



ASFALTO ECOLÓGICO: VIABILIDADE DA SUA IMPLANTAÇÃO EM RODOVIAS FEDERAIS DO ESTADO DE MATO GROSSO.

Salatíel Apolo Silva Pinheiro¹
Valdivan Leonardo dos Santos²

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar a viabilidade da implantação do asfalto ecológico ou asfalto de borracha, o mesmo é usado nos Estados Unidos há mais de 40 anos, ele só começou a ser visto no Brasil por volta do ano 2000. Segundo Silva; Coêlho 2018, o asfalto borracha tem como características, o aumento da flexão, destinação sustentável de pneus, economia de combustível, durabilidade, viscosidade, capacidade de impermeabilização, aderência ao trafegar, melhor frenagem, elasticidade, menor risco de aquaplanagem, menor sensibilidade a variações extremas de temperatura, redução de ruído entre pneu e pavimento, possibilidade de redução da espessura da pavimentação, além do benefício ao meio ambiente. O trabalho foi realizado utilizando a metodologia bibliográfica por meio de artigos, livros e pesquisas na internet. Mostrando que ao concluir o trabalho á total viabilidade da implantação do asfalto de borracha nas Rodovias federais do estado de mato grosso. Conforme o Projeto de lei nº 829/2020 já em andamento.

Palavras Chaves:Asfalto de borracha. Viabilidade.Meio ambiente.

ABSTRAT

The present work aims to demonstrate the feasibility of implementing ecological asphalt or rubber asphalt, which has been used in the United States for over 40 years, it only started to be seen in Brazil around the year 2000. According to Silva; Coêlho 2018, rubber asphalt has the following characteristics: increased flexure, sustainable tire disposal, fuel economy, durability, viscosity, waterproofing capacity, grip when driving, better braking, elasticity, lower risk of aquaplaning, less sensitivity to variations temperature extremes, noise reduction between tire and pavement, possibility of reducing the thickness of the pavement, in addition to the benefit to the environment. The work was carried out using the bibliographic methodology through articles, books and internet research. Showing that at the conclusion of the work the total viability of the implantation of rubber asphalt in the federal highways of the state of Mato Grosso. According to Bill No. 829/2020 already in progress.

Keywords: Asphalt rubber. Feasibility. Environment.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como tema o asfalto ecológico: viabilidade da sua implantação em rodovias federais do estado de mato grosso. Mostrando pontos para serem analisados, os quais ao término deste estudo já será possível fazer uma análise mostrando se há ou não viabilidade em tal implantação.

¹ Formado em Engenharia pela Faco, Faculdade Metodista conexional, ² Pós Doutor em Engenharia Civi pela ABWU, Florida.



Desta forma, construiu-se questões que nortearam este trabalho:

- A alta degradação em curto período de tempo dos asfalto atual, no estado de Mato grosso. Gerando custo e insegurança para o estado.
- Alto índice de poluição ao meio ambiente, por meio dos pneus descartados inadequadamente. Encontrando uma aplicação benéfica à sociedade para os mesmo.

A adição de pó de borracha extraído de pneus velhos ao ligante asfáltico aumenta a durabilidade do pavimento em até 40% e começa a se popularizar entre as concessionárias de rodovias brasileiras. De acordo com Di Giulio (2007), nos últimos tempos aumentaram-se os estudos sobre a incorporação de fragmentos como ligantes asfálticos. Os resíduos sólidos são resultantes das atividades humanas e da natureza, os quais podem ser utilizados, gerando proteção ao meio ambiente, a comunidade e economia de recursos naturais.

O gerenciamento de resíduos sólidos é uma questão de grande importância quando se fala de acúmulo de pneus inutilizados. Por esta razão avaliou-se a possibilidade da melhoria nas condições dos revestimentos asfálticos com a adição da borracha ao ligante.

No Brasil, há quase 14 anos já é possível trafegar por trechos de rodovias com asfalto-borracha. Em 2001, após pesquisas, houve a primeira utilização do AMB1 no Brasil, que ocorreu em 17 de agosto, no km 319 da BR 116, rodovia sob concessão da Univias. O trecho escolhido fica em Guaíba e Camaquã, no Rio Grande do Sul (GRECA ASFALTOS, 2011).

Neste contexto, observa-se uma oportunidade de gerenciar melhor o passivo ambiental, o pneu inservível começa a fazer parte da matéria prima e se torna um grande aliado no modelo ambientalmente correto e na estratégia econômica.

Vários autores conceituam a pavimentação sendo ele o tradicional ou pavimento de borracha.

Para Balbo (2007), a pavimentação deve propiciar uma pista confortável e segura, com estruturas e materiais capazes de suportar esforços



decorrentes da ação do tráfego combinados com as condições climáticas, a baixo custo, ou seja, buscando, sempre que possível, o aproveitamento de materiais locais para as obras, garantindo um bom desempenho em termos de custos operacionais e de manutenção ao longo dos anos de serviço desta infraestrutura social. Não obstante, nesse aspecto, reside a verdadeira arte e ciência de engenharia de pavimentação, que, como pura técnica (sem aplicação de conceitos científicos, mas como uma arte de se saber fazer), já era assim entendida há mais de dois milênios.

Neste contexto, o objetivo primordial deste estudo é mostrar a importância da pavimentação em um âmbito geral, além de mostrar o benefício que pode causar ao meio ambiente e a sociedade utilizando esse método ecologicamente correto que é o asfalto derivado da borracha.

Para realização deste estudo foi utilizado o método bibliográfico através de livros, artigos e pesquisas na internet, possibilitando chegar em um resultado do objetivo proposto neste trabalho.

Desenvolvimento

1. Pavimentação

O pavimento convencional, em virtude da composição de suas camadas gera alto custo, por esta razão tem necessidade de se buscar novas alternativas no mercado que apresentem um melhor custo benefício, ou seja, bom desempenho com baixo custo.

De acordo com Di Giulio (2007), nos últimos tempos aumentaram-se os estudos sobre a incorporação de fragmentos como ligantes asfálticos. Os resíduos sólidos são resultantes das atividades humanas e da natureza, os quais podem ser utilizados, gerando proteção ao meio ambiente, a comunidade e economia de recursos naturais.

O gerenciamento de resíduos sólidos é uma questão de grande importância quando se fala de acúmulo de pneus inutilizados. Por esta razão avaliou-se a possibilidade da melhoria nas condições dos revestimentos asfálticos com a adição da borracha ao ligante.



No Brasil, há quase 14 anos já é possível trafegar por trechos de rodovias com asfalto-borracha. Em 2001, após pesquisas, houve a primeira utilização do AMB1 no Brasil, que ocorreu em 17 de agosto, no km 319 da BR 116, rodovia sob concessão da Univias. O trecho escolhido fica em Guaíba e Camaquã, no Rio Grande do Sul (GRECA ASFALTOS, 2011).

Neste contexto, observa-se uma oportunidade de gerenciar melhor o passivo ambiental, o pneu inservível começa a fazer parte da matéria prima e se torna um grande aliado no modelo ambientalmente correto e na estratégia econômica.

2. Asfalto borracha

A adição de pó de borracha extraído de pneus velhos ao ligante asfáltico aumenta a durabilidade do pavimento em até 40% e começa a se popularizar entre as concessionárias de rodovias brasileiras.

O asfalto-borracha ou asfalto-ecológico pode até parecer uma novidade em pavimentação, mas não é. Usado nos Estados Unidos há mais de 40 anos, ele só começou a ser visto no Brasil por volta do ano 2000, depois que a patente que protegia a tecnologia venceu. Foi o start para que a adição do pó extraído de pneus usados ao ligante asfáltico se tornasse praticável. Os números são incertos, mas pesquisadores chegam a dizer que, na última pesquisa, em 2011, havia 8 mil km de estradas pavimentadas com asfalto-borracha no Brasil. O número é pequeno diante de uma malha asfáltica de 170 mil km, mas a popularização é crescente entre as grandes concessionárias de rodovias: 22% das estradas administradas pelo Grupo EcoRodovias já possuem pavimentação com asfalto-borracha (o equivalente a 1,5 mil km) e o grupo CCR, outro gigante do setor, possui pavimentação do tipo em 15% de suas rodovias.

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 ou molhada), uma superfície menos ruidosa diante da ação dinâmica dos pneumáticos, (garantia de melhor conforto



ambiental em vias urbanas e rurais), seja qual for a melhoria física oferecida (BALBO, 2007, p.15).

O material é caracterizado por mistura descontínua com ligante asfáltico modificado por borracha triturada de pneus e compactado a quente. Segundo especialistas, quanto maior o teor de borracha aplicado – 5% pelo método industrial ou até 20% pelo sistema “in situ field blend” (*veja case do departamento de Estradas e Rodagem do Rio de Janeiro*) – mais eficiente o pavimento, especialmente no quesito durabilidade. “Em geral, o pavimento de asfalto-borracha é cerca de 40% mais resistente do que o asfalto convencional”, explica Paulo Rosa, engenheiro-assessor de projetos especiais da Ecovias, empresa do grupo EcoRodovias. Além da resistência e diminuição de custos de manutenção, a adição da borracha traz outras vantagens. “O asfalto-borracha tem maior aderência, o que ajuda a evitar derrapagens e reduz o spray causado pelos pneus em dias de chuva”, acrescenta o engenheiro. Além disso, pode ser utilizado em qualquer rodovia com as mesmas condições da aplicação do asfalto convencional.

A ressalva é que esse tipo de pavimentação é cerca de 30% mais caro. “Se precisa de um processo industrial para adicionar a borracha que vai dar condição de melhor resistência ao impacto de tráfego e da intempérie é óbvio que fica mais caro”, afirma o consultor em pavimentação Firmino Sávio de Souza. Decidir se a resistência compensa o custo maior de implantação do asfalto-borracha vai depender da análise do projeto técnico.

Na pavimentação de 1 km de rodovias com asfalto-borracha, a Ecovias reutiliza 600 pneus e a Univias, 1.000. Para isso é usado pó de borracha – extraído do pneu por empresas especializadas, que fazem com que o material se torne novamente útil como matéria-prima na indústria da borracha. Ao ser quimicamente adicionado ao cimento asfáltico de petróleo (CAP), o composto resultante dessa extração dá ao asfalto as características que pertenciam ao pneu, como a capacidade de não perder as características funcionais por causa da variação de temperatura ou intempéries, e as vantagens de aumentar a estabilidade e prolongar a vida útil do pavimento.



“O CAP tem limitações em termos de trabalhabilidade e a borracha adicionada ao cimento confere propriedades positivas em termos de resistência”, assinala Souza. No site da Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos (Abeda) é possível encontrar especificações técnicas do asfalto-borracha.

Com a mistura do pó de borracha (que se assemelha a uma farinha preta), o ligante asfáltico fica mais viscoso, mais grosso, e precisa de uma temperatura maior para ficar líquido e se tornar trabalhável. Enquanto o asfalto convencional exige calor de 60° ou 70°, o asfalto-ecológico precisa de 170° ou até 180°, dependendo da quantidade de pó de borracha adicionado a ele. No final, nem se vê a borracha dissolvida. A última etapa é adicionar pedra ao ligante e aplicar na estrada.

2.1 Asfalto borracha no mundo

Muitos países adotaram a utilização de asfalto borracha, tendo em vista redução de custos de manutenção e também solução ecológica. Nos estados unidos por exemplo, onde foi iniciado a utilização de pneus reciclados na obtenção de material de massa asfáltica, tem-se mais ou menos 70% da malha viária utilizando desse material, principalmente em termos de revestimento, e isso fez crescer a produção de asfalto borracha, onde em 1985 apresentava-se em torno de 900 toneladas/ano e em 2011 saltou-se para 37.000 toneladas/ano (pinto; pinto, 2018).

2.2 Asfalto borracha no Brasil

Como dito anteriormente a utilização de asfalto borracha iniciou no Brasil por volta do ano de 2000 após congresso realizado em Portugal. No Brasil, a iniciação de utilização é referenciado no ano de 2001 em uma obra da BR-116, no estado do Rio Grande do Sul, a qual em 16 km da rodovia aplicou-se asfalto-borracha. Após já foi utilizado em obras de rodovias no Estado de São Paulo e do Rio de Janeiro, e o estado do Ceará também já manifestou interesse (DIAS et al., 2016).

Sobretudo, tem-se três processos para a obtenção do asfalto-borracha: o processo seco, o úmido e variações do úmido denominadas terminal blend e continuous blend (field blend). No processo seco, ou via seca, a introdução da borracha ocorre junto ao processo de preparação da mistura asfáltica, nas usinas de asfalto, onde partículas secas de borracha granulada são acrescentadas aos agregados minerais preaquecidos (isso deve ser anterior a adição do cimento



asfáltico convencional). Nesse a borracha de pneus reciclados são agregado na massa asfáltica. (PINTO; PINTO, 2018).

Quanto ao processo úmido, a borracha é adicionado ao ligante a qual utiliza de partes mais efetiva da borracha, como a elasticidade, sendo este um aspecto que contribui para aumento da resistência à fadiga de misturas asfálticas, a qual a borracha de pneu diminui ainda o processo de envelhecimento do cimento asfáltico ao longo do tempo e de utilização. Mas para modificar o ligante, é necessário fatores como tamanho da partícula da borracha, temperatura de reação, tipo de CAP, proporção CAP x borracha entre outros fatores. A seguir, são resumidos alguns dos fatores envolvidos (CATAPRETA; ZAMBIASI; LOYOLA, 2016).

Pode-se reiterar ainda que para produção do asfalto-borracha pode também ser realizada e transportada para a usina de asfalto, na qual será realizada a mistura com os agregados. Essa tecnologia é denominada terminal blend. A borracha reciclada de pneus é adicionada em pó a um reator de mistura, no qual a digestão da borracha é praticamente concluída. Após o asfalto-borracha estará em condições de ser transportado desde a usina até a parte de aplicação em campo (PINTO; PINTO, 2018).

No Brasil, o processo úmido vem sendo adotado pela tecnologia terminal blend. O ligante é modificado em reatores específicos em fábricas de emulsões e de asfaltos borrachas modificados, por meio da incorporação de borracha finamente granulada ao asfalto e aditivos (óleos extensores, por exemplo). O processo é controlado para atingir especificações que possibilitem a estocagem do asfalto-borracha tendo o intuito de preservar boa qualidade ao cimento asfáltico (PINTO; PINTO, 2018).

A produção em fábrica separada do local da usinagem é normalmente realizada com borrachas de granulometria, entre peneiras 40 e 80. Quando necessário, adicionam-se óleos extensores, do tipo extratos aromáticos, para proporcionar maior estabilidade à estocagem. Normalmente, o processo possibilita melhor controle de qualidade tanto do produto como quanto a dispersão da borracha no asfalto (SALINI, 2000).

A faixa granulométrica mais utilizada no Brasil é a preconizada pela Caltrans (California Department of Transportation), Califórnia, Estados Unidos, conforme a Tabela, a seguir.



Tabela 1 - Faixa granulométrica utilizada no Brasil para *gab graded*

Peneira	Peso passando (%)
3/4"	100
1/2"	90 – 100
3/8"	78 – 92
No 4	28 – 42
No 8	15 – 25
No 30	10 – 20
No 50	7 – 15
No 100	4 – 10
No 200	2 – 7

Fonte: BERNUCCI *et. al.* (2008)

A mistura asfáltica *gab graded* é caracterizada por um elevado teor de asfalto-borracha (6,0 % a 8,0 %), com vazios da ordem de 4,0 % a 6,0 % e a relação betume-vazios (RBV) entre 65 % e 80 %. O alto teor de betumes-vazios favorece para que ocorra melhor acomodação do asfalto borracha, sendo que esse processo colabora na melhoria entre contato e os agregados. Vale reiterar que *gab graded* então é uma mistura usinada a quente, que apresenta resistência à deformação permanente, além de aderência entre pneu e pavimento. A compactação dessa massa asfáltica deve ser realizada utilizando rolo liso de chapa estático (ZAGONEL, 2013).

2.3 Viabilidade e aplicação de massa asfáltica – borracha no Brasil

Outro exemplo claro quanto a aplicação de massa asfáltica borracha no Brasil foi citado por Cordeiro e Pinto (2017) na obra da BR BR-040/RJ, sob administração da CONKER, a qual foi realizada restauração dos quilômetros 45 e 64, na região de Itaipava (RJ). A empresa transportou asfalto-borracha até o canteiro de obras a uma temperatura entre 175 °C e 180 °C. Para manter a homogeneidade do ligante, os tanques das carretas-tanque foram dotados de agitadores e bomba de asfalto de alto desempenho para o constante bombeamento e agitação do ligante, com isolamento térmico. O caminhão possuía um “mecanismo” para manter o ligante em



constante movimento, com a finalidade de evitar a sedimentação da borracha introduzida no asfalto.

O controle de qualidade do asfalto-borracha, deve atender os requisitos estabelecidos pela norma DER/PR ES-P 28/05, onde buscou-se prevalecer viscosidade Brookfield; uma penetração a 25 °C a qual chega-se a um ponto de amolecimento; e uma recuperação elástica. O tanque misturador da CONCER, desenvolvido e fabricado pela Ciber Equipamentos Rodoviários, contém dois agitadores, cada um eixo vertical com duas hélices de três pás em ângulo. Os agitadores são acionados por motores elétricos a uma rotação de 45 rpm. Além de que devem evitar restos de asfalto-borracha nos tanques, para evitar a formação de borras que poderão provocar o entupimento do sistema (CORDEIRO; PINTO, 2017).

A usina da obra da BR-040/RJ estava calibrada para a produção de cerca de 60 toneladas por hora. Em geral, produz por batelada de 800 kg a 850 kg de massa asfáltica. O tempo de mistura da massa no misturador (pugmill) é de cerca de 20 segundos. Diante de temperaturas maiores de usinagem (agregado -185 °C e ligante -175 °C), o consumo de combustível para a usinagem do asfalto-borracha é cerca de 7 % a 10 % superior, comparado à usinagem do CAP convencional. O controle da usinagem do concreto asfáltico na obra deve ser de acordo com os critérios estabelecidos pelo DNIT e é realizado a cada 200 toneladas de mistura asfáltica produzida ou a cada oito horas, ressaltando: 1. Controle da quantidade do ligante nas massas asfálticas usinadas: extrações do asfalto-borracha por meio do extrator do tipo Rotarex ou similar. 2. Controlamento de graduação da mistura de agregados: ensaios de granulometria da mistura dos agregados depois das extrações de betume. 3. Manutenção das características da mistura é estabelecido pelos ensaios Marshall. Na restauração da BR-040/RJ, a massa foi lançada com a espessura em torno de 8 cm. Depois de compactada, atingiu a espessura de 6 cm, com grau de compactação (GC) superior a 97 %. O tráfego foi liberado imediatamente após o resfriamento da camada (CORDEIRO; PINTO, 2017).

3. Pneus poderão ser usados para produção de asfalto em Mato Grosso.

Através do Projeto de lei nº 829/2020, apresentado no dia 23 de setembro, o deputado sargento Elizeu Nascimento (DC), propôs a utilização de massa asfáltica



ecológica, produzida a partir da borracha de pneus inservíveis, para o asfaltamento das estradas e rodovias situadas em Mato Grosso.

O asfalto-borracha ou asfalto-ecológico é usado nos Estados Unidos há mais de 40 anos. O material, no entanto, só começou a ser visto no Brasil por volta do ano 2000, depois que a patente que protegia a tecnologia venceu. Atualmente o Brasil possui mais de 8 mil km de estradas pavimentadas com asfalto-borracha.

De acordo com a proposição, caso seja aprovado, o governo de Mato Grosso poderá conceder incentivos fiscais às empresas para o cumprimento da proposta. O parlamentar esclarece que a utilização de borracha moída de pneus em asfalto é atualmente uma solução de engenharia para a destinação desse tipo de resíduo.

Além dos benefícios econômicos, para Nascimento a reciclagem de pneus é uma alternativa para a preservação do meio ambiente. “A partir de estudos técnicos, observou-se que o asfalto composto de borracha de pneus apresenta uma série de vantagens sobre o asfalto simples, como alta viscosidade, maior resistência ao calor, aumento da elasticidade, melhor aderência, maior resistência aos danos causados pelo derramamento de combustíveis, redução de ruídos, aumento da vida útil da pavimentação, além disso ainda contribui para a sustentabilidade e preservação do meio ambiente”, ressalta o parlamentar, em defesa da aprovação do projeto.

Elizeu Nascimento ainda esclarece que o produto já é empregado em outros estados brasileiros, tais como Minas Gerais e Rio Grande do Norte.

4. Vantagens e desvantagens do asfalto borracha, um comparativo com o asfalto convencional

Estudos apontam que a utilização da borracha moída proveniente dos pneus traz melhorias as propriedades ligantes da massa asfáltica, tornando o asfalto borracha uma excelente opção para as pavimentações que exigem maior resistência aos elevados esforços oriundos do tráfego e de situações climatológicas, (ROSA et al. 1997).



Segundo Silva; Coêlho 2018, o asfalto borracha tem como características, o aumento da flexão, destinação sustentável de pneus, economia de combustível, durabilidade, viscosidade, capacidade de impermeabilização, aderência ao trafegar, melhor frenagem, elasticidade, menor risco de aquaplanagem, menor sensibilidade a variações extremas de temperatura, redução de ruído entre pneu e pavimento, possibilidade de redução da espessura da pavimentação.

De acordo com Morilha Jr. e Greca (2003), a flexibilidade se dá através concentração de elastômeros na borracha dos pneus e a adesividade do ligante nos agregados, a durabilidade é devido à presença de antioxidantes e carbono na borracha, reduzindo sua oxidação.

O quadro abaixo apresenta as principais vantagens e desvantagens do asfalto borracha:

Quadro 02: Vantagens e desvantagens do asfalto borracha.

VANTAGENS	Aumento da vida útil do pavimento. (Durabilidade).
Maior resistência à formação de trilhas de rodas, à reflexão de trincas e ao envelhecimento (Elasticidade).	
Proporciona pavimentos mais seguros, confortáveis e silenciosos.	
Melhor relação custo-benefício do mercado.	
Aplicação, usinagem e estocagem simples.	
Não necessitam de agitação constante.	
Melhor aderência entre os agregados e o ligante.	
Maior resistência ao envelhecimento.	
Recuperação elástica superior.	
Menor susceptibilidade térmica.	
Ecologicamente correto.	
DESVANTAGENS	Custo por tonelada mais elevado.
Heterogeneidade	
Índices de Temperatura mais elevados	
Odor	



Fonte: Greca Asfaltos, 2008.

A tabela abaixo apresenta uma comparação com dois tipos de asfalto.

Tabela 04: Comparativo entre o asfalto borracha x Asfalto convencional.

ASFALTO BORRACHA	CBUQ CONVENCIONAL
Maior durabilidade	Menor durabilidade
Alta aderência e estabilidade	Aderência e estabilidade regular
Melhor adesividade dos agregados	Boa adesividade dos agregados
Pavimento mais resistente	Resistência regular
Redução de espessura do pavimento	Pavimentos mais espessos
Exige maior controle tecnológico	Menor rigor tecnológico
Executável em altas temperaturas	Temperaturas mais baixas
Maior custo de execução	Menor custo de execução
Poucas manutenções	Manutenções frequentes

Fonte: Greca Asfaltos, 2008 (Adaptado).

Segundo Morilha Jr. e Greca (2003), “o ligante asfalto-borracha possui um ponto de amolecimento maior que o do convencional melhorando a resistência da formação de trilhas de roda.” Conforme Silva, Coêlho (2018) em uma comparação feita com o asfalto convencional (CBUQ), o ligante asfáltico com borracha leva 3 vezes mais tempo para o aparecimento de patologias:

Foram submetidas duas placas para ao simulador de trafego, a placa da esquerda é confeccionada com ligante convencional deformou-se 13% após 10.000 ciclos, quanto que a placa da direita é composta por asfalto borracha deformou-se apenas 5% após 30.000 ciclos de deformações.

Figura 13: Placas após simulador de tráfego.



Fonte: Silva e Coêlho, 2018.

CONCLUSÃO

Ao término deste trabalho conclui-se que há viabilidade na utilização da pavimentação de asfalto de borracha, pode-se verificar em termos de custo benefício, devido ao seu baixo custo de manutenção e diminuição de trincas em trechos que baixo tráfego, além de apresentar viabilidade ambiental e econômica, devido reaproveitamento de pneus que antes seriam dispensados ao meio ambiente ou que não teriam qualquer utilidade.

Quanto aos custos pode-se observar custo maior, principalmente no quesito de materiais utilizados no processo de pavimentação, porém, diante ainda da não utilização desse material no estado de Mato Grosso, não se tem como ter uma abordagem mais clara quanto a custos de mão de obra e vida útil, ficando assim sugestão para futuros trabalhos.

Mas conforme os estudos utilizados na confecção desse material, há evidência científica que asfalto borracha comparada a convencional apresenta-se viável economicamente devido sua resistibilidade e de baixo custo de manutenção.

Ainda pode-se colocar a necessidade de maiores investimentos na utilização de materiais alternativos e que de alguma forma já apresentam comprovação científica de sua viabilidade, até porque os gastos com pavimentação no Brasil são dispendiosos, e buscar alternativas mais viáveis, colaboraria positivamente nos cofres públicos e em termos de qualidade dos serviços oferecidos a população, pois, atualmente a malha rodoviária é responsável pelo tráfego de inúmeros veículos todos os dias no país.



Pode-se concluir assim que o uso de borracha no asfalto tem demonstrado solução e colaborante e inteligente para o desenvolvimento sustentável a qual reutiliza materiais que antes seriam descartados, além de ser um material polimérico alternativo para melhorar as propriedades de desempenho do asfalto.

REFERENCIAL TEÓRICO

BALBO, J.T. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 558p.

BERNUCCI, Liedi Bariani. **Pavimentação asfáltica: Formação básica para Engenheiro**. Rio de Janeiro: Petrobras, 2008. Capítulos. 4, 5 e 8.

CATAPRETA, Cícero Antônio; ZAMBIASI, Clarissa Ana; LOYOLA, Letícia Aparecida de Jesus. **Uso da borracha de pneus na pavimentação como uma alternativa ecologicamente viável**. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campina Grande/PB – 21 a 24/11/2016.

CORDEIRO, Willian Rubbioli; PINTO, Salomão. **Algumas considerações sobre asfalto modificado por borracha de pneus**. In: **Pavimentação asfáltica: conceitos fundamentais sobre materiais e revestimentos asfálticos**. 1 ed Rio de Janeiro: LTC, 2018.

CORDEIRO, Laércio da Silveira; JUNIOR, Milton Gonçalves da Silva. **O uso do asfalto-borracha na pavimentação de vias urbanas**. TCC, Curso de Engenharia Civil, Jaraguá, 27p. 2019.

DIAS, Alvaro José; PAULA, Aline Brito de; FRANCO NETO, Geraldo Gouveia; BERNADES, Matheus Sousa. **O Uso de Borracha em Ligantes Asfálticos para Pavimentação de Rodovias no estado de Minas Gerais**. 8º EnTec – Encontro de Tecnologia da UNIUBE / 28 a 30 de outubro de 2014.

DI GIULIO, G. **vantagens ambientais e econômicas no uso da borracha em asfalto** – Inovação Uniemp v.3 n.3 – Campinas, 2007.

GRECA ASFALTOS. **Fatos & Asfaltos**, Informativo quadrimestral, ano 8, nº 24 de Outubro, 2011.

MORILHA, JR. **Estudo sobre a ação de modificadores no envelhecimento dos ligantes asfálticos e nas propriedades mecânicas e de fadiga das misturas asfálticas**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

PINTO, Salomão; PINTO, Isaac Eduardo. **Pavimentação asfáltica: conceitos fundamentais sobre materiais e revestimentos asfálticos**. 1 ed Rio de Janeiro: LTC, 2018.



ROSA, Ana Paula Gonçalves; SANTOS, Roberto Aguiar dos; CRISPIM, Flávio Alessandro; RIVA, Rogério Dias Dalla. **Análise Comparativa entre Asfalto Modificado com Borracha Reciclada de Pneus e Asfalto Modificado com Polímeros**. Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.20, p.31-38, novembro, 2012.

SALINI, Reus Bortolotto. **Utilização de Borracha Reciclada de Pneus em Misturas Asfálticas**. Florianópolis, 120p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

SILVA, Gabriel. **Tratamentos superficiais com asfalto borracha**. Trabalho de conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil. Curso de Engenharia Civil, 2019.

SILVA, Gabriella. COELHO, Mauro Frank Oguino. Uso do asfalto borracha na pavimentação de rodovias. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, 2018. Vol. 01, Ed. 11, p. 96-117, 2018.

TEIXEIRA, Luan Honório Brasil; ARAUJO, Otavio Correia Campos. **Estudo das Vantagens do asfalto-borracha em relação ao asfalto convencional**, TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 46p. 2018.

ZATARIN, Ana Paula Machado; SILVA, André Luiz Ferreira da; ANEMAM, Lehi dos Santos; Barros, Marcos Roberto de; CHRISOSTOMO, Walbert. **Viabilidade da pavimentação com asfalto-borracha**. Artigo 2017.

ZAGONEL, Ana Regina. **Inovações em revestimentos asfálticos utilizados no Brasil**. Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil. Curso de Engenharia Civil. jul, 2013.

<https://www.al.mt.gov.br/midia/texto/deputado-propoe-utilizacao-de-pneus-velhos-para-producao-de-asfalto/visualizar>