

## EFEITOS DO USO DE POLIETILENO EM MISTURAS ASFÁLTICAS

**Karlla Maria Vieira da Silva<sup>1</sup>**  
**Sabrina Maria Sipriano<sup>2</sup>**  
**Mateus Zanirate de Miranda<sup>3</sup>**  
**Douglas Delazari Martins<sup>4</sup>**  
**Fabricio Souza Santos<sup>5</sup>**  
**Cristiano de Oliveira Ferrari<sup>6</sup>**  
**João Antônio Sabino Júnior<sup>7</sup>**

[mateus.zanirate@engenharia.ufjf.br](mailto:mateus.zanirate@engenharia.ufjf.br)

**ÁREA DO CONHECIMENTO:** Engenharias

### RESUMO

As rodovias brasileiras, caracterizadas pelo transporte de grande parte dos insumos consumidos pelas sociedades, estão em situações precárias, seja pela falta de investimento em manutenção, seja pelo mau uso ou matéria prima de má qualidade. Além disso, a maior parte dessas rodovias não são pavimentadas, o que causa grande transtorno na locomoção de pessoas e mercadorias. O trabalho, portanto, busca estudar uma nova mistura asfáltica com adição de polietileno, um polímero altamente utilizado em diversos materiais na sociedade, que tem características que podem ou não ser viáveis para melhor qualidade e aumento da vida útil dos pavimentos. A ideia de melhorar a pavimentação dos solos engloba, além de todos os benefícios relacionados ao transporte, uma redução de acidentes e melhora da qualidade de vida da sociedade em geral, o que torna o tema relevante ao estudo.

**PALAVRAS-CHAVE:** polietileno, pavimentação, asfalto, transporte, rodovia.

### INTRODUÇÃO

A urbanização no Brasil aconteceu de forma desordenada e acelerada, fatos que resultaram em cidades que não consideram as questões ambientais e a impermeabilização do solo ocupado (TUCCI; BERTONI, 2003).

---

<sup>1</sup> Graduado em Engenharia Civil

<sup>2</sup> Graduado em Engenharia Civil

<sup>3</sup> Graduado em Engenharia Civil, Especialista em Docência no Ensino Superior e Professor do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Vértice - Univértix

<sup>4</sup> Graduado em Engenharia Civil, Especialista em Docência no Ensino Superior e Professor do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Vértice - Univértix

<sup>5</sup> Professor do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Vértice - Univértix

<sup>6</sup> Professor do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Vértice - Univértix

<sup>7</sup> Professor do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Vértice - Univértix

Um estudo realizado pelo Departamento Nacional de Transportes Terrestres (DNIT) em 2017, demonstrou que o país possuía em média 221.820 quilômetros de estradas pavimentadas, sendo que 99% dessa malha rodoviária pavimentada são de pavimentos flexíveis – asfalto (CNT, 2017).

Segundo a NBR-7207/82 da ABNT (Página 2) tem-se a seguinte definição para pavimento:

O pavimento é uma estrutura construída após terraplenagem e destinada, econômica e simultaneamente, em seu conjunto, a:

- a) resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego;
- b) melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança;
- c) resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento.

Acontece que o país vem sofrendo por uma má qualidade estrutural de sua pavimentação de forma geral. Uma pesquisa feita pela Confederação Nacional do Transporte (CNT), em dezembro de 2021, aponta que mais de 60% das rodovias brasileiras pavimentadas têm condições insatisfatórias para circulação, fato que levanta o interesse em estudos e pesquisas que analisam possíveis causas e alcance futuras melhorias a esses transtornos nas estradas brasileiras (CNT, 2021).

A Engenharia Civil tem grande importância na busca por desenvolvimento e melhorias estruturais nas cidades, porém ao mesmo tempo gera grandes problemas ambientais. Sabendo disso, a área da construção civil está em constante busca para amenizar os efeitos colaterais ao meio ambiente, sendo assim buscar alternativas sustentáveis de aproveitamento dos resíduos produzidos dentro e fora do ambiente de obras se tornou essencial (SPADOTTO et al., 2011).

O plástico - polímero é um dos resíduos mais prejudiciais ao meio ambiente, podendo levar milhares de anos para se decompor. Este material pode ser encontrado de diversos tipos no mercado, sendo que os mais comuns são os termoplásticos, por permitirem inúmeras fundições devido à sua estrutura molecular (Kaza et al., 2018).

Faz parte desse grupo de polímeros o polietileno de alta densidade (PEAD), (utilizado em embalagens de detergentes, tambores para tintas, etc.), que segundo o CEMPRES (Compromisso Empresarial para Reciclagem) em 2019 divulgou um

levantamento, onde ele corresponde cerca de 18% do total de resíduos plásticos reciclados (CEMPRE, 2019).

No Brasil, os métodos e técnicas adotados para realização de pavimentação são os mesmos desde a década de 1960, sendo que seu dimensionamento apresenta uma defasagem de 40 anos, em média, em relação a outros países (BRIEFING, 2017).

Na pavimentação asfáltica, os ligantes modificados por polímeros são considerados uma alternativa sustentável que proporciona melhorias significativas nas características do material, auxiliando na impermeabilização, na redução do desgaste por abrasão e a suscetibilidade a variação de temperatura (BOTARO et al., 2006). Em seus estudos, Attaelmanan et al. (2011) denota que a incorporação de PEAD no ligante asfáltico garante maior resistência à deformação permanente, devido sua alta estabilidade.

Desta forma, objetivou-se com este trabalho comparar as propriedades do asfalto comum com as do asfalto com adição de PEAD, reafirmando a contribuição desse estudo com a busca de materiais alternativos que podem ser utilizados na pavimentação com asfalto, a fim de melhorar seu desempenho e durabilidade, garantindo sempre um bom estado estrutural durante sua vida útil.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A modificação de asfaltos com materiais plásticos já apresentava viabilidade econômica desde o ano de 1970 quando os estudos desses modificadores passaram a ser efetuados. (FONTOURA, 2019).

De acordo com Bernucci et al. (2008), para que o polímero atenda às condições técnicas e seja viável economicamente, o material deve ser resistente à degradação nas temperaturas usuais de utilização do asfalto, sua mistura a asfalto ser adequada, melhore as características fluidez do asfalto, sem que o ligante fique muito viscoso, nem tão, nem tão quebradiço a baixas temperaturas.

O polietileno, escolhido como material base deste trabalho, é um polímero de alta produção industrial e um dos motivos é sua viabilidade econômica, além de ter em suas características uma resistência a altas temperaturas, resistência ao envelhecimento e módulo elevado, o que é vantajoso para ser explorado junto ao

asfalto. Por outro lado, é um material que tem dificuldade de dispersão no ligante, problemas de estabilidade, necessidade de porcentagens elevadas e baixa recuperação elástica, desvantagens estas que serão analisadas e compensadas (FONTOURA, 2019).

O Polietileno de Alta Densidade (PEAD) é um dos tipos do polímero, e por ter melhor resultado no quesito estabilidade segundo os estudos de Awwad e Shbeeb (2007), seguindo a metodologia de dosagem Marshall, é mais interessante utilizá-lo nos estudos asfálticos por trazer benefícios no quesito de deformação permanente (FONTOURA, 2019).

A importância desse tipo de estudo vai além da temática de pavimentação, uma vez que o preço do principal insumo asfáltico encareceu e por consequência elevou o preço das obras de manutenção das vias, danificando cada vez mais veículos, elevando o preço dos combustíveis e os tempos gastos em viagens, além de interferir no preço de todos os produtos comercializados, uma vez que o transporte destes fica mais caro (CNT, 2019). Segundo o DNIT (Departamento nacional de transportes terrestres), 70% da carga que abastece todo o território brasileiro são transportadas por rodovias, porém apenas 13% das estradas são pavimentadas, o que encarece em 50% o valor dos transportes e coloca em risco toda população que percorre esses meios diariamente (SANTOS, 2018).

Tudo isso potencializado pelo baixo investimento nas vias tornam esse tema de extrema importância, uma vez que é algo essencial de uso de toda sociedade. (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, 2019).

Visto que o orçamento em 2021, previsto pelo DNIT para manutenção das rodovias federais, não condiz com a realidade total dos custos que serão gerados para atender à demanda das rodovias que se encontram em péssimos estados de conservação, segundo a Agência INFRA o valor referente é de R\$ 3,9 bilhões e o órgão admite que será insuficiente (Agência INFRA, 2021).

O custo nacional com acidentes rodoviários chegou a 12,19 bilhões de reais – valor que sobrepõe o investimento feito em 2021 em manutenção das vias, o que aponta que o País gasta mais com acidentes provocados pelas condições precárias das vias do que com manutenção e recuperação da infraestrutura (GAMA, 2022).

## **METODOLOGIA**

O trabalho apresentado trata-se de uma pesquisa experimental onde define-se um objeto de estudo bem como as variáveis capazes de influenciá-lo e por fim organizar formas de observar e controlar os efeitos dessas variações para melhor desempenho do estudo (SCRIPTA, 2014).

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Materiais Asfálticos e Misturas da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no mês de agosto de 2022, com intuito de avaliar as amostras de asfalto com adição de partículas de polietileno quanto à estabilidade adquirida.

Os corpos de prova foram moldados de acordo com o DNIT, que estabelece que o recipiente deve ter 100mm de diâmetro, 100mm de altura e para melhor preservação os recipientes também serão de polietileno puro (DNIT, 2022).

Os materiais foram misturados de forma manual em 9 corpos de prova distintos, sendo o ligante (CAP-50) e os agregados (Brita 1 e pó de pedra) fornecidos pela empresa Workpav Pavimentação Ltda do município de Viçosa/MG e o polietileno triturado fornecido pela empresa Nanoplastic. Os corpos de prova moldados serão transportados ao laboratório onde serão testados e os resultados analisados através da média aritmética dos 9 resultados (DNIT, 2018).

As partículas de polietileno foram misturadas ao ligante numa proporção de 15% em relação a ele, misturando de forma manual por 30 minutos e controlando a temperatura a 100°C. O próximo passo é transferir o material ao molde de compactação onde serão aplicados 75 golpes e em 12h será feita a desforma dos corpos de prova. Os corpos de prova são deixados em banho-maria a 60°C por 30 minutos para enfim serem levados à prensa Marshall. Esse procedimento possibilitará conhecer a estabilidade, fluência e resistência à tração (NASCIMENTO et al., 2021).

As proporções e métodos utilizados tiveram como referência as normas do DNIT 178/2018 – PRO, NBR 5738/2015, DNIT 031/2006 e processo de dosagem Marshall.

Os resultados foram apresentados descritivamente, comparando estabilidade e deformação e as resultantes das resistências das amostras do asfalto com adição de polietileno puro (PEAD).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em primeiro lugar, após o processo de moldagem em campo (Figura 1), realizou-se a identificação dos corpos de prova enviados para o laboratório, conforme a Figura 2. Nesse viés, nota-se a padronização de medidas 10x10 (cm), além da enumeração do CP1 ao CP9.



**Figura 1:** Execução da moldagem dos Corpos de Prova  
Fonte: Arquivo Pessoal do Autor.



**Figura 2:** Identificação dos Corpos de Prova  
*Anais do FAVE – Fórum Acadêmico da Univértix, Matipó, setembro, 2023.*

Fonte: Arquivo Pessoal do Autor.

Após a etapa de identificação, os corpos de prova foram submetidos ao Ensaio de Marshall, cujo processo se caracteriza, primeiramente, pelo arranjo do material dentro do molde, seguido do posicionamento do CP na prensa mecânica (Figura 3). Posteriormente, ocorrerá a aplicação de uma força de compressão, resultando em uma deformação do material em estudo.



**Figura 3:** Deformação do CP após Ensaio Marshall  
Fonte: Arquivo Pessoal do Autor.



**Figura 4:** Corpos de Prova após o Ensaio Marshall  
Fonte: Arquivo Pessoal do Autor.

O Ensaio Marshall tem sua importância primordial ligada ao fator de segurança que agrega ao revestimento, visto que está presente já na escolha da  
*Anais do FAVE – Fórum Acadêmico da Univértix, Matipó, setembro, 2023.*

qualidade e do percentual dos agregados e ligantes, o que garante que a massa asfáltica atinja um teor ótimo que garantirá estabilidade e duração para as rodovias (CONTENCO, 2022).

Sendo assim, após o processo de identificação e realização dos ensaios laboratoriais, nota-se que de acordo com o DNIT 031/2006, a camada de rolamento deverá apresentar uma Estabilidade Mínima Marshall equivalente a 500 Kgf. Nesse estudo, após a correção da estabilidade, todos os corpos de prova produzidos apresentaram valores acima do mínimo exigido, embora tenha ocorrido uma grande variação entre os resultados, conforme a Tabela 1.

**Tabela 1:** Estabilidade Marshall dos Corpos de Prova ensaiados.

Nº do Corpo de Prova	Deformação (mm)	Estabilidade Marshall (Kgf)	Espessura do Corpo de Prova ( $H_{Média}$ ) (mm)	Fator de correção (em função da espessura do Corpo de Prova) NORMA DNER – ME043/95	Estabilidade Marshall Corrigida (Kgf)
CP1	15,25	1045	74,6	0,78	815
CP2	15,00	1054	74,6	0,78	822
CP3	14,52	1023	75,4	0,78	798
CP4	13,91	684	75,4	0,77	527
CP5	11,72	679	75,4	0,77	523
CP6	12,89	697	73,5	0,80	558
CP7	13,00	827	73,0	0,81	670
CP8	15,78	891	73,5	0,80	713
CP9	16,58	957	75,4	0,77	737

**Obs.:**

1. A Estabilidade Marshall Corrigida é obtida pela multiplicação da Estabilidade Marshall pelo fator correspondente à espessura do corpo de prova ensaiado;
2. Os corpos de prova foram cortados em uma Máquina Poli Cortes, uma vez que não cabiam no nosso molde, e para que atendessem à exigência da norma DNER ME043/95;
3. Espessura ou altura.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A variação de resultados, de acordo com o Laboratório de Materiais Asfálticos e Misturas da Universidade Federal de Viçosa (UFV), podem ser justificadas segundo o método de produção manual em canteiro, visto que a compactação manual pode ter causado divergência nos valores, principalmente pela hipótese de variação da energia de compactação (BALMACEDA, 1991). Entretanto, o fato corrobora que uma execução sistematizada dos Corpos de Prova (CP's) seria capaz de possibilitar resultados ainda mais favoráveis ao estudo, ratificando a garantia do experimento (DNIT, 2018).

Para comprovação de dados, realizou-se uma média aritmética simples entre os resultados obtidos, a fim de representar todos os valores da distribuição. Sendo assim, tem-se:

$$M_A = \frac{(x_1 + x_2 + \dots + x_n)}{n}$$

Onde:

$M_A$  = Média aritmética simples;

$X_1, X_2, \dots, X_N$  = Soma de termos numéricos;

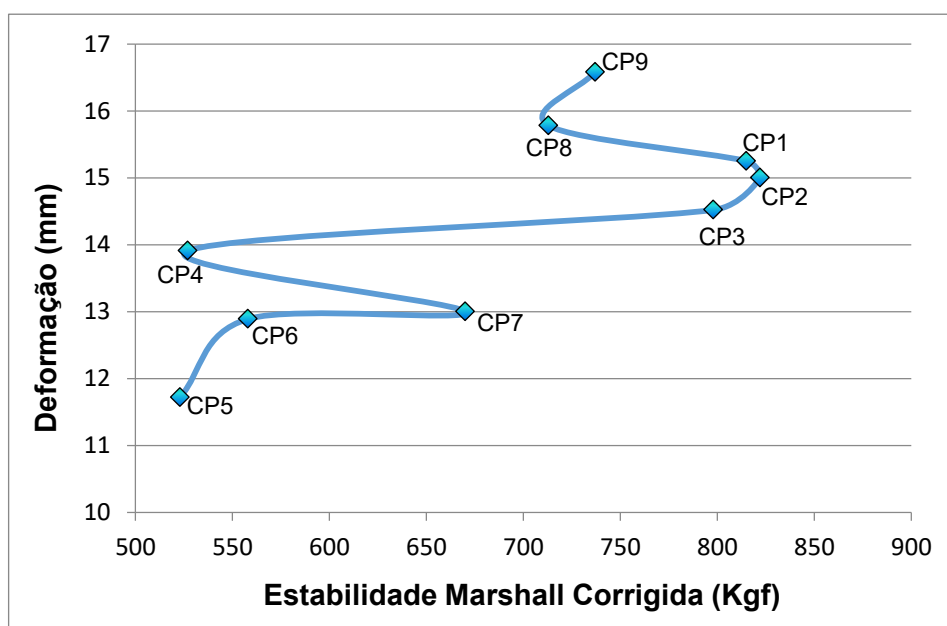
n = Número de termos.

$$M_A = \frac{(815 + 822 + 798 + 527 + 523 + 558 + 670 + 713 + 737)}{9}$$

$$M_A = 684,78$$

Percebe-se que o valor encontrado para a estabilidade média, equivalente a 684,78 Kgf, também se encontra acima do valor mínimo exigido pelo DNIT 031/2006.

Além disso, também estabeleceu-se um gráfico denotando os parâmetros de deformação e estabilidade corrigida, conforme a execução do ensaio em nove corpos de prova (Figura 5).



**Figura 5:** Gráfico comparativo entre Estabilidade e Deformação.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com base na figura acima, torna-se perceptível que os corpos de prova com o maior teor de estabilidade Marshall (acima de 700 Kgf) foram os que apresentaram as maiores deformações. Além disso, nota-se que os primeiros corpos de prova ensaiados (CP1, CP2 e CP3) apresentaram resultados aproximados para os dois parâmetros confrontados no gráfico, indicando, talvez, que o início do experimento foi realizado com maior destreza, atingindo padronização de resultados (além de uma estabilidade maior para os corpos de prova). Ademais, percebe-se que o CP4 e o CP5 apresentaram a maior espessura e o menor fator de correção, sendo possível indicar que esses fatores podem influenciar na estabilidade Marshall, uma vez que os corpos de prova ficaram abaixo de 550 Kgf (menores estabilidades, no geral).

Sendo assim, Resende (2016) ratifica a importância da verificação da estabilidade, visto que será possível obter uma relação entre os resultados do laboratório e a vida útil que o pavimento poderá apresentar após a aplicação da mistura asfáltica que foi ensaiada.

Entretanto, por outro lado, Kalantar *et al.* (2012) indica que embora o polietileno seja um material resistente a altas temperaturas e apresente maior resistência ao envelhecimento, ele também pode acarretar grandes dificuldades na dispersão do ligante e problemas de instabilidade, dificultando a obtenção de bons resultados da mistura ensaiada.

No trabalho de Thaís Regina Kolling para a Universidade Regional do Noroeste do estado do Rio Grande do Sul – UNIJU em 2019 foi feita a análise laboratorial dos efeitos da incorporação de teores de resíduos PET, Politereftalato de Etileno, nas propriedades mecânicas e de desempenho do concreto asfálticos. Em seus resultados foi obtido que o asfalto modificado com PET apresenta maiores valores de estabilidades. Na resistência à tração por compressão diametral, as amostras atingiram todos os resultados satisfatórios perante a norma do DNIT, porém as misturas com adição tiveram resultados menores em relação às misturas do asfalto comum utilizado. Assim pode-se verificar que as misturas com adição são mais flexíveis, o que pode evidenciar uma resistência a fadiga e baixa resistência a ruptura.

Moghaddam e Karim (2012) realizaram um estudo onde notaram que a vida de fadiga do asfalto com adição de PET aumentou, embora a rigidez tenha diminuído.

Ana Letícia Nóbrega Rabello Tavares (2018) em seu trabalho obteve-se que com o aumento do teor de PET na composição do ligante asfáltico, aumenta-se o ponto de amolecimento, a viscosidade e diminui-se a penetração. Tais propriedades são desejáveis, porém para se trabalhar com um ligante assim, o gasto energético também é aumentado.

Outro material utilizado em estudos com a mesma ideia de reutilizar resíduos que poluem o meio ambiente, é a borracha proveniente de pneus. A borracha de pneus quando misturadas ao asfalto, resulta em um produto com maior durabilidade e é capaz de aperfeiçoar as características já existentes no asfalto convencional (ZATARIN *et al.*, 2017).

Ramon Abreu Souza e Augusto Oliveira Berbert (2020) em seu trabalho, obteve que o asfalto com adição de borracha tem um comportamento similar ao dos pneus dos carros, sendo bastante flexíveis e elásticos, permitindo assim que se movimentem ao serem solicitados por uma carga, isso faz que não sejam geradas trincas e fissuras no pavimento tendo com isso maior durabilidade e resistência. O asfalto-borracha apresenta bons resultados para sua aplicação e utilização, em contrapartida possui alto custo da matéria prima pronta e do controle tecnológico mais apurado para a produção.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Como se pode constatar com base nos resultados obtidos, nota-se que a moldagem do corpo de prova apresenta grande relevância em todo o processo, visto que a compactação da camada asfáltica apresentará variações caso o número de golpes não seja executado com uma intensidade padronizada.

Além disso, observa-se que a adição do polietileno gerou um gasto energético maior na dispersão do aditivo no ligante, uma vez que aumentando o seu teor na composição, aumenta-se também o ponto de amolecimento e a viscosidade e diminui-se a penetração, o que exige maior tempo da mistura ao aquecimento. Nesse sentido, pelo fato da mistura atingir um aspecto mais ligante, nota-se que foi

necessário o uso de maiores porcentagens de pó de pedra em alguns corpos de prova, para que o revestimento chegasse a sua devida rigidez.

Desta forma, com os teores de polietileno adotados, pode-se dizer que a adição do resíduo plástico apresentou uma condição satisfatória para as propriedades do revestimento asfáltico, embora isso não tenha acontecido de forma uniforme em todos os moldes testados. Por ser um material alternativo e um resíduo abundante, entende-se que é viável sua utilização em obras de pavimentação para baixo volume de tráfego, de forma a inovar e atender a uma preocupação global e ambiental, que é a disposição de materiais plásticos pós-consumo, dando a ele uma destinação e reduzindo o consumo de recursos naturais.

Logo, indica-se então que é necessária a realização de mais estudos sobre a incorporação deste resíduo na composição asfáltica, a fim de avaliar mais parâmetros que são requeridos pelo pavimento flexível e para que ele possa ser utilizado em larga escala no campo.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR5738**: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR7207**: Terminologia e classificação da pavimentação. Rio de Janeiro, 1982.
- ATTAELMANAN, M., FENG, C. P., & Ai, A. H. (2011). **Laboratory evaluation of HMA with high density polyethylene as a modifier**. *Construction and Building Materials*, 25(5), p. 2764–2770.
- AWWAD, M.; SHBEEB, L. (2007). **The use of polyethylene in hot asphalt mixtures**. *American Journal of Applied Sciences*, 4(6), p. 390–396.
- BALMACEDA, Alfredo R.. “**Suelos compactados - unestudioteorico y experimental**”. Universitat Politècnica de Catalunya. Tesis Doctoral. Barcelona. 1991.
- BERNUCCI, L.; MOTTA, L.; CERATTI, J; SOARES, J. **Pavimentação asfáltica – formação básica para engenheiros**. 1ª ed. (3ª reimpr.) Rio de Janeiro: Petrobrás, Associação Brasileira das empresas distribuidoras de asfalto, 2008 (reimpr. 2010).
- BOTARO, V.; CASTRO, S.; JUNIOR, F.; CERANTOLA, A.; **Obtenção e caracterização de blendas de asfalto CAP 20, modificado com poliestireno reciclado, resíduos de pneu e lignina organossolve**. Ouro Preto. Metalurgia &

Mat. Escola de Minas (UFOP). p. 1-6. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rem/a/5FDJWvVvNpDx8gM7YHQ6w5P/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

BRIEFING. **Transporte Rodoviário: Por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?**. 2017. Disponível em: <http://anut.org/wp-content/uploads/2017/10/Pavimentos.pdf>. Acesso em: 07 novembro 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Falta de investimento: Piora de qualidade das rodovias públicas brasileiras**. Brasília, 2021. Disponível em: <<https://cnt.org.br/agencia-cnt/sem-investimentos-rodovias-publicas-brasileiras-apresentam-piora-de-qualidade>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Métodos para dimensionar o pavimento**. Brasília, 2017. Disponível em: <<https://cnt.org.br/agencia-cnt/brasil-tem-metodo-antigo-para-dimensionar-o-pavimento>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Transporte Rodoviário - Impactos da Qualidade do Asfalto sobre o Transporte Rodoviário**. Brasília, 2019. Disponível em: <<https://cnt.org.br/impactos-qualidade-asfalto-transporte-rodoviario>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

CONTENCO (São José da Lapa). **Ensaio Marshall: Entenda O Que É E Como É Realizado: Qual A Importância Do Ensaio Marshall?**. São José da Lapa, 2022. Disponível em: <<https://contenco.com.br/ensaio-marshall/>>. Acesso em: 5 nov. 2022.

DNIT.DNIT 031/2006 – ES: **Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico - Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2006. 14p.

DNIT.DNIT 178/2018 – PRO: **Pavimentação asfáltica - Preparação de corpos de prova para ensaios mecânicos usando o compactador giratório Superpave ou o Marshall – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2018. 19p.

FONTOURA, E. **Incorporação de flocos reciclados de polietileno em ligante asfáltico**. 2019. 32 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [S. l.], 2019. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/205826/001111531.pdf?sequenc e=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

GAMA, P. **Mortes nas estrada: péssimas condições da via também causam acidentes**. [S. l.], 2022. Disponível em: <<https://www.uol.com.br/carros/colunas/paula-gama/2022/02/11/mortes-nas-estradas-pessimas-condicoes-da-via-tambem-causam-acidentes.htm>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

KALANTAR, Z.; KARIM, M; MAHREZ, A. (2012). **A review of using waste and virgin polymer in pavement**. Construction and Building Materials, 33, p. 55–62.

KAZA, S.; YAO, L.; BHADA-TATA, P.; VAN WOERDEN, F. **What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050**. Washington: World Bank; 2018. Disponível em: <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

KOLLING, Thaís Regina. **Desempenho Mecânico de Concretos Asfálticos com Incorporação de Resíduo de Politereftalato de Etileno**. Santa Rosa, 2019. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/6180/Tha%20c3%ads%20Regina%20Kolling.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 01 novembro de 2022.

NASCIMENTO, J.; SAMPAIO, A.; PAIVA, R.; MENEZES, N. **Estudo de teste da resistência do revestimento asfáltico empregando ligante tipo asfalto-borracha pelo processo úmido**. Tese (Pós-graduação em Pavimentação de Estradas e Rodovias) – Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, [S. l.], 2021. Disponível em: <<https://www.confeca.org.br/midias/uploads-imce/Contecc2021/Civil/ESTUDO%20DE%20TESTE%20DA%20RESIST%20CIA%20DO%20REVESTIMENTO%20ASF%20LIGANTE%20TIPO%20ASFALTO-BORRACHA%20PELO%20PROCESSO%20AMIDO.pdf>> Acesso em: 5 jul. 2022.

OLIVEIRA, K; PINTO, F. **Estudo das propriedades do termoplástico PEAD como alternativa para substituição do asfalto convencional**. In: FIGUEIREDO, S.; RODRIGUEZ, F.; RIBAS, L. **Saberes da engenharia: Uma contribuição para a sociedade**. 1. ed. Belo Horizonte: Poisson, 2022. v. 1, cap. 4, p. 53-61.

RESENDE, M. **Ensaio Marshall**. Brasil, 2016. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/MarlonRamosResende/ensaio-marshall>>. Acesso em: 01 nov. 2022.

SANTOS, Gilmaria Silva dos. **Brasil tem apenas 13% das estradas pavimentadas**. [S. l.], 2018. Disponível em: <<https://bityli.com/WvKLHagy>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

SCRIPTA, E. **CLASSIFICAÇÃO DA METODOLOGIA DA PESQUISA**. [S. l.], 8 jan. 2014. Disponível em: <<https://eccscripta.wordpress.com/2014/01/08/classificacao-da-metodologia-da-pesquisa/>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

SPADOTTO, A.; NORA, D.; TURELLA, E.; WERGENES, T. **Impactos ambientais causados pela construção civil**. 2011. Dissertação (Graduação) - Universidade do Oeste de Santa Catarina campus de Xanxerê, [S. l.], 2011. Disponível em: <<https://files.core.ac.uk/pdf/12703/235124968.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2022.

TAVARES, Ana Letícia Nóbrega Rabello. **Estudo das Propriedades físicas e químicas do ligante asfáltico CAP 50/70 modificado por adição de PET triturado**. Campina Grande, 13 de dezembro de 2018.

Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/23475/ANA%20LET%20c3%8dCIA%20N%20c3%93BREGA%20RABELLO%20TAVARES%20-%20TCC%20ENG.%20CIVIL%20CTRN%202018.pdf?sequence=1&isAllowed=yereç> em  
o eletrônico. Acesso em: 01 novembro 2022.

TUCCI, C; BERTONI, J. **Inundações urbanas na América do Sul**. 1ª ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. 156p.

ZATARIN, A. P. M., SILVA, A. L. F., ANEMAM, L. S., BARROS, M. R., CHRISOSTOMO, W. Viabilidade da pavimentação com asfalto-borracha. **Gest. Sust. Ambient.**, v. 5, n. 2, p. 649-674, 2017.