



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO

CAMPUS CUIABÁ - BELA VISTA

DEPARTAMENTO DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

DIOCELDE MARQUES DE OLIVEIRA NETO

**USO DA BORRACHA DE PNEUS PARA PAVIMENTAÇÃO
ASFÁLTICA NO BRASIL: UM PANORAMA HISTÓRICO**

**Cuiabá – MT
Março/2016**



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO

CAMPUS CUIABÁ - BELA VISTA

DEPARTAMENTO DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

DIOCELDE MARQUES DE OLIVEIRA NETO

**USO DA BORRACHA DE PNEUS PARA PAVIMENTAÇÃO
ASFÁLTICA NO BRASIL: UM PANORAMA HISTÓRICO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Superior de
Tecnologia em Gestão Ambiental do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Estado de Mato Grosso
Campus Cuiabá – Bela Vista, orientado
pelo Professor Ms. James Moraes de
Moura.

**Cuiabá – MT
Março/2016**

**Divisão de Serviços Técnicos. Catalogação da Publicação na Fonte. IFMT Campus
Cuiabá Bela Vista
Biblioteca Francisco de Aquino Bezerra**

O48u

Oliveira Neto, Diocelde Marques de.

Uso da borracha de pneus para pavimentação asfáltica no Brasil: um panorama histórico./ Diocelde Marques de Oliveira Neto._ Cuiabá, 2016.

26 f.

Orientador: Prof. Ms. James Moraes de Moura

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)_. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso. Campus Cuiabá – Bela Vista. Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental.

1. Reutilização de pneus – TCC. 2. Pneu inservível – TCC. 3. Asfalto-borracha – TCC. I. Moura, James Moraes de. II. Título.

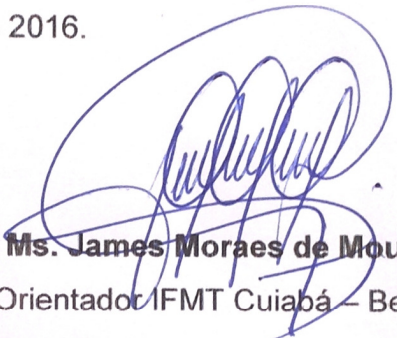
IFMT CAMPUS CUIABÁ BELA VISTA CDU 625.8:678
CDD 625.8.678

DIOCELDE MARQUES DE OLIVEIRA NETO

**USO DA BORRACHA DE PNEUS PARA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA
BRASILEIRA: UM PANORAMA HISTÓRICO**

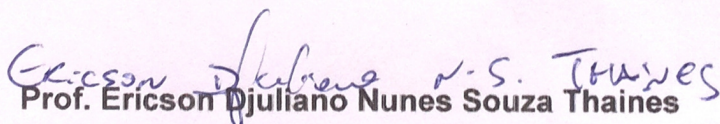
Trabalho de Conclusão de Gestão Ambiental, submetido à Banca Examinadora composta pelos Professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso Campus Cuiabá Bela Vista como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduado.

Aprovado em 23 de março de 2016.



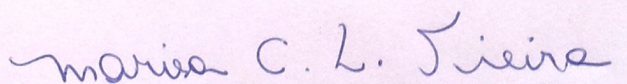
Prof. Ms. James Moraes de Moura

Professor Orientador IFMT Cuiabá – Bela Vista



Prof. Ericson Djuliano Nunes Souza Thaines

Prof. Convidado IFMT Cuiabá – Bela Vista



Prof.ª Ma. Marisa Cristina Lários Vieira

Profa. Convidada IFMT Cuiabá – Bela Vista

**Cuiabá – MT
Março/2016**

Dedico este trabalho a Deus, por ter me dado saúde e sabedoria, a minha família em especial aos meus pais que me mostram a importância de estudar.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me conceder está feliz oportunidade desta realização, me dar força para superar os desafios e obstáculos encontrados e me mostrar os melhores caminhos. À minha família, que amo muito.

Ao Instituto Federal de Mato Grosso e seus colaboradores por esta oportunidade.

Aos professores da banca por colaborarem com o meu crescimento.

Aos meus amigos e a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para o êxito deste trabalho.

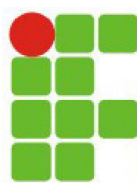
“Um mestre funciona como um agente catalisador, cuja simples presença estimula. (...)

Ele não pode entregar a você aquilo que conhece, mas pode criar um certo campo de energia no qual suas pétalas podem se abrir, no qual as suas sementes serão encorajadas, em que você pode criar coragem suficiente para dar o salto, no qual o milagre torna-se possível.”

Osho Zen

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1. A história da borracha e o problema ambiental.	15
2. OBJETIVO.....	18
3. METODOLOGIA.....	18
4. RESULTADOS.....	19
5. CONCLUSÃO.....	22
6. REFERÊNCIAS.....	24



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Mato Grosso
Campus Cuiabá - Bela Vista

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

USO DA BORRACHA DE PNEUS PARA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA NO BRASIL: UM PANORMA HISTÓRICO

OLIVEIRA NETO, Diocelde Marques de¹

MOURA, James Moraes de²

RESUMO

O pneu tem papel indispensável e imprescindível na vida diária, seja no transporte de cargas ou de passageiros. Contudo, quando não se pode mais utilizá-los, se acarretam uma gama de problemas sanitários e ambientais. Uma forma de correção destes problemas é a incorporação de borracha advinda de pneus em revestimentos asfálticos, prática está já empregada nos Estados Unidos desde 1970 e recentemente incorporada no Brasil. Desse modo, o objetivo do presente trabalho foi abordar a utilização da borracha de pneus para a pavimentação asfáltica, demonstrando sua contextualidade histórica e os avanços tecnológicos deste reuso em nosso país. Como metodologia, tratou-se de um levantamento bibliográfico de caráter descritivo e exploratório, com abordagem qualitativa sobre o uso e os avanços do asfalto-borracha, baseando-se seguindo em diversos artigos neste contexto. A sua utilização como material ligante asfalto borracha, seja natural ou sintético em carros e caminhões, pode acarretar vantagem na pavimentação asfáltica devido ao impacto positivo no meio ambiente, pois o processo de modificação da borracha modificada é altamente controlado e teor de suas partículas varia de 15% a 20% em relação ao peso da mistura, diluentes e alguns aditivos. As misturas com asfalto borracha apresentam um desempenho muito superior às misturas comuns, reduzindo em 50% na espessura das camadas betuminosas de asfalto. De uma maneira geral pode-se concluir que a utilização da adição de borracha de pneus em ligantes asfálticos aplicados em obras de pavimentação no Brasil se mostra como uma técnica promissora para aumentar a durabilidade de das estradas e ruas. O fato de o ligante possuir borracha, o faz mais elástico, assim sendo o pavimento apresenta uma flexibilidade maior, pronto para suportar amplas variações de temperatura e tráfego pesado sem as conhecidas fissuras, assim

¹Acadêmico do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso Campus Cuiabá – Bela Vista.

²Doutorando em Química Ambiental – UNESP Araraquara, Professor Ms. do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso Campus Cuiabá – Bela Vista.

demonstra ter uma fadiga menor e uma maior resistência às deformações das trilhas dos pneus. Aponta-se algumas vantagens sobre o asfalto/borracha: diminuição do envelhecimento por oxidação, aumento da flexibilidade e da vida útil em até 30%, maior e melhor aderência do pneu ao pavimento, entre outros.

Palavras-chave: Reutilização de pneus. Pneu inservível. Asfalto-borracha.

TYRE RUBBER USE FOR ASPHALT PAVING IN BRAZIL: A HISTORICAL

ABSTRACT

Tyres have an essential and indispensable role in daily life, whether in the transport of cargo or passengers. However, when they are no longer in use, they entail a range of health and environmental problems. One way to fix these problems is to incorporate tyre rubber into asphalt coatings, which is a practice already used in the United States since 1970, and just recently in Brazil. Thus, the objective of this study was to address the use of rubber tyres for asphalt paving, demonstrating its historical contextualization and technological advances of this reuse in our country. As a methodology, this was a literature of descriptive and exploratory nature with a qualitative approach to the use and progress of rubber asphalt, based on several articles in this context. Its use as rubber material asphalt binder, both natural or synthetic, in cars and trucks, can lead to advantages in asphalt paving due to the positive impact on the environment because the rubber modification process is highly controlled and the content of its particles varies from 15% to 20% relative to the weight of the mixture, solvents and some additives. The rubber asphalt mixtures have a much higher performance than the ordinary mixtures, reducing by 50% the thickness of the bituminous asphalt layers. In general, it can be concluded that the use of rubber crumb added asphalt binders applied in paving projects in Brazil appears as a promising technique for increasing the durability of roads and streets. The fact that the binder has rubber, makes it more elastic, thus, the floor has a greater flexibility, ready to withstand wide variations in temperature and heavy traffic without cracking. Thus, it demonstrates less fatigue and greater resistance to deformation of the tyre tracks. It points out some advantages over the asphalt/rubber: decreased aging by oxidation, increased flexibility and service life by up to 30% bigger and better adhesion of the tyre to the pavement, among others.

Key words: Paving. Tyre reuse. Rubber asphalt.

1. INTRODUÇÃO

O ambiente natural representa o produto da interação dinâmica de processos abióticos e bióticos, sob escala e intensidades variáveis no tempo e no espaço. Sabe-se que o equilíbrio resultante é dinâmico e costuma ser afetado por intervenções humanas, às vezes de modo irreversível, em prejuízo da diversidade biológica e da disponibilidade de recursos naturais (BERTOLLO et al., 2000).

As Interações Ambientais busca aliar as questões sociais às da natureza, valorizando o enfoque ecológico e, ao mesmo tempo, sugerindo um papel integrador, incorporando em suas observações e análises as relações, importantes na determinação dos resultados dos processos de mudanças do modelado terrestre, antes e depois da intervenção da sociedade em um determinado ambiente (BERTOLLO et al., 2000).

Para o mesmo autor com a perspectiva de entender a complexidade dos sistemas dinâmicos de evolução e transformação imposta pela sociedade ao longo dos anos, fazendo com que se busquem metodologias que correspondem ao todo ambiental, e sua abordagem, como conceituação teórico-metodológica de estudos ambientais de forma integrada que podem definir e especializar as interações entre os diferentes componentes do meio natural.

Em virtude das crescentes preocupações com meio ambiente, tem-se indagado acerca da destinação ou deposição de pneus crescentes. A possibilidade de se reaproveitar tais pneus tem-se constituído em todo o planeta, em um desafio árduo, decorrente de suas particularidades relacionadas a sua durabilidade (ODA, 2000).

Com a criação dos pneus de borracha fez com que as rodas de madeira e ferro, até então utilizadas em carroças e carruagens desde o princípio da humanidade fossem trocadas. Esse enorme avanço só foi possível por causa da invenção do pneu pelo norte-americano Charles Goodyear, que descobriu o processo de vulcanização da borracha quando deixou este, agregado ao enxofre, cair no fogão. Naquele período ele não tinha ideia de sua invenção revolucionaria o mundo (MARTINS, 2004).

Ao mesmo tempo em que o setor dos transportes teve uma revolução, a utilização dos pneus de borracha ocasionou um grande problema no ambiente. O grande número de pneus utilizados e descartados evidencia um problema mundial que está justamente relacionado à frota de veículos de cada localidade. Com o crescimento da frota de veículos, cresceu-se igualmente os danos no ambiente causado pelos milhões de pneus inservíveis gerados todos os anos. A localização final dos pneus exige um quebra-cabeça de árdua solução, pois são objetos que abrangem grande volume e que necessitam ser armazenados em condições apropriadas (MARTINS, 2004).

Conjectura-se que o Brasil gere 30 milhões de pneus inservíveis por ano. Parte desses pneus acabam sendo enviados a depósitos clandestinos, causadores de poluição ambiental e até mesmo de algumas patologias. Porém, com o desenvolvimento de novas tecnologias é possível utilizar esses pneus como borracha pulverizada, que pode ser utilizada como matéria-prima modificadora dos asfaltos habituais. Esta modificação obtida é de grande benefício para melhoria do ligante e para que se tenha uma durabilidade maior das estradas brasileiras. (MARTINS, 2015).

Todo pneu, em um dado momento, se converterá em um resíduo altamente prejudicial à saúde pública bem como ao meio ambiente. Para mudar essa situação, deve-se adotar uma solução à sua destinação final. Recauchutar e reciclar os pneus estão entre as propostas que tem por objetivo diminuir os danos causados à natureza, por cerca de 30 milhões de pneus descartados no Brasil anualmente (CURY et al., 2015).

A borracha de pneus moída pode ser utilizada como material para pavimentação por meio do composto do ligante asfáltico antes da adição do agregado (processo úmido) ou como parte do agregado (processo seco). Neste trabalho, estuda-se o comportamento do ligante asfalto borracha (processo úmido) (ODA, 2015).

O uso do asfalto com borracha começou como um meio para resolver o problema da eliminação de montagem de pneus de borracha. Pneus velhos são um risco de incêndio e ocupam grandes quantidades de espaço em aterros sanitários.

Incorporando pneus (como borracha de pneus triturados) para o pavimento era uma forma barata de ambos reciclagem da enorme quantidade de pneus velhos, reduzindo o preço do pavimento de asfalto (CURY; et al., 2015).

A borracha reciclada a partir de resíduos de pneus tem sido utilizada no asfalto pela indústria de pavimentação desde a década de 1970 nos Estados Unidos. No Brasil, até recentemente, o uso rotineiro da borracha reciclada de pneu em pavimentos foi limitada a alguns estados. Embora o desempenho é geralmente bom, o custo era muito elevado quando comparada às práticas convencionais (CURY et al., 2015).

Em virtude dos benefícios econômicos e ambientais são justificação suficiente para o uso de pavimento de asfalto emborrachado para muitos estados, descobertas recentes têm reforçado a adoção do material, especialmente em construções de grande escala de pavimentação como rodovias. Estradas de asfalto com borracha são mais duráveis, sendo significativamente menos quebradiço e oferecendo resistência à fissuração e tem potencial para durar 10 anos. Sua superfície lisa e maiores resistências proporcionam uma melhor qualidade de passeio. (CURY et al., 2015)

As vantagens de se utilizar a borracha triturada de pneus nas misturas asfálticas devem levar em consideração os benefícios de cunho ambiental e de engenharia (FERNANDES JÚNIOR, 2015).

1.1. A história da borracha e o problema ambiental

Charles Goodyear norte-americano que descobriu de forma acidental e registrou, em 1841, o processo de vulcanização da borracha, isso deu início a uma nova era para utilização da borracha. Com o auxílio do projetista de pneus Paul Litchfield, fez com a Goodyear chegasse à liderança no ramo e em 1917 a já era o maior fabricante de pneus em todo o mundo. Os pneus de borracha surgiram para substituir as rodas de madeira e de ferro usadas em carroças e carruagens desde início da história. A borracha, além de ser resistente e durável, absorve o impacto

das rodas no solo, fato esse que tornou o transporte prático e confortável (BERTOLLO et al., 2000).

A utilização da borracha de pneu moído, ou pó de pneu, nas misturas asfálticas apresenta-se como uma grande alternativa adequada ambientalmente (GONÇALVES, 2002).

Em 1963, Charles McDonald, iniciou a pesquisa quando percebeu que os pneus triturados poderiam proporcionar um material altamente elástico para ser aplicado na pavimentação asfáltico. Com isso, vários estudos e testes foram realizados até obter o asfalto-borracha. Simultaneamente com o “boom” no setor dos transportes, a utilização dos pneus de borracha acarretou no decorrer dos tempos o problema do impacto ambiental, posto que a maior parte dos pneus descartados e deixados em locais inapropriados, provocando grandes problemas para a saúde e para a qualidade da vida humana (MORILHA JR.; GRECA, 2003).

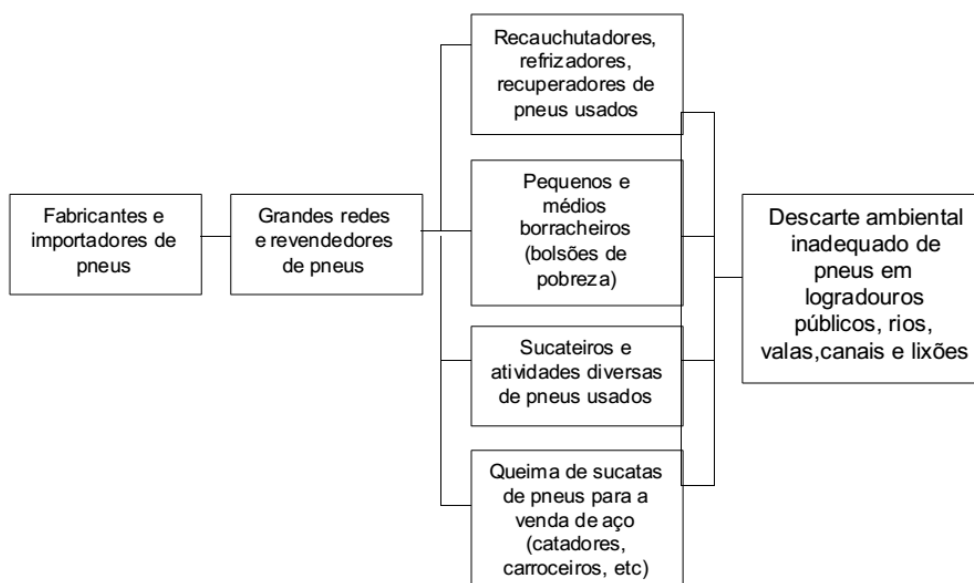


Figura 1. Esquema do ciclo de vida de um pneu. Martins, (2004).

A borracha, além da sua grande durabilidade é mais resistente, possui uma absorção melhor em relação ao impacto das rodas com o solo, essa circunstância fez com que o transporte rodoviário ficasse mais prático e com maior conforto.

De acordo com Morilha Jr. e Greca (2003) o reaproveitamento dos pneus, se constitui, em um desafio árduo devido as suas particularidades em relação a sua durabilidade (aproximadamente 600 anos), por isso, a complexidade de se propiciar uma nova destinação ecologicamente correta.

Nesta perspectiva, o conceito de equilíbrio passou a ser entendido como o ajustamento completo das variáveis internas às condições externas, ou seja, as formas surgidas em sistemas ambientais geomorfológicos estão diretamente relacionadas às influências exercidas pelo ambiente, que controla a qualidade e a quantidade de matéria e a energia a fluir pelo sistema. Conforme Martins (2004), o grande número de pneus usados descartados representa um problema mundial que está diretamente relacionado à frota de veículos de cada país.

Os pneus são objetos que ocupam grande volume e que necessitam de ser armazenados em condições propícias para conter os possíveis riscos de incêndio e a propagação de insetos e roedores. Conforme Leite (2004), a disposição final em aterros sanitários torna-se impraticável, uma vez que os pneus inteiros possuem baixa capacidade de diminuição de volume, e degradação muito lenta.

A borracha propicia um aumento da flexibilidade, fazendo com que o composto asfáltico seja mais resistente ao envelhecimento bem como ao surgimento de deformações (trilhas de rodas). Para Neves Filho (2004), quando se compara ao pavimento tradicional, o pavimento com asfalto-borracha denota maior durabilidade.

Devido à falta de ações políticas para o controle da destinação adequada até o ano de 2002, os pneus geralmente eram armazenados em fundos de quintais, borracharias, beira de estrada, no entanto, para Martins (2004), algumas alternativas começaram a ser criadas para que estes resíduos pudessem ser utilizados como matéria-prima para um novo produto ou mesmo para utilizar em outras funções que não o transporte, sendo assim, classificado como reformáveis ou não reformável.

Para Leite (2004), quando empregada uma curva granulométrica compatível, diminui o nível de ruído originado pelo grande fluxo de veículos e auxilia na drenagem em dias chuvosos.

No Brasil, a utilização da borracha em assoalho asfáltico foi aprovado em 1999, por determinação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Conforme

Martins (2004), no Brasil, a Resolução nº 258 do CONAMA determinou que, a partir de 1º de Janeiro de 2002, os fabricantes e as empresas que importam pneus passaram a ser responsáveis pela coleta e destinação final, de forma ambiental pertinente, aos pneus inservíveis que existem no território brasileiro, na intensidade relativa às quantidades fabricadas e importadas.

Nos pavimentos, o ligante asfáltico pode ser exposto a uma alta variabilidade de temperatura e de cargas, resistindo assim de forma considerável às deformidades quando submetido a cargas no decorrer de um período de tempo determinado. Os pneus de borracha surgiram para substituir as rodas de madeira e de ferro usadas em carroças e carruagens no início da história. A evolução só foi possível por ação do inventor norte-americano Charles Goodyear, que foi quem descobriu o processo de vulcanização da borracha. A borracha, além de ter grande resistência e durabilidade, absorve o impacto das rodas no solo, fato esse que possibilitou que o transporte seja prático e confortável (DI GIULIO, 2007).

2. OBJETIVO

Abordar a utilização da borracha de pneus para a pavimentação asfáltica, demonstrando sua contextualidade histórica e os avanços tecnológicos deste reuso no Brasil.

3. METODOLOGIA

Tratou-se de um levantamento bibliográfico de caráter descritivo e exploratório, com abordagem qualitativa. Seguindo os artigos: Beduschi (2015), Bertollo (2000), Ceratti (2004), Cury et al. (2015), Di Giulio (2007), Fernandes Júnior (2015), Ferrari et al. (2007), Oliveira (1998), Gil (2010), Gonçalves (2002), Leão (2015), Leite (2004), Martins (2015), Medeiros (2003), Morilha Jr., Greca (2003), Pivoto (2007).

De acordo com Medeiros (2003), a pesquisa bibliográfica constitui-se em fonte secundária, que é aquela que busca o levantamento de material impresso, como

livros, revistas, jornais, teses, dissertações, anais de eventos científicos, bem como o material disponível pela internet que são de interesse para a pesquisa.

Gil (2010) ressalta que “a principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente”.

4. RESULTADOS

Conforme Martins, (2004), uma das características e vantagens do asfalto como material de construção, engenharia e manutenção é a sua grande versatilidade. Apesar de ser um material semi-sólido a temperaturas normais, o asfalto pode ser liquefeito pela aplicação de calor, dissolvendo-o em solventes, ou emulsificação.

De acordo com Ceratti et al. (2004), na Suécia na década de sessenta duas empresas começaram a produzir um composto que utilizava uma mistura previamente estudada e analisada de borracha de pneus e tecidos usados. A borracha era adicionada à mistura na condição de partículas pequenas para operar como agregado. Em virtude da grande relevância ambiental em se encontrar opções para o consumo dos pneus usados, em 1991 o *Intermodal Surface Transportation Efficiency Act* – EUA instituiu a utilização de borracha de pneus em pavimentos asfálticos.



Figura 2. Asfalto borracha (FONTE: Di Giulio, 2007).

Conforme Di Giulio (2007), o primeiro grande diferencial e tido como impacto positivo na utilização da borracha em misturas asfálticas está no ambiente, uma vez que a recuperação de piso neste formato, onde se utiliza cerca de mil pneus por quilômetro, o que diminui o depósito dos pneus em aterros ou fora deles.

Para Ferrari et al. (2007), atualmente é necessário um processamento para fazer a utilização de pneus como um aditivo ou modificador. O aço e fibras devem ser removidos dos pneus e, em seguida, o pneu remanescente deve ser reduzido em tamanho para partículas pequenas para a mistura com o aglutinante de asfalto.

Conforme Pivoto (2007), a borracha utilizada no ligante asfalto-borracha pode ser derivada de pneus de automóveis ou caminhões. Normalmente, pneus de automóveis tem em sua composição algo entre 16 a 20% de borracha natural e de 26 a 31% composto de borracha sintética, ao mesmo tempo os pneus de caminhões tem em sua composição algo em torno 31 a 33% de borracha natural e de 16 a 21% de borracha sintética.

A título de exemplo, um pneu de veículo de automóvel comum, com peso próximo de 10,5 kg, expressa, no tocante ao peso total do pneu, “27% de borracha sintética e 20% de borracha natural, 25% de negro de fumo, 14% de produtos químicos (óleos, pigmentos etc.), 10% de aço e 4% de poliéster e náilon” (LEÃO, 2013).

A borracha oriunda dos pneus usados pode ser empregada como parte do material ligante, ou borracha asfáltica, ou como concreto de asfalto alterado com borracha. As camadas seladoras de borracha asfáltica consomem cerca de 1000 pneus por quilômetro selado de estrada com duas pistas (LEÃO, 2013).

É importante reconhecer que nos dias atuais o processo de modificação da borracha de pneus é altamente controlado. O processo não é mais apenas moagem de um estoque de pneus velhos e adicionando a borracha ao asfalto quente. Para Oda (2015), o processo de manuseio e retalhamento é cuidadosamente planejado e monitorado para produzir um material de borracha limpa e altamente consistente. A borracha fragmentada é produzido através de um processo de moagem de pneus de borracha em partículas muito pequenas, onde o teor da borracha tem uma variação de 15% a 20% em relação ao peso total da mistura, diluentes e alguns aditivos especiais quando estes forem necessários.

Para Beduschi (2015), agregados (ou agregados minerais) são materiais como areia, cascalho, brita, ou pó de pedra. Adequadamente selecionado são misturados com o meio de cimentação asfáltico para formar pavimentos. Agregados são os principais componentes de suporte de carga de um pavimento de concreto de asfalto. Eles formam um total de 90 a 95% da mistura, em peso, e 75 a 85% em volume.

No processo de moagem os pneus são cortados em pedaços menores, com lâminas de corte afiadas. Os pedaços menores são então passados através trituradores que moem e rasgam a borracha em partículas ainda menores. A moagem produz tamanhos que variam de 75 μ m, a 4 - 5 mm (ODA, 2015).

É verdade que o asfalto-borracha deve ser aquecido a temperaturas maiores, mas é sabido que não causa nenhum mal à saúde dos trabalhadores e que ainda não causa poluição em excesso, contudo é necessário que os cuidados habituais sejam tomados. Conforme Cury et al. (2015), a utilização de misturas com asfalto emborrachado tem sido evidenciada que estas apresentam um desempenho muito superior às das misturas comuns. Desta feita, as especificações originárias dos Estados Unidos chegam a possibilitar uma redução de 50% na espessura das camadas betuminosas quando este produto é utilizado.

Oda (2015) cita que a borracha não é um substituto ou uma substituição de polímero, mas funciona como um acessório de durabilidade. A borracha não fornece melhorias elastoméricas, mas diminui o envelhecimento prematuro e rachaduras, diminuindo a degradação do piso asfáltico aumentando assim sua durabilidade.

A borracha bem misturada com os ligantes ou incluída nos preenchimentos por qualquer dos procedimentos de integração, altera os atributos do pavimento, proporcionando-lhe características favoráveis ao meio ambiente.

No Brasil em 2011, o asfalto-borracha foi aplicado pela EcoVias em 30 km da Serra da via Anchieta (do km 10 ao km 40). Em julho de 2011, o governo do Rio de Janeiro publicou um decreto em que autorizou que as rodovias do Estado adotem asfalto ecologicamente correto, assim o pavimento da RJ-122, rodovia que liga Cachoeiras de Macacu a Guapimirim, utilizou o asfalto-borracha.

5. CONCLUSÃO

No passado, acreditava-se que diferentes tipos de pneus ou diferentes porções dos pneus produzidos com material melhorariam a qualidade para mistura com asfalto ligante. No entanto, com pneus modernos, há pouca diferença entre pneus de caminhões e de passageiros.

A tecnologia de modificação de ligantes asfálticos pela adição de borracha moída de pneus surge como destaque, pois além de conferir um sublime desempenho físico e reológico ao ligante, incorpora em seu objetivo um recurso ecológico de grande destaque, dando solução a um dos maiores problemas ambientais que existe nos dias atuais que é o descarte ilegal de pneus inservíveis.

De uma maneira geral pode-se concluir que a utilização da adição de borracha de pneus em ligantes asfálticos aplicados em obras de pavimentação no Brasil se mostra como uma técnica promissora para aumentar a durabilidade de das estradas e ruas.

O fato de o ligante possuir borracha, o faz mais elástico, assim sendo o pavimento apresenta uma flexibilidade maior, pronto para suportar amplas variações

de temperatura e tráfego pesado sem as conhecidas fissuras, assim demonstra ter uma fadiga menor e uma maior resistência às deformações das trilhas dos pneus.

Aponta-se algumas vantagens sobre o asfalto/borracha: diminuição do envelhecimento por oxidação, aumento da flexibilidade e da vida útil em até 30%, maior e melhor aderência do pneu ao pavimento, entre outros.

6. REFERÊNCIAS

BEDUSCHI, E. F. S. **Utilização de pneus inservíveis na composição da massa asfáltica**. Disponível em:

<http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wpcontent/uploads/2014/04/eliane_fatima_strapazon1.pdf> Acesso em: 20 jul. 2015.

BERTOLLO, S. A. M; JÚNIOR, J. K. F; VILLAVERDE, R. B; FILHO, D. M.

Pavimentação asfáltica: uma alternativa para a reutilização de pneus usados.

Revista Limpeza Pública, n. 54. Associação Brasileira de Limpeza Pública – ABPL, 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONAMA. **Resolução no. 258 de 26 de agosto de 1999**. Torna importadores e industriais responsáveis pelo destino dos pneus descartados pelos usuários finais.

Disponível em: <<http://www.ignis.org.br/downloads/conama-258-99.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2015.

CERATTI, J. A.; CRUZ, L. L.; NUÑEZ, W.P. **Estudo Comparativo do**

Desempenho de um Recapeamento Utilizando Asfalto-Borracha em Pavimento Flexível. 118 f. Tese de Doutorado. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

CURY, M. V. Q.; MURTA, A. L. S.; FIGUEIREDO, L. H. F.; MONTENEGRO, L.C.S.

Análise socioeconômica e ambiental para o uso de asfalto emborrachado na construção de rodovias. Disponível em:

<<http://marcusquintella.com.br/sig/lib/uploaded/producao/Asfalto.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2015.

DI GIULIO, G. Vantagens ambientais e econômicas no uso de borracha em asfalto.

Inovação Uniemp, Campinas, v. 3,n. 3, jun. 2007.

FERNANDES JÚNIOR, J. L. **Avaliação laboratorial de mistura asfáltica densa modificada com adição de borracha**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2015.

FERRARI, J. S.; RIBEIRO, L. C. R.; OLIVEIRA, P.C. **Potencial de Utilização de Pneus Usados em Pavimentação Asfálticas no Brasil**. Brasília, Universidade de Brasília – UnB, 2007.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GONÇALVES, F. P. **Estudo experimental do desempenho de pavimentos flexíveis a partir de instrumentação e ensaios acelerados**. 395f. Tese de Doutorado. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

LEÃO, L. F. C. **Benefícios da utilização de borracha granulada em obras públicas**. Disponível em: <<http://www.sinicesp.org.br/materias/2013/bt08a.htm>> Acesso em: 19 jul. 2015.

LEITE, L. F. M. **Estudos de Preparo e Caracterização de Asfaltos Modificados por Polímero**. 93 f. Tese Doutorado. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

MARTINS, H. A. F. **A Utilização da borracha de pneus na pavimentação asfáltica**. Disponível em: <http://engenharia.anhembis.br/tcc-04/civil-14.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2015.

MEDEIROS, J. B. **Redação científica: a prática de fichamentos, resumos, resenhas**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MORILHA JR., A.; GRECA, M. R. **Considerações Relacionadas ao Asfalto Ecológico – Ecoflex**. 68 f. IEP, Apostila sobre Asfalto Borracha, Instituto de Engenharia do Paraná, 2003.

NEVES FILHO, C. L. D. **Avaliação Laboratorial de Misturas Asfálticas SMA Produzidas com Ligante Asfalto - Borracha**. 118f. Dissertação de Mestrado. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2004.

ODA, S. **Análise da viabilidade técnica do uso de ligante asfalto-borracha em obras de pavimentação**. 251f. Tese de doutorado. São Carlos, SP: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.

ODA, S. Aplicação De Asfalto-Borracha na Bahia. In: **3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás**. 22 f. Bahia, 2015.

ODA, S. **Resultados da avaliação de asfalto-borracha através de ensaios tradicionais e de ensaios da especificação Superpave**. Disponível em: <<http://www.projetosustentabilidade.sc.usp.br/index.php/Exp.-em-Sustentabilidade-Pesquisa/Pesquisa/Universidade/USP/Uso-de-Borracha-de-Pneus-Usados-em-Obras-de-Pavimentacao-Asfaltica>>. Acesso em: 18 dez. 2015.

PIVOTO, L. **Avaliação de Misturas Asfálticas com Incorporação de Borracha Reciclada de Pneus**. 115f. Dissertação de Mestrado. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.