



ASFALTO PRÁTICO COM USO DE BORRACHA DE PNEU PRACTICAL ASPHALT WITH THE USE OF TIRE RUBBER

Santos, Karina Alves¹; Santos, Pedro Victor²;

Orientador: Prof. Rafael Augusto Valentin da Cruz Magdalena – Universidade São Francisco (USF), Bragança Paulista – SP

¹ Estudante do curso de Engenharia Civil da Universidade São Francisco (USF), Bragança Paulista – SP.

kaasantos2016@gmail.com; pedro.victor00@hotmail.com

RESUMO. Com o decorrer dos tempos, a sociedade está cada vez mais capitalista e com isso o consumismo é exorbitante, verificamos que a reutilização de diversos materiais é essencial para se obter um equilíbrio simultâneo entre a humanidade e o meio ambiente. O pneu nesse processo tem papel indispensável e imprescindível na vida diária, seja no transporte de cargas ou de passageiros. Entretanto, quando não se pode mais utilizá-los, se acarretam uma gama de problemas, seja eles ambientais, sociais e conseqüentemente econômicos. Uma forma de reutilização 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 dessa pesquisa é abordar a utilização da borracha de pneus para a pavimentação asfáltica, demonstrando sua contextualidade histórica e os avanços tecnológicos dessa reutilização no Brasil. 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. A sua utilização como material ligante asfalto borracha, seja natural ou sintético em carros e caminhões, acarreta diversas vantagens na pavimentação asfáltica devido ao impacto positivo, principalmente no meio ambiente. De uma maneira geral conclui-se que a utilização da adição de borracha de pneus em ligantes asfálticos aplicados em obras de pavimentação no Brasil se mostra como uma técnica para aumentar a durabilidade de diversas estradas, ruas, rodovias e afins em todo o país, além dessas qualidades a junção da massa asfáltica com a borracha de pneu dará um destino sustentável para o mesmo, contribuindo assim para o meio ambiente.

Palavras-chave: resistência, meio ambiente, asfalto.

ABSTRACT. With the passage of time, society is increasingly capitalist and with that consumerism is exorbitant, we find that the reuse of different materials is essential to achieve a simultaneous balance between humanity and the environment. The tire in this process plays an indispensable and indispensable role in daily life, whether in the transport of cargo or passengers. However, when they can no longer be used, they pose a range of problems, be they environmental, social and consequently economic. One form of reuse is the incorporation of rubber from tires in asphalt coatings, a practice that has been used in the United States since 1970 and recently incorporated in Brazil. Thus, the objective of this research is to address the use of tire rubber for asphalt pavement, demonstrating its historical context and the technological advances of this reuse in Brazil. As a methodology, it was a descriptive and exploratory bibliographic survey, with a qualitative approach on the use and advances of asphalt-rubber. Its use as a rubber-asphalt bonding material, whether natural or synthetic in cars and trucks, has several advantages in asphalt paving due to its positive impact, especially on the environment. In general, it is concluded that the use of the addition of tire rubber in asphalt binders applied in paving works in Brazil is shown as a technique to increase the



durability of several roads, streets, highways and the like throughout the country, in addition to of these qualities, the combination of the asphalt mixture with the tire rubber will provide a sustainable destination for it, thus contributing to the environment..

Keywords: resistance, environment, asphalt.

INTRODUÇÃO

Diversos materiais podem ser utilizados para pavimentações, mas dentre todos, destaca-se pela utilização e eficiência o asfalto. A história de sua criação é antiga, havendo relatos de sua existência até na Bíblia. A utilização do betume também é citada na Mesopotâmia, e até em processos de mumificação no Egito, para impermeabilização de aquedutos e para fabricação de bolas lançadas por catapultas em Roma. No século XIX, os franceses, os americanos e os ingleses, começaram a utilizar o material em pavimentações de ruas e pátios. Posteriormente, no século XX, iniciou-se a obtenção do asfalto proveniente da destilação do petróleo nos Estados Unidos.

O pavimento é um esqueleto das rodovias divididas em diversas camadas, construída sobre uma fundação, denominada de subleito. Como segue a imagem abaixo.

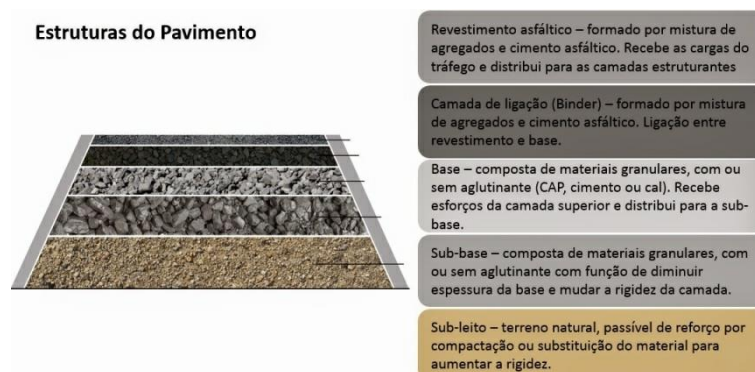


Figura 1 – Estrutura do Pavimento.
Fonte: ASFALTO DE QUALIDADE (2015)

Comumente, as camadas mais próximas da área externa têm melhores características e custos de implantação mais elevados. Estruturalmente falando, a classe mais essencial é a base, porque ela serve para aguentar os efeitos destrutivos do imenso deslocamento da camada de rolamento. Embaixo da base, conforme transição da base ao subleito, pode existir uma sub-base e/ou um reforço do subleito.

Concreto Betuminoso Usinado a Quente

Também chamado de CBUQ, é uma mistura normalmente composta de agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita), material de enchimento (Filler-cimento ou pó calcário) e ligante (CAP - Cimento Asfáltico de Petróleo), obtido da destilação fracionada do petróleo.

A mistura dos agregados com o ligante é realizada à quente em uma usina de asfalto e transportada, até o local de sua aplicação, por caminhões basculante especialmente equipados onde é lançado por equipamento adequado chamado de vibro acabadora. Após seu



lançamento, a mistura é compactada por rolos compactadores até atingir a densidade especificada em projeto.

Conforme DNIT (2006, p. 8):

Para execução do concreto asfáltico são necessários trabalhos envolvendo a utilização de asfalto e agregados, além da instalação de usina misturadora. Os cuidados observados para fins de preservação do meio ambiente envolvem a produção, a estocagem e a aplicação de agregados, assim como a operação da usina. (DNIT, 2006, p. 8)

Asfalto a Frio

O asfalto a frio, é o concreto betuminoso usinado a quente modificado por polímeros e aditivos que retardam a cura e que possibilitam sua aplicação a frio. Em vários lugares, o asfalto frio é visto como uma forma rápida e econômica de minimizar problemas de revestimento, tanto em áreas urbanas, quanto rurais. Outro fator que conta bastante na questão da praticidade é que o asfalto frio ensacado com embalagens de rafia, acaba facilitando o transporte e estocagem desse material. Esse tipo de revestimento é muito desconhecido ainda, ele oferece uma infinidade de vantagens que são importantes e devem ser citadas como a impermeabilidade, segurança, boa aderência, rapidez e eficácia.

Segundo Minasfalto,

Ruas e rodovias esburacadas sempre foram um problema recorrente em muitos lugares, afinal de contas, a condição ruim das estradas pode comprometer a estrutura dos veículos e também causar sérios acidentes. Mas tudo isso indica que essa é uma realidade que pode ser mudada através do revestimento com asfalto a frio. (Minasfalto, 2019)

Borracha de Pneu

A pavimentação asfáltica empregando asfalto-borracha de pneus inservíveis tem sido uma das áreas mais estudadas e consideradas como alternativa em potencial para a solução do passivo ambiental, causado por pneus inservíveis descartados de forma inadequada. Tal fato é devido basicamente a dois fatores: a possibilidade de utilização em larga escala de um grande volume de pneus inservíveis e a melhoria nas características técnicas da mistura asfáltica produzida com adição da borracha de pneu moída (SPECHT, 2004).

O asfalto-borracha, que é empregado na pavimentação asfáltica, é um asfalto modificado por borracha moída de pneus. Além de ser uma forma nobre de dar destino aos pneus inservíveis, resolvendo um grande problema ecológico, o uso de borracha moída de pneus no asfalto melhora em muito as propriedades e o desempenho do revestimento asfáltico (PETROBRAS, 2016).

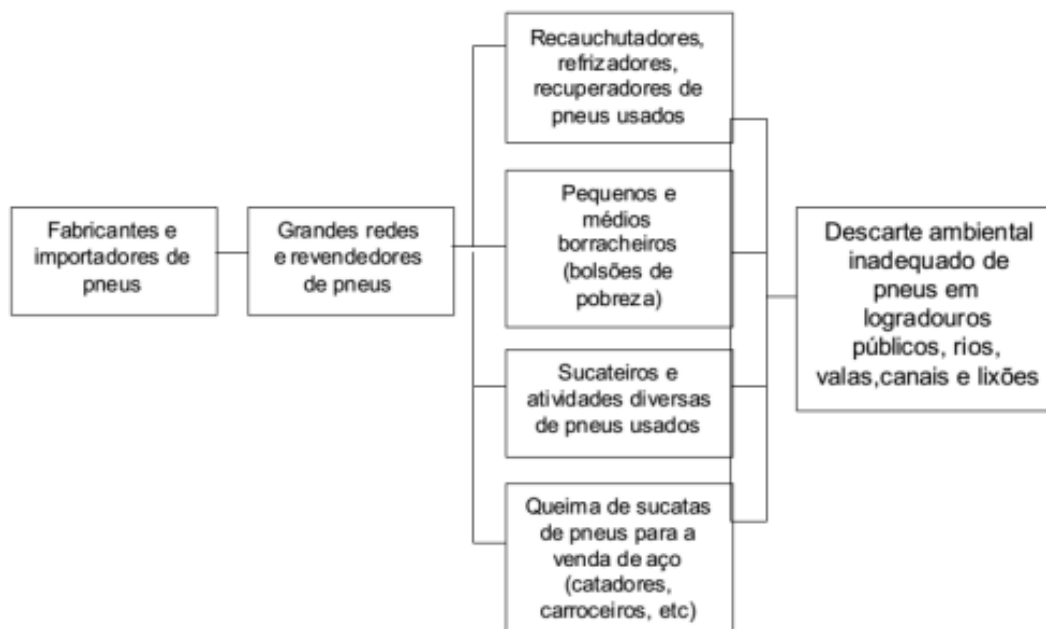


Figura 2 – Esquema do ciclo de vida de um pneu.
Fonte: Martins (2004)

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.

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 aprovada em 1999, por determinação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). 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 (MARTINS, 2004).

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).

Fibra de Vidro

A primeira vez que houve a fabricação de fibra de vidro foi nos anos 30 na Europa, mas somente nos anos 40 esse material teve sua expansão pelo mundo e em vários segmentos industriais. Esse material começou a ser estudado em função da Segunda Guerra Mundial, pois é muito utilizado na fabricação de aviões.

É um material composto da aglomeração de finíssimos filamentos de vidro que não são rígidos e são altamente flexíveis. Quando adicionado à resina poliéster, transforma-se em um composto popularmente conhecido como fibra de vidro, mas na verdade o nome correto é PRFV, ou seja, Polímero Reforçado com Fibra de Vidro. A resistência química das Fibras de Vidro são determinadas pela resina e construção do laminado.

A implantação da fibra de vidro na construção civil não é realizada devido ao seu custo para moer o resíduo que se assemelha ao de transportes para o descarte em aterros sanitários. Porém, é possível observar que o acúmulo de resina poliéster junto com a fibra de vidro, vem aumentando muito nos últimos anos, atingindo cerca de 80 toneladas por mês, gerando enormes transtornos quanto ao depósito em aterros e inutilização da matéria prima.

No trabalho em questão a fibra de vidro que será de base para análise é a resultante do descarte, sendo assim viável no âmbito ambiental e econômico.

METODOLOGIA

Por meio de pesquisas exploratória e referencial teórico e com objetivo de traçar um comparativo relacionado o desempenho das misturas com massa asfáltica, resistência, durabilidade, aumento do volume da massa asfáltica e principalmente visando o menor aditivo poluidor para o meio ambiente. Coletamos resultados de pesquisas envolvendo concreto betuminoso quente com borracha de pneu e asfalto prático com fibra de vidro.

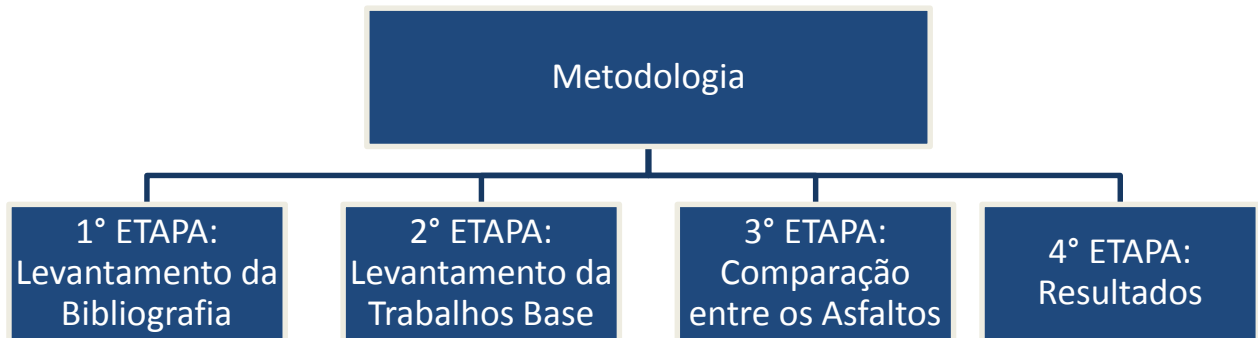


Figura 3 – Organograma da pesquisa realizada.
Fonte: Próprios Autores

Massa Asfáltica Prática Com Fibra de Vidro

Segundo Homem (2002), buscou avaliar o comportamento de um concreto asfáltico modificado pela adição de fibra de vidro, cerca 1% de fibra de vidro referente ao total da mistura. O mesmo obteve contribuições positivas sobre o modulo de resistência, com o aumento da temperatura, e os valores de deformação permanente foram minimizados.

Fibra de Vidro

No ensaio com a fibra de vidro foi realizado os preparos dos materiais e os equipamentos conforme as exigências da norma DNER-ME 107/94 onde determina quais materiais serão necessários para serem utilizados. Os materiais exigidos pela mesma são:

- Prensa com capacidade de aplicar cargas de até 39.204N;
- Medidor de fluência;
- Repartidores de amostra;
- Balança com capacidade de 5Kg;
- Molde de Compactação de aço;
- Soquete de compactação de aço (Peso: 4.540g e altura: 45,72cm queda livre);
- Extrator de corpo de prova;
- Paquímetro;
- Molde de compressão de aço;
- Papel filtro.



Figura 4 – Equipamentos e materiais utilizados.
Fonte: Ferreira e Gomes (2019)

Borracha de Pneu

O principal composto do pneu é a borracha, é o principal material, essa borracha ela é dividida em dois tipos, natural que é aquela extraída da *seingueira- hevea brasiliensis*¹, e a sintética que é um polímero com propriedades físicas parecidas com a da borracha natural. Além desses materiais, tem como matéria prima do pneu e o nego de fumo para deixar a borracha mais resistente, aumentando o seu desempenho.

Ensaio de Resistência

Essa análise teve como base a monografia de Ferreira e Gomes (2019), onde foi dissertado sobre como os resíduos de fibra de vidro poderia melhorar a resistência do asfalto. A monografia foi produzida por alunos da Universidade São Francisco em 2019.

No ensaio foram moldados corpos de prova com asfalto pratico com a junção da fibra de vidro que representaram 5% da mistura, e corpo de prova formado com CBUQ com a junção da borracha de pneu representando também 5% da mistura.

Ensaio Marshall

Essa análise teve como base o artigo “Utilização de resíduos de borracha de recauchutagem de pneus na composição de asfalto”, onde foi dissertado sobre como os

¹ Palavra do Latim. Significado: Seringueira ou Árvore-da-borracha

resíduos de borracha presentes nos pneus poderia melhorar a resistência do asfalto. O mesmo artigo foi publicado na RCT – Revista de Ciência e Tecnologia.

O ensaio de Marshall para dosagens de misturas asfálticas, é feito, determinando-se inicialmente, o peso específico real do cimento asfáltico de petróleo e agregados. Quanto a faixa granulométrica a ser utilizada para o agregado, é utilizada a norma vigente mais adequada, sendo as faixas do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte) a mais utilizadas.

Amostras com 95% de Asfalto a Frio e 5% de Fibra de Vidro

Os autores moldaram corpos de provas com 95% de asfalto prático formado pela junção de 5% da fibra de vidro, um total de 75 (setenta e cinco) golpes com soquete na compactação, assim como é estabelecido na Norma DNER-ME 107/94.



Figura 5 – Pesagem da mistura.
Fonte: Ferreira e Gomes (2019)

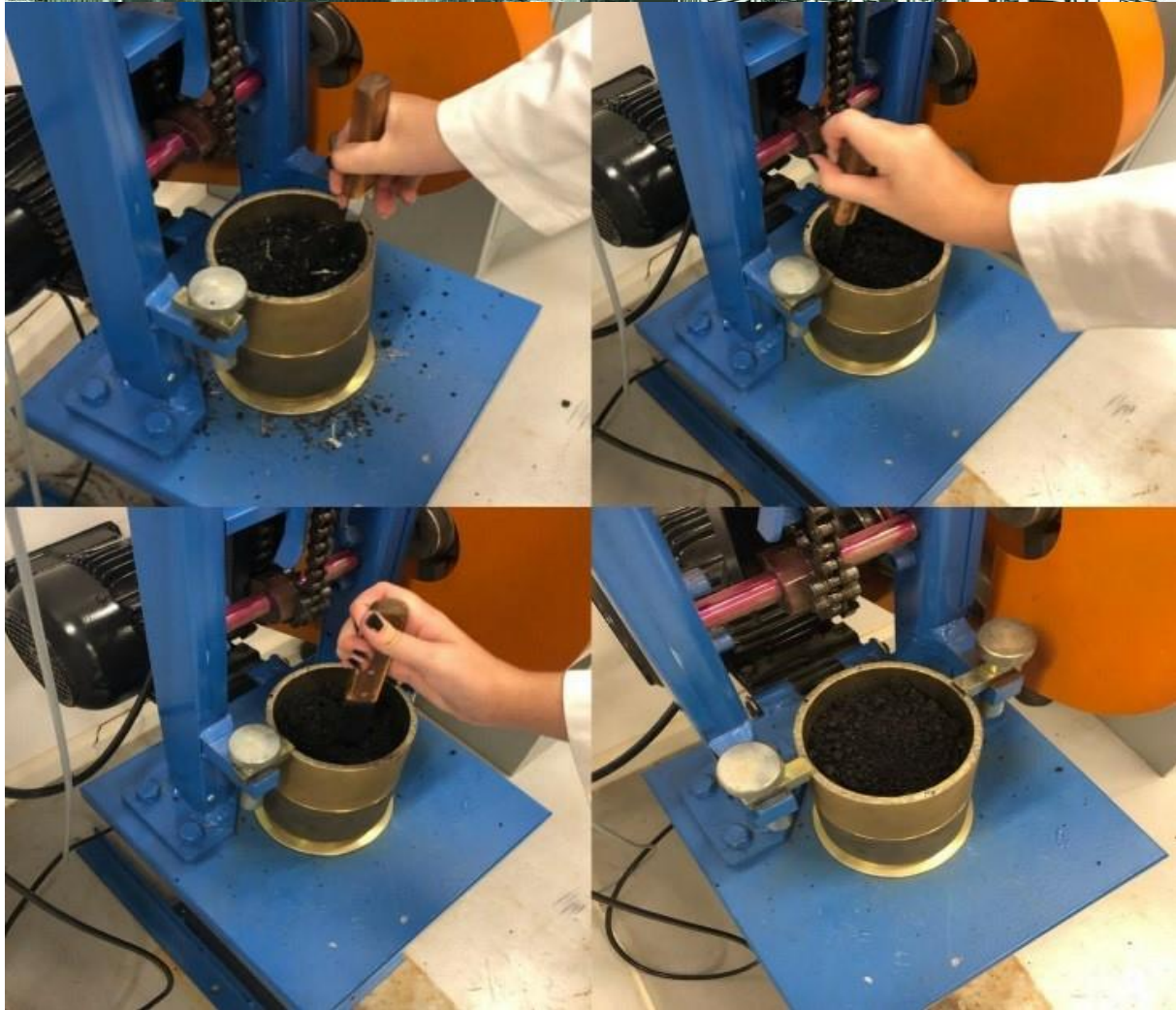


Figura 6 – Execução de golpes com a espátula.
Fonte: Ferreira e Gomes (2019)

CBUQ com Borracha de Pneu

Foi realizado um experimento laboratorial, no qual foi produzida uma amostra de asfalto com composição de borracha de pneus triturados, os corpos de prova foram moldados, todos os procedimentos foram elaborados conforme a norma vigente estabelecida pelo DNER – ME 043/95 e DNIT – ES 2009.



Figura 7 – Corpos de Prova (a) e Resíduos utilizados (b).
Fonte: Silva et al. (2019)



Figura 8 – Pesagem do CAP.
Fonte: Silva et al. (2019)

Os autores moldaram corpos de provas com 95% de asfalto betuminoso quente formado pela junção de 5% de borracha de pneu, um total de 75 (setenta e cinco) golpes com soquete na compactação.

O resíduo gerado, além da borracha, possui uma porcentagem de arames de aço. Por isso, antes de usá-lo, foi feita a retirada destes componentes com o auxílio de um ímã, após esse processo foi feito o peneiramento para separação do material em tamanhos médio, fino e grosso.

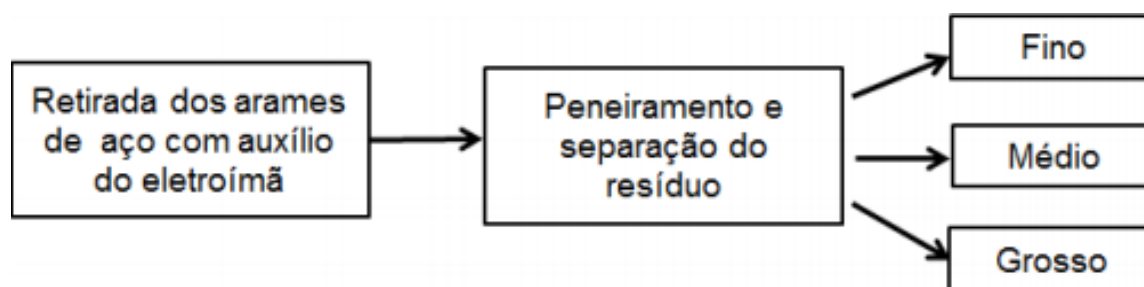


Figura 9 – Fluxograma do beneficiamento do resíduo.
Fonte: Silva et al. (2019)

Comparativo de Custo entre CBUQ (concreto betuminoso usinado a quente), PMF (asfalto pré misturado a frio) e Asfalto a Frio.

O asfalto Pré Misturado a Frio (PMF) é o material mais utilizado até então, principalmente por não ser necessário estar em alta temperatura para sua aplicação dentre outras características, porém de acordo com Bernucci (2008) para a existência de uma infraestrutura de alto nível é elementar que se investigue materiais alternativos e tecnologias que inovam o processo de pavimentação, por essa razão existe o método de comparar a resistência e os aspectos econômicos do Concreto asfáltico Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) modificado não emulsionado ao PMF.

Se compararmos o asfalto frio e o PMF, podemos melhorar várias propriedades relacionadas dos dois materiais, que são significativamente diferentes. Em relação à composição e fabricação, como mencionamos anteriormente, o método de preparação do betume frio é semelhante ao betume convencional CBUQ, portanto é necessário o processamento a quente.

A única diferença é que os aditivos que permitem revestimento a frio são adicionados durante o processo de mistura. Por outro lado, o PMF é trabalhado a frio sem secagem do agregado, e a mistura de água e ligante de asfalto é seca.

Na aplicação, o asfalto frio e o PMF apresentam algumas semelhanças, mas ainda apresentam diferenças importantes. Além de armazenar e ensacar para conectar, ambos os materiais podem ser comprimidos a frio. No entanto, o asfalto frio pode ser usado na chuva ou em buracos com água e armazenado em sacos por até 2 anos, enquanto o PMF não deve ser usado em condições de chuva e só pode ser armazenado por até 5 dias. Além disso, o PMF deve esperar 12 horas para liberar o veículo e o tráfego frio do asfalto deve ser liberado imediatamente.

Em termos de resistência, o asfalto frio é melhor que o PMF na maioria dos casos. Em comparação com o asfalto tradicional, os polímeros de borracha podem aumentar a resistência e a vida útil dos materiais em até 30 % pois o PMF tem uma resistência muito menor a calçadas temporárias ou muito baixas. Em algumas cidades, o uso de PMF nas vias públicas foi proibido devido à sua baixa durabilidade, mas algumas cidades reservaram suas próprias fábricas desse material para operações para encobrir buracos de curta duração.

Quanto ao custo do material o PMF apresenta um preço até 50% mais baixo que o asfalto convencional e o asfalto frio, mas se levarmos em conta a durabilidade e a vida útil do material o custo dele é muito mais alto em relação aos outros materiais. O asfalto frio dura de



5 a 10 anos e o PMF em muitos casos dura apenas alguns meses dependendo do tipo de tráfego.

Tabela 1 – Comparativo entre CBUQ, PMF e Asfalto a Frio.

Característica	Asfalto Frio	CBUQ	PMF
Usinado a quente	Sim	Sim	Não
Usinado a frio (emulsionado)	Não	Não	Sim
Estocável	2 anos	Não	5 dias
Aplicação na chuva	Sim	Não	Não
Liberação do tráfego	Imediata	5 h	12 h
Resistência	Alta	Alta	Baixa
Vida útil	Alta	Média	Baixa
Preço	Alto	Médio	Baixo
Custo a médio e longo prazo	Baixo	Médio	Alto

Fonte: Adaptado de Novo Asfalto (2018).

Quando é analisado o aspecto econômico o PMF mostrou resultados vantajosos e aliado a isso apresentou melhores resultados de resistência, como já indicado nos estudos apresentados anteriormente, tendo como um objetivo a necessidade de adquirir grandes quantidades, pois é vendido em toneladas, se tornando inviável seu uso quando necessita-se fazer pequenas manutenções em pavimentos asfálticos (recapeamentos) ou até mesmo pequenas pavimentações, sendo nessa ocasião o CBUQ em estudo a melhor solução para uma manutenção pequena e rápida.

Sendo assim a escolha do produto deverá ser escolhido de acordo com a exigência e a necessidade de quem irá executar e do proprietário ou responsável da obra, para cada caso um material será mais praticável que o outro, cabe ao responsável analisar e determinar qual se encaixa no que se almeja.

RESULTADOS E DISCUSÕES

A partir de critérios de projeto para energia a ser transmitida ao pavimento, realizar-se-á o ensaio sendo à mistura aplicada energia equivalente de compactação. A mistura agregado asfalto é feita com restrições a viscosidade do betume que por sua vez, limita a temperatura a ser empregada na mistura.

Tendo-se corpos de prova moldados em diferentes teores estes serão submetidos a aplicação de esforços axiais na prensa Marshall a fim de se obter a estabilidade e a fluência das amostras.

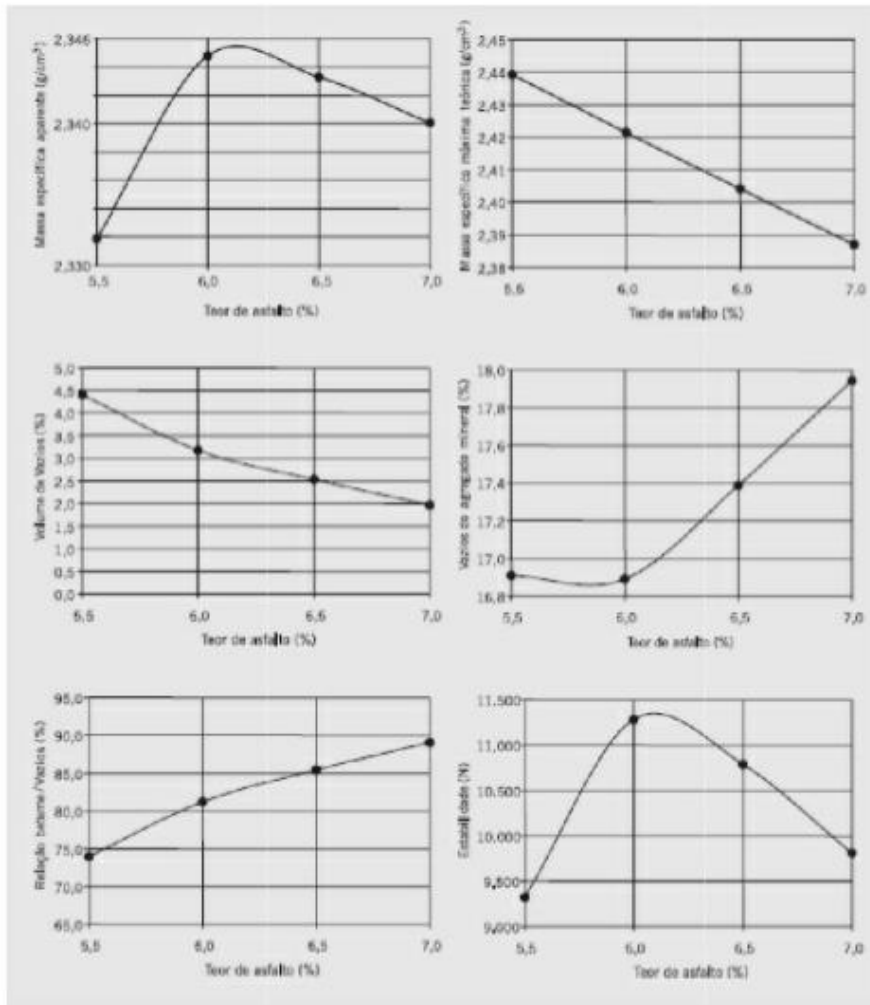


Figura 10 – Exemplificação de Gráficos obtidos no Ensaio de Marshall.
 Fonte: Adaptado de Bernucci (2008)

Dois dos corpos de prova foram imersos em banho-maria a 60 °C, durante 30 minutos. Depois, foram imediatamente submetidos à compressão sob prensa em velocidade de 5 cm por minuto, até o ponto de ruptura. A carga em N (kgf) que produziu o rompimento foi anotada como a estabilidade lida e corrigida em função da espessura do corpo de prova.

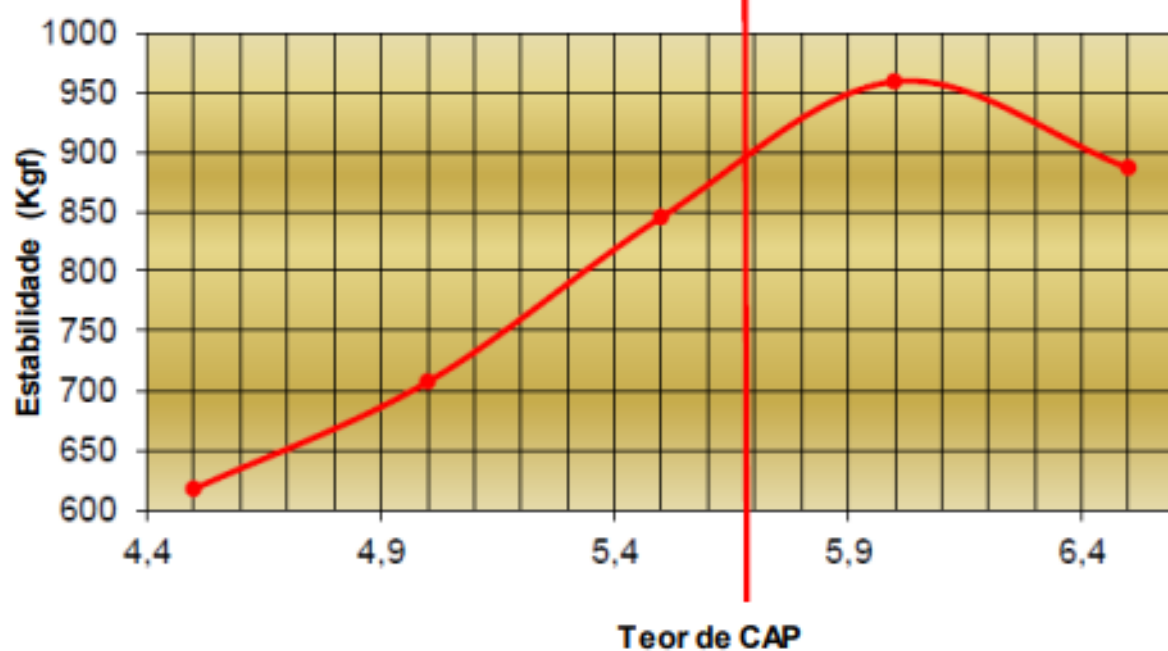


Figura 11 - Comportamento das Amostras no Ensaio Marshall Para Cada Teor
 Fonte: Silva et al. (2019)

Podemos observar no gráfico da Fibra de Vidro que a estabilidade Marshall se manteve ente 152kg e 243Kgf, a média de peso foi 1.012,46 g, uma média de carga aplicada de aproximadamente 201,71Kgf, resultando em uma perda de resistência. Já no gráfico da borracha de pneu, temos como média de peso 1200 g, o valor médio da análise foi de 902 Kgf, satisfazendo o mínimo adotado pela norma DNIT 031/2006 – ES, ou seja os parâmetros exigidos pela mesma foram atendidos.

CONCLUSÃO

O presente trabalho teve por objetivo propor, por meio de uma pesquisa qualitativa e quantitativa, a produção de um asfalto com a inserção de diversos tipos de resíduos, principalmente os resíduos de borracha de pneus triturados.

Os resultados dos ensaios analisados como base, sendo eles de densidade real, densidade solta, indicaram que o asfalto produzido satisfaz o que estabelece as especificações para Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) presente nas legislações pertinentes, demonstrando que este material possui grandes vantagens em sua utilização como camada de rolamento.

Os valores obtidos para as características do traço elaborado, bem como para seu desempenho, revelam que é possível atingir os parâmetros fixados nas normas competentes empregando uma mistura para pavimentação asfáltica com composição alternativa, que inclua entre os agregados o resíduo de borracha de pneu. Os benefícios sociais, econômicos e ambientais residem na possibilidade de dar uma destinação aos pneus inservíveis, um material de difícil estocagem por seu volume, que constitui um desafio à engenharia de logística



reversa, e que traz sérios riscos ao meio ambiente, causando degradação pela lenta decomposição e pela facilidade com que entra em combustão, e à sociedade, podendo servir para a multiplicação de vetores de doenças tropicais.

Assim concluímos que comparando a mistura do asfalto pratico com a fibra de vidro e do CBQU com borracha de pneus os dois tiveram aspectos positivos em relação ao meio ambiente, porem a mistura com a borracha de pneu é nitidamente mais resistente, os traços elaborados atingiram as especificações das normas, além do custo, a fibra de vidro possui um custo muito elevado para fazer a moagem, já a borracha de pneu não possui o custo tão alto quanto.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente nosso agradecimento é a Deus, sem ele não teríamos chegado até aqui, ele é o grande autor de tudo, sem ele não teríamos essa grande oportunidade. Aos nosso familiares que sempre nos apoiou em todas ocasiões e todo período desse curso. E principalmente o nosso orientador o Professor Mestre Rafael Augusto Valentim da Cruz Magdalena, por conduzir todo o processo de orientação do trabalho de graduação com muita dedicação, calma e muito empenho, ele sempre nos auxiliando quando era preciso.

REFERÊNCIAS

AIMIL. *Instrumentation & Technology. Falling Weight Deflectometer (FWD)*. Disponível em: <<http://www.aimil.com/products/falling-weight-deflectometer-fwd>>. Acesso em: 25 de abril de 2020.

ALBANO, J. F. **Efeitos dos Excessos de Carga sobre a Durabilidade de Pavimentos**. 2005. n.p. 232. Tese (Doutorado em Sistemas de Transportes e Logística) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

ARAÚJO, Marcelo Almeida; et. al. **Análise Comparativa de Métodos de Pavimentação – Pavimento Rígido (concreto) x Flexível (asfalto)**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento. Ano 01, Edição 11, Vol. 10, pp. 187-196, Novembro de 2016. ISSN: 2448-0959

ASFALTO DE QUALIDADE. **Vida útil do pavimento e de sua estrutura**. Disponível em: <asfaltodequalidade.blogspot.com/2015/04/vida-util-do-pavimento-e-de-sua.html>. Acesso em: 20 de maio de 2020.

BERNUCCI, L.B. et al. **Pavimentação asfáltica – Formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro-RJ: Petrobrás/Abeda, 2008. 475 p.

BETUSEAL. **Origens do Asfalto**. Disponível em: <<https://www.betuseal.com.br/origens-asfalto/>>. Acesso em: 11 de março de 2020.



CAVA, Felipe. Além da Inércia – **Superestrutura Rodoviária – “Mistura Asfáltica a Frio”**. Disponível em: <<https://alemdainercia.wordpress.com/2017/12/11/superestrutura-rodoviaria-misturas-asfalticas-a-frio/>>. Acesso em 22 de março de 2020.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE RODAGEM. DER. **História**. Disponível em <<http://www.der.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=7>>. Acesso em 18 de abril de 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT. **Histórico das Rodovias no Brasil**. Disponível em: <<http://www1.dnit.gov.br/historico/>>. Acesso em 15 de março de 2020.

FERREIRA, L. M. GOMES, N. C. L. **A inclusão do resíduo de fibra de vidro para a produção de um traço para asfalto a frio**. 2019, 20 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil, Universidade São Francisco, Bragança Paulista, 2019.

HOMEM, T. R. **Comportamento de misturas asfálticas porosas com ligantes modificados por polímeros e adição de fibras**. 2002. n.p 129. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Biblioteca – **Refinaria Ipiranga**. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo.html?id=447050&view=detalhes>>. Acesso em 03 de março de 2020.

KEMERICH, P. D. C. et al. Fibras de Vidro: Caracterização, Disposição e Impactos Ambientais Gerados. **Revista Elet. Em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. Frederico Westphalen – RS, v. 10, n 10, p. 2112-2121, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/7590/pdf>>. Acesso em: 04 de abril de 2020.

LESSA, Daniele. Câmara Legislativa – **reportagem especial da câmara de notícias**. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/camaranoticias/radio/materias/reportagem>>. Acesso em: 04 de abril de 2020.

MARQUES, Geraldo Luciano de Oliveira. **Pavimentação**. 2006. Notas de aula. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2009/03/Notas-de-Aula-Prof.-Geraldo.pdf>>. Acesso em: 6 de abril de 2020.

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

MINASFALTO. **Asfalto Frio – Saiba por que esta é a melhor escolha em termos de revestimento**. Disponível em: <<http://www.minasfalto.com.br/asfalto-frio-saiba-por-que-esta-e-melhor-escolha-em-termos-de-revestimento/>>. Acesso em: 18 de março de 2020

NOVO ASFALTO. **Qual a diferença entre asfalto frio x pmf?**. Disponível em: <<https://novoasfalto.com/blog/asfaltofrio-x-pmf/>>. Acesso em: 22 de março de 2020.



SENÇO, W. de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 1ª Edição. São Paulo: Pini, 2001. v. 2. 764 p.

SENÇO, W. de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 2ª Edição. São Paulo: Pini, 2007. v. 1. 764 p.

SPECHT, L. P. **Avaliação de misturas asfálticas com incorporação da borracha reciclada de Pneus**. 2004. 279 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SILVA, Luzilene Souza; NASCIMENTO, Franci Rose; NOGUEIRA, Marlos Henrique Pires; LIMA, Gleisy Kelly Moreira; SOBRINHO, Demetrius Clemente da Rocha. **Utilização de resíduos de borracha de recauchutagem de pneus na composição de asfalto**. REVISTA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA , [s. l.], 2019.