

PAVIMENTO FLEXÍVEL NO BRASIL: UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

Carla de Oliveira Silva, Gleidiane Lopes de Souza Alves¹, Isadora Portuguesa
Gotardo²

¹Acadêmico do Curso de Engenharia Civil

²Mestre - Docente Multivix - Serra

RESUMO

As rodovias são fundamentais para o desenvolvimento em todos países, contribui para a locomoção das pessoas e o aumento da economia. Este estudo teve como objetivo analisar a importância do pavimento no Brasil e de que forma é constituído o pavimento flexível e como são realizadas as manutenções dessas rodovias, baseado em livros e artigos científicos. A metodologia utilizada foi por meio pesquisa bibliográfica, visto que foram abordados sobre os assuntos. Os resultados alcançados demonstraram que o pavimento flexível é uma infraestrutura de pavimento vantajosa por suportar toda carga solicitada e necessária. No entanto, é necessário maior eficácia na gestão dessas rodovias.

Palavras-Chave: pavimento; flexível; patologias.

1 INTRODUÇÃO

As rodovias têm grande importância para o desenvolvimento de um país, contribui para a locomoção dos indivíduos, assim ajudando na área social, e quanto ao nível econômico, colabora no transporte de produtos.

De acordo com Freitas e Oliveira (2022) as rodovias do Brasil são importantes para o desenvolvimento do país, no nível econômico e social, tendo como objetivo possibilitar a circulação de produtos e pessoas de maneira satisfatória e segura. No entanto, ao longo do período, devido a degradação do pavimento e o aparecimento de patologias, essa finalidade é comprometida, assim resultando em más condições da via.

No grau de desenvolvimento econômico dos países e na qualidade de vida das pessoas, os transportes têm dominância nos serviços de infraestrutura. Trata-se de um fator competitivo importante, devido ser considerado uma adequada e moderna infraestrutura que possibilita a redução dos custos de transportes, com diminuição nos

preços das mercadorias, seja para exportação ou para consumo doméstico (FIESP, 2017).

Conforme Balbo (2007) uma via pavimentada de circulação de veículos trata-se de uma obra civil que almeja, em primeiro lugar, a melhoria operacional para o tráfego, trazendo melhor conforto no deslocamento do veículo por meio de superfície mais regular, além de ter uma via menos ruidosa frente a ação dinâmica pneumática para mais conforto ambiental em vias urbanas e rurais.

Esta pesquisa é relevante devido a importância do pavimento para o desenvolvimento de um país, em especial no Brasil. Portanto, descrever e discutir sobre o pavimento flexível contribui para mais conhecimento na área acadêmica e para a sociedade. Conforme Salomão e Fróes (2020) a pavimentação representa muito para a população, é de extrema importância, para que haja locomoção com segurança e agilidade se tornou indispensável.

No entanto, não são todos os lugares que abrange uma pavimentação ideal, e existem lugares que não tem nenhum tipo de pavimento, todavia, é fundamental que o projeto de pavimentação deva ser bem estruturado e executado, possibilitando dessa maneira os benefícios para toda população, não somente aos motoristas (SALOMÃO; FRÓES, 2020).

Neto *et al.* (2019) também enfatizam sobre a importância da infraestrutura viária para o desenvolvimento econômico, pois tem a capacidade de escoar cargas e pessoas por meio dos transportes, e ainda elevar a qualidade de vida da população e aperfeiçoar a mobilidade urbana, com presença direta ou indiretamente em todas as atividades diárias, dessa forma, é necessário que haja condições ideais para atender as demandas do tráfego. A infraestrutura de transporte oferece à sociedade os meios para atender a demanda por recursos e produtos, permitindo que as pessoas se aproximem e não percam tanto tempo com a locomoção.

A pavimentação é uma grande aliada para o desenvolvimento de um país, no Brasil não é diferente, ter pavimento viário adequado contribui para toda a população e para a economia. Existem diversos tipos de pavimentação, no entanto, este estudo se delimita a abordar sobre o pavimento flexível, demonstrando sua importância, como é constituído e quais possíveis patologias podem surgir neste tipo de via. Para maiores esclarecimentos do tema, foi utilizado pesquisas e estudos publicados por meio de livros e artigos científicos.

Diante o exposto, levanta-se o questionamento: O pavimento flexível é uma infraestrutura vantajosa para compor maior parte das rodovias do Brasil, e sua manutenção é realizada de forma adequada no país?

Para responder o questionamento levantado neste estudo, tem-se como hipótese a afirmativa que o pavimento flexível por ser uma alternativa mais ecológica e econômica comparado a outros tipos de pavimento, é a melhor opção para construção nas vias rodoviárias do país, no entanto, existe em muitas áreas a má conservação das vias.

Como objetivo geral a pesquisa busca analisar a importância do pavimento no Brasil e de que forma é constituído o pavimento flexível e como são realizadas as manutenções dessas rodovias, baseado em livros e artigos científicos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 BREVE HISTÓRICO

Balbo (2007) explica que o homem com objetivo de adquirir melhor acesso às áreas cultiváveis e às fontes de rochas, minerais, água e de madeira, bem como abranger a área ou território, criou as estradas, sendo a China a responsável por essa invenção. Muito tempo depois, os romanos melhoram as estradas com instalações de drenagem e pavimento, almejando a durabilidade.

Ao longo da fase áurea de Roma, foram construídos mais de 80 mil km de estradas militares, assim possibilitando aos dominadores o transporte de militares e alcance aos bens disponíveis nos territórios dominados. Os romanos buscaram definir rotas por terras, assim alcançar os principais portos no Mediterrâneo, dessa forma obtendo meios de transporte de forma mais eficiente (BALBO, 2007).

Mendonça Filho e Rocha (2018) enfatizam que no Brasil a implementação de rodovias iniciou em 1920, apoiado pelos Estados Unidos por meio de financiamento para abertura de estradas, o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) foi criado em 1937, esse sendo o órgão responsável pela manutenção, construção, fiscalização, e realização de estudos técnicos ligados às estradas.

No entanto, apenas no governo de Juscelino Kubitschek, no ano de 1956, foi dado maior importância ao setor rodoviário. Aconteceu uma importante evolução das estradas, para a integração nacional, passou a ter um papel fundamental. O Plano de

Metas, que se tratava de um Plano Quinquenal de Obras Viárias, foi o que possibilitou essa evolução (MENDONÇA FILHO; ROCHA, 2018).

Vale ressaltar que os militares também se importaram com o transporte rodoviário, a partir de 1964, deram sequência ao projeto de integração nacional com o intuito de povoar as áreas demográficas vazias e inseri-las às demais regiões do Brasil, além de dar condições de explorar os potenciais naturais dessas áreas e criar ligação rodoviários onde deveriam ser instaladas famílias, também de outras regiões (MENDONÇA FILHO; ROCHA, 2018).

Almeida et al. (2016) destaca sobre a Lei Joppert que se refere ao Decreto Lei, nº 8.463 de 27 de dezembro de 1945, na década de 1940 esta lei chamou atenção para a importância de se construir rodovias no Brasil, portanto, conhecida como a Lei Áurea do sistema rodoviário do país. Em 1950 teve uma relevante evolução da infraestrutura rodoviária no país, incentivada pela indústria automobilística. Vale ressaltar que na década de 70 teve o destaque de considerável quantidade de construção de rodovias no Brasil.

2.2 PAVIMENTO FLEXÍVEL

O pavimento é definido como uma estrutura executada depois da terraplenagem e com a função de resistir e distribuir os esforços verticais produzidos pelo tráfego ao subleito, além melhorar as condições de rolamento em relação à segurança e comodidade, suportar os esforços horizontais, assim permitindo maior durabilidade à superfície de rolamento (SOUZA; SANTANA; PINHEIRO, 2022).

De acordo com Souza, Santana e Pinheiro (2022) pavimentos asfálticos é conhecido como pavimento flexível, o revestimento é constituído por uma mistura de agregados e ligantes asfálticos betuminosos. Os ligantes são os que dão características do asfalto e são originários da destilação do petróleo e têm a condição de ser um adesivo termoviscoelástico, torna impermeável à água e pouco reativo.

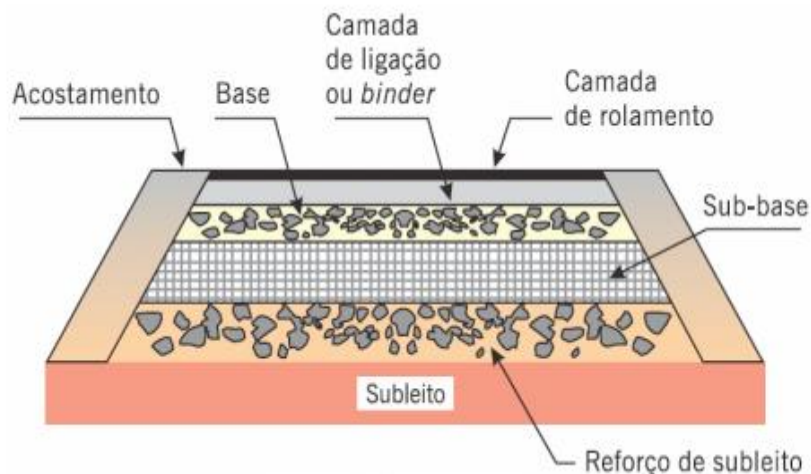
No Pavimento flexível todas suas camadas são atingidas por deformação elástica importante sob o carregamento empregue, assim sendo, a carga se espalha em parcelas equivalentes entre as camadas aproximadamente. A constituição é realizada por uma base de brita (macadame, brita graduada) ou até mesmo por solo pedregulhoso, o revestimento é por uma camada asfáltica (BRASIL, 2006).

Andrade Junior e Reis (2018) explicam que o pavimento flexível é composto uma camada asfáltica superficial, sustentada por camadas de base, sub-base e de reforço do subleito, formadas por materiais granulares, solos ou combinação de solos, com ausência de agentes cimentantes, e quando em carregamento todas as camadas sofrem deformação elástica, pois a carga se distribui em partes aproximadamente iguais e com pressões concentradas.

Bianchi; Brito e Castro (2008) explicitam as estruturas dos pavimentos, sendo o subleito refere-se ao terreno natural; a regularização trata-se da correção de falhas; o reforço do subleito é a camada adicional; sub-base a camada complementar; a base é o suporte estrutural; o revestimento é a capa de rolamento.

Na imagem 1, demonstra um corte esquemático do pavimento flexível.

Imagem 1 – Corte esquemático do pavimento flexível

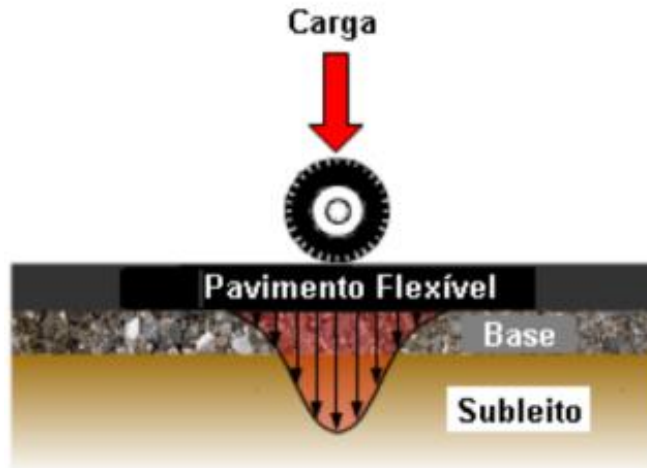


Fonte: Bianchi; Brito e Castro (2008)

Veiga; Kuhn e Norback (2020) acrescentam que o pavimento flexível é constituído por uma camada asfáltica em seu revestimento, contendo base de brita graduada ou solo pedregulhoso, formada sobre o subleito. Esse pavimento tem como principal atributo o comportamento estrutural, em que as camadas sofrem deformação elástica importante por meio das cargas inseridas pelo tráfego, visto que essas cargas em todas as camadas as cargas são distribuídas de forma proporcional.

Conforme Almeida et al. (2016) são em parcelas equivalentes à rigidez das camadas que a carga se distribui, dessa forma, todas as camadas recebem deformações elásticas significativas, até um limite as deformações não são rompidas, portanto, é importante a qualidade do solo, visto que é submetido a elevadas tensões e absorve maiores deflexões. Na imagem 2 ilustra o pavimento flexível.

Imagem 2 – Pavimento Flexível



Fonte: Almeida et al. (2016).

De acordo com a explicação de Meurer; Filla e Machado (2022) o pavimento flexível tem a subdivisão em: base, sub-base, reforço do subleito e subleito. A camada de rolamento, a superior, é produzida com os melhores materiais, pois fica diretamente exposta ao impacto do trânsito, busca adquirir na superfície do assento as melhorias, além de ter a melhor resistência ao desgaste e ter maior durabilidade.

Quanto a base, refere-se a uma camada que absorve e espalha as forças produzidas pelo tráfego, essa é a base do revestimento. Caso não seja recomendado a implementação da base diretamente com o objetivo de regular o reforço do sub-leito, a sub-base se torna necessária. A fundação do pavimento é a quinta camada. Os ajustes da sub-base não são regulares em espessura e tem como função encaixar o sub-leito com os projetos de forma longitudinal transversal (MEURER; FILLA; MACHADO, 2022).

2.3 PATOLOGIAS DO PAVIMENTO FLEXÍVEL

De acordo com Ribeiro (2017) há um desejo em todos os lugares onde são concebidos o pavimento que aconteça a circulação satisfatória e segura ao longo seu tempo de vida. No entanto, são inevitáveis as degradações, em especial devido a ausência de projetos eficazes de terraplenagem e pavimentação, da utilização de materiais de qualidade não confiável, além do inadequado sistema de drenagem que pode ser decisivo durante as intempéries.

Segundo Meurer, Filla e Machado (2022) são classificadas as patologias na pavimentação como funcionais e estruturais. As funcionais são as que atingem a segurança do usuário nas estradas, podendo ser citado, como exemplo, a rugosidade, quanto as estruturais tem relação com as cargas submetidas no pavimento sendo maiores do que possa suportar, surgindo, por exemplo, trincas transversais.

Rodrigues e Pinheiro (2023) enfatizam que o calçamento flexível tem como principal objetivo ter uma superfície mais regular e aderente, dessa forma facilitando o tráfego seguro e diminuir os custos operacionais para os usuários. Sua característica é elástica, o material betuminoso mais usado na pavimentação é o asfalto, frequentemente utilizado no pavimento flexível, que é comum sofrer manifestações de patologias, como trincas, fissuras, ondulações, buracos, dentre outros, assim deixando as vias comprometidas.

Devido ao fluxo do tráfego as condições dos pavimentos flexíveis, pode resultar em deformações que afetam diretamente o desenvolvimento operacional e funcional. A vida útil dos pavimentos é limitada, assim, existe uma grande exigência e necessidade de requisitos para a frequência da eficácia de melhorias e reparos nas autoestradas. Os pavimentos flexíveis, são os mais utilizados no Brasil, tem mais domínio em suportar toda carga solicitada e necessária, no entanto, a falta de gestão e com surgimento de patologias no local, os danos podem ser grandes de maneira que podem se tornarem irreversíveis, causando assim a necessidade de reconstrução das vias (RODRIGUES; PINHEIRO, 2023).

Oliveira, Diniz e Vasconcelos (2019) acrescentam que os pavimentos flexíveis tem o revestimento formado por uma aglutinação entre ligante asfáltico e agregado mineral, constituindo a mistura asfáltica. Essa camada tem o comportamento de acordo com as características dos minerais e da associação do ligante e o agregado. Há variação no comportamento do ligante asfáltico quando se submete às diferentes temperaturas, essa variação possibilita o surgimento das patologias predominantes do pavimento. O fendilhamento é uma das patologias que mais aparece no pavimento flexível, são originadas da fadiga do revestimento e o acúmulo plástico das deformações constantes nos trilhos de roda.

De acordo com Silva e Oliveira (2021) as patologias procedentes dos pavimentos flexíveis, são categorizadas como: degradações, defeitos de superfícies, deformações. Também podem ser consideradas como imperfeições funcionais, nessa situação o pavimento não deixa de desempenhar seu papel de serventia ao usuário,

pode ter imperfeições estruturais, essas se referem a danos que aparecem na superfície do pavimento, quando submetidas à determinadas cargas. Nas imagens seguintes são demonstrados alguns tipos de patologias.

Imagem 3 -Tricas tipo jacaré e trinca longitudinal



Fonte: Silva e Oliveira (2021)

Imagem 4 -Escorregamento asfáltico



Fonte: Silva e Oliveira (2021)

Imagem 5 - Exsudação do asfalto



Fonte: Silva e Oliveira (2021).

Imagem 6 - Pista simples danificada



Fonte: Silva e Oliveira (2021)

3 METODOLOGIA E MÉTODO DA PESQUISA

Na presente pesquisa foi utilizado a pesquisa bibliográfica, conforme Lakatos (2023, p. 49) “pesquisa bibliográfica é um tipo específico de produção científica: é feita com base em textos, como livros, artigos científicos, ensaios críticos, dicionários, enciclopédias, jornais, revistas, resenhas, resumos”.

Gil (2010) explica que a pesquisa exploratória, possibilita a exploração do tema com a finalidade de familiarizar com o problema da pesquisa, assim, contribuir com a explicitação da hipótese do trabalho. Desta forma, a pesquisa bibliográfica e exploratória foi escolhida para a elaboração do presente estudo.

A metodologia de investigação foi baseada nos conceitos de Pavimento Flexível. Nesse sentido, as amostras utilizadas foram os artigos encontrados com os descritores Pavimento, Pavimento Flexível, Patologias do Pavimento Flexível, indexados nas seguintes plataformas: do Google acadêmico e Scielo (Scientific Electronic Library Online), publicado entre os anos de 2016 a 2023. No entanto, material bibliográfico anterior a essas datas foram utilizadas para embasar a pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados levantados sobre pavimento flexível no Brasil por meio de pesquisa bibliográfica foi possível observar a importância da pavimentação para um país e sua economia. Freitas e Oliveira (2022) enfatizam essa importância, destacam que a pavimentação facilita a circulação de pessoas e mercadorias. Neto *et al.* (2019) confirmam o argumento de Freitas e Oliveira (2022), pois para os autores a

infraestrutura viária traz desenvolvimento econômico para o país, pois permite que seja escoado as cargas e pessoas por meio de transportes viários.

Foi na década de 1950 que teve uma evolução quanto a infraestrutura rodoviária no país, como afirma Almeida *et al.* (2016). Vale ressaltar o que são pavimento asfáltico, conforme Souza, Santana e Pinheiro (2022) trata-se de um revestimento formado por uma mistura de agregados e ligantes asfálticos betuminosos. Andrade Junior e Reis (2018) complementam esse pavimento é constituído por uma camada asfáltica superficial, e tem sua sustentação por camadas de base, sub-base e de reforço do subleito.

O pavimento deve ter manutenção constante, pois surgem patologias no decorrer do tempo. Conforme Ribeiro (2017) em todos lugares é almejado o pavimento que ofereça segurança durante o seu tempo de vida. Contudo, as degradações acontecem. Dessa forma, é possível classificar as patologias como expõem os autores Meurer, Filla e Machado (2022), sendo funcionais e estruturais. As funcionais afetam a segurança de quem utiliza as estradas, já as estruturais ocorrem devido a cargas maiores do que o pavimento tem condição de suportar.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral desse estudo foi analisar a importância do pavimento no Brasil e de que forma é constituído o pavimento flexível e como são realizadas as manutenções dessas rodovias, baseado em livros e artigos científicos. O objetivo foi alcançado, pois através do levantamento da pesquisa foi possível constatar que o pavimento possibilita o desenvolvimento do país

Com o questionamento levantado no estudo que foi: O pavimento flexível é uma infraestrutura vantajosa para compor maior parte das rodovias do Brasil, e sua manutenção é realizada de forma adequada no país? Percebeu-se que é vantajosa devido conseguir suportar toda carga solicitada e necessária. No entanto, é necessário maior eficácia na gestão dessas rodovias.

Destaca-se que a infraestrutura rodoviária contribui para o desenvolvimento econômico de um país, além de contribuir para qualidade de vida dos indivíduos. O pavimento flexível é uma estrutura adequada e moderna, essa permite a diminuição de custos de transportes e traz conforto aos seus usuários.

Sugere-se novas pesquisas que possam tratar dessas e outros tipos de pavimentos e assim abranger o conhecimento a respeito do assunto abordado nesse artigo.

6. REFERÊNCIAS

ANDRADE JUNIOR, Pedro Roberto de; REIS, Elton Aparecido Prado dos. Principais diferenças entre o pavimento flexível e o pavimento rígido. **Toledo centro universitário**, v. 14, n. 14, 2018.

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, p. 187-196, nov./2016.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projetos e restauração** – São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BIANCHI, Flavia Regina; BRITO, Isis Raquel Tacla;. Isis Raquel Tacla Brito; CASTRO, Veronica Amanda Brombley. **Estudo comparativo entre pavimento rígido e flexível**. Disponível em: <https://www.ibracon.org.br/eventos/50cbc/pav_apresentacoes/isis_raquel.pdf> Acesso em: set. 2023.

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de pavimentação**. 3.ed. – Rio de Janeiro, 2006

FIESP, Departamento da Indústria da Construção. **Pavimento de vias no Brasil: infraestrutura de transportes terrestres rodoviários e cadeias produtivas da pavimentação** / FIESP. – São Paulo: FIESP, 2017.

FREITAS, Marcela Abreu Guimarães de; OLIVEIRA, Cláudio Bonfante de. Índice da condição do pavimento flexível e valor de serventia atual: uma avaliação das condições do pavimento em uma amostra da RJ-121. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.8, n.10, p. 68655-68666, Out/2022.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa - 5. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2010.

MEURER, Maicon; FILLA, Júlio César; MACHADO, Carlos Alberto Gonçalves da Silva Maistro. Patologia em pavimento flexível de rodovias. **Rev. Terra & Cult.**, Londrina, v. 38, n. especial, 2022.

MENDONÇA FILHO, José Moacir de; ROCHA, Eider Gomes de Azevedo. Estudo Comparativo entre Pavimentos Flexível e Rígido na Pavimentação Rodoviária. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. n. 06, v. 02, p. 146-163, Jun/2018.

NETO, Antonio Dias de Lima Terceiro; et al. Avaliação das condições do pavimento em via urbana na cidade de João Pessoa/PB – comparação entre índices. Disponível em:

<https://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019/Infraestrutura/Dimensionamento,%20Avalia%C3%A7%C3%A3o%20e%20Gest%C3%A3o%20de%20Pavimentos%20III/3_73_AC.pdf>. Acesso em: set. 2023.

OLIVEIRA, Everton Narciso de; VASCONCELOS, Matheus Carvalho Diniz; Rafael Spindola. Estudo descritivo da fadiga em pavimentos flexíveis. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 30-36, abr/2019.

RIBEIRO, Thiago Pinheiro. Estudo Descritivo das Principais Patologias em Pavimento Flexível. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. ed. 04, n. 02, v. 01. P. 733-754, jul/2017.

RODRIGUES, Zidane Almeida; PINHEIRO, Érika Cristina Nogueira Marques. **Levantamento de patologias em pavimento flexível. estudo de caso: Rua Visconde da Pedra Branca – Flores, Manaus – AM**. Disponível em: <<https://revistaft.com.br/levantamento-de-patologias-em-pavimento-flexivel-estudo-de-caso-rua-visconde-da-pedra-branca-flores-manaus-am/>>. Acesso em: out. 2023.

SALOMÃO, Pedro Emílio Amador; FRÓES, Luann Marco Moreira. Pavimentação rodoviária: uma análise de qual melhor tipo de pavimentação para as rodovias brasileiras. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 2, 2020/02.

SILVA, Paulo Otávio Amaral e; OLIVEIRA, Ricardo Fonseca de. Patologias em pavimentos flexíveis. **GETEC**, v.10, n.30, p.35-52, 2021.

SOUZA, Rodrigo de Azevedo; PINHEIRO, Sabrina da Silva Santana; Érika Cristina Nogueira Marques. Aplicação de pavimento flexível – estudo de caso da recuperação do sistema viário no município de Uruará/Amazonas. **Brazilian Journal of Development, Curitiba**, v.8, n.11, p. 74381-74402, nov., 2022

VEIGA, Fabiane Paschoal da; KUHN, Eva Diuliana da Costa; NORBACK, Carine. Pavimento de Concreto. **RevInt - Revista Interdisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão**. v. 8, p. 95-105, 2020.