos de asfalto citados com relação à deformação permanente. Assim, as misturas asfálticas elaboradas com asfalto de borracha apresentaram valores de deformação nos simuladores muito inferiores às verificadas em misturas asfálticas com ligantes convencionais. A conclusão foi que a mistura com Asfalto de borracha mostrou-se menos suscetível à formação de trilhas de roda.

#### *Vantagens Ambientais*

Com relação às vantagens ambientais, o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) obrigou os produtores e importadores de pneus a coletá-los e destina-los em local ambientalmente adequado. Araújo (2015) relata que a destinação correta dos pneus inservíveis já se apresenta como uma solução para um problema antigo. Segundo o autor, o uso da borracha de pneu em pavimentos veio como uma grande alternativa de destinação destes pneus, onde destina um grande volume de pneus inservíveis. Além disso, os pneus são fabricados com o uso de produtos de difícil degradação como poliéster, nylon, negro-fumo e aço. Como esses produtos não se degradam facilmente no ambiente, o reaproveitamento é a melhor solução. Segundo Specht (2004), a restauração de pavimento com esse tipo de asfalto pode usar até mil pneus por quilômetro, reduzindo muito o depósito desse material em aterros ou fora deles.

## Vantagens Econômicas

Com relação às questões econômicas, segundo Mendes e Nunes (2009) como toda nova tecnologia, o asfalto com borracha sai mais caro em média 30% que seu concorrente. Considerando apenas a execução do serviço do revestimento asfáltico, um quilômetro fica na faixa dos R\$ 117 mil, contra cerca de R\$ 90 mil de um pavimento convencional. Importa relatar que a economia varia em função do tamanho da obra e do orçamento envolvido. Em qualquer caso, porém, as diferenças de preço se diluem em longo prazo. O custo se perde na vida útil. Ele pode ser mais caro no início, mas o custo benefício é bem maior. Greca (2009) apresenta a seguinte tabela, na qual compara o custo entre asfalto de borracha e asfalto convencional:

Tabela 1. Comparativo de custo entre asfalto borracha e asfalto convencional

Grandezas	Cálculo	Unidades	Tipo de Asfalto		Diferença %	
			CAP 50/70	AMB		
A	Quantidade de massa Asfáltica no CBUQ Produzido	-	Ton.	26.250,00	18.375,00	-30,0
B	Custo de Usinagem/Aplicação por tonelada de CBUQ aplicado	-	Ton.	200,00	230,00	15,0
C	Quantidade de massa x custo de usinagem/aplicação	AxB	R\$	R\$ 5.250.000,00	R\$ 4.226.250,00	-19,5
D	Teor de Asfalto	-	%peso	5,00	5,50	10
E	Custo de Asfalto por Tonelada	-	R\$/Ton	1.150,00	1.550,00	34,8
F	Custo de Asfalto no CBUQ (concreto Betuminoso Usinado a Quente)	AxDxE	R\$	1.509.375,00	1.566.468,75	3,8
G	Custo Total da Obra	C+F	R\$	R\$ 6.759.375,00	R\$ 5.792.718,75	-14,3

Fonte: Adaptado de GRECA (2009)

A Tabela 1 apresentada por Greca (2009) assim como Mendes e Nunes (2009) consideram apenas a execução da usinagem, aplicação do CBUQ (Cimento Betuminoso Usinado à Quente) e o custo da tonelada do asfalto de borracha em comparação com o asfalto convencional, pois nesses dois quesitos, o asfalto de borracha é mais caro. Porém, ao analisar a obra como um todo, considerando a quantidade de CBUQ utilizado, que é menor no caso do asfalto de borracha, bem como sua durabilidade, o custo final da obra é menor e a economia a longo prazo.

### **Considerações Finais**

Conforme apresentado neste trabalho, o asfalto de borracha apresenta, vantagens no que diz respeito ao meio ambiente, às questões técnicas e econômicas. O uso de borracha moída de pneus na mistura asfáltica gera revestimentos mais resistentes ao trincamento e às deformações permanentes. Além disso, relata-se menor envelhecimento, maior durabilidade, melhor aderência do pneu ao pavimento, ocasionando maior estabilidade e segurança, maior resistência à formação de trilhas de rodas, redução de aquaplanagem, entre outros. As questões ambientais também são favorecidas pelo uso dos pneus inservíveis que, por resolução do CONAMA não podem ser incinerados ou descartados em qualquer local. Assim, retira-se uma grande quantidade de pneus inutilizados do meio ambiente.

Apesar do custo mais elevado em sua fabricação, o asfalto de borracha apresenta um melhor custo-benefício devido à economia no revestimento, uma vez que se gasta menos massa asfáltica, comparado ao asfalto convencional. Há de se relatar, porém, que nenhum campo de estudo é imutável ou encontra-se fechado a questionamentos. O estudo com adição de borracha e mesmo de polímeros ainda apresenta um longo caminho. O presente trabalho é apenas uma das inúmeras possibilidades de estudo na área de pavimentação urbana.

### **Referências**

ARAÚJO, Diones Henrique. **Análise Comparativa do Asfalto Borracha com o Asfalto Convencional e o Asfalto com Adição de Polímeros**. UNIFOR-MG, Formiga – MG, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 9935/2011**: Agregados – Terminologia. P. 01/04.

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

BERNUCCI, Liedi B. et al. **Pavimentação Asfáltica Petrobrás**. Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro, RJ: Petrobras/Abeda, 504p, 2008.

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

BIANCHI, F. R., BRITO, I. R., CASTRO V. A. **Estudo comparativo entre pavimento rígido e flexível**. IBRACON 50º CBC, Associação de Ensino Superior Unificado do Centro Leste, 2008.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **RESOLUÇÃO N° 258, de 26 de Agosto de 1999**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25899.html>. Acesso em: 5 maio 2016.

CNT – **Confederação Nacional dos Transportes**. Pesquisa Rodoviária, 2009.

DNIT, 2006. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. 2. ed. Ministério dos Transportes – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Publicação IPR 720. Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: [http://www1.dnit.gov.br/ipr\\_new/](http://www1.dnit.gov.br/ipr_new/). Acesso em: 10 maio 2016.

FERRARA, Renata D'Ávello. **Estudo comparativo do custo benefício entre o asfalto convencional e o asfalto modificado pela borracha de pneu**. Anhembi Morumbi, São Paulo, 2006.

FILHO, C. L. D. N. **Avaliação Laboratorial de Misturas Asfálticas SMA Produzidas com Ligante Asfalto-Borracha**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2004.

GRECA Asfaltos. **Artigo Linha eco flexpave**. Disponível em: < [http://www.flexpave.com.br/leiamais\\_ecoflex/13\\_estudo\\_ecoflex\\_2009.pdf](http://www.flexpave.com.br/leiamais_ecoflex/13_estudo_ecoflex_2009.pdf) >. Acesso em: 08 maio 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Logística dos transportes no Brasil.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/00000019704411122014440525174699.pdf>> Acesso em: 08 maio 2016.

LEITE, L.F.M. **Estudo de Preparo e Caracterização de asfaltos modificados por Polímeros.** Rio de Janeiro, 1999 - Instituto de Macromoléculas, Universidade Federal do rio de Janeiro, 1999.

MENDES, Celso Bráulio Alves; NUNES, Fabio Rinaldi. **Asfalto Borracha - minimizando os impactos ambientais gerados pelo descarte de pneus inservíveis no meio ambiente.** Vitória, 2009.

ODA, S.; FERNANDES JUNIOR, J.L. Resultados da avaliação de asfalto borracha através de ensaios tradicionais e de ensaios da especificação SUPERPAVE. In: XIV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Gramado, RS: **Anais**, PP. 577-589, 2002.

PINTO, S.; PREUSSLER, E. **Estudo de comportamento de fadiga de misturas betuminosas e aplicação na avaliação estrutural de Pavimentos.** Rio de Janeiro, 1991. Tese (doutorado em Engenharia) - COPPE- UFRJ.

\_\_\_\_\_. **Pavimentação Rodoviária Conceitos Fundamentais sobre Pavimentos Flexíveis.** Copiar. Rio de Janeiro, 269 p. 2002.

REVISTA RODOVIAS E VIAS. **Tecnologia Asfalto.** Edição 36, 2010. Disponível em: <<http://www2.rodoviasevias.com.br/revista/materias.php?id=268&edicao=Edicao36>> Acesso em: 8 maio 2016.

SANCHES, Felipe Gustavo; GRANDINI, Fernando Henrique Bueno; BAIERLE JUNIOR, Orlei. **Avaliação da Viabilidade Financeira de Projetos dom Utilização do Asfalto-Borracha em Relação ao Asfalto Convencional.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Departamento Acadêmico de Construção Civil. Curitiba, 2012.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação: volume 1.** 2. ed. São Paulo: Pini, 2007. 761 p.

SINICESP - Sindicato da Indústria da Construção pesada do Estado de São Paulo. **A Natureza dos Agregados.** Disponível em: <<http://www.sinicesp.org.br/materias/2016/bt05a.htm>> Acesso em: 18 ago. 2016.

\_\_\_\_\_. **Do Pneu à Estrada.** Disponível em: <<http://www.sinicesp.org.br/materias/2013/bt08a.htm>> Acesso em: 21 ago. 2016.

SPECHT, L.P. **Avaliação de misturas asfálticas com incorporação de borracha reciclada de pneus.** 2004. 279 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.