

REVESTIMENTO FLEXÍVEL DO TIPO CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

*FLEXIBLE HOT MACHINED BITUMINOUS CONCRETE
COATING: A SYSTEMATIC REVIEW*

Luana dos Santos Lima 1
Matheus Cavalcante Silva 2

Resumo: O pavimento flexível trata-se de uma estrutura construída de forma que seja maleável, tendo assim uma maior durabilidade e essa durabilidade é garantida pela sua estrutura em camadas. Esse tipo de pavimento é o mais utilizado no Brasil e suas camadas favorecem um aspecto deformacional que é capaz de suportar altas cargas. Tendo em vista que há diferentes tipos de revestimentos para a pavimentação flexível, o presente trabalho tem por objetivo apresentar uma breve discussão sobre o revestimento flexível do tipo concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) a partir de uma revisão bibliográfica. O CBUQ consiste em uma mistura a quente de agregados de tamanhos variados, cimento asfáltico e filler, quando necessário. De acordo com normativas técnicas, estes revestimentos podem variar em tipo considerando a granulometria de seus agregados e o material ligante, sendo que cada um tem indicações específicas. Por estes pavimentos serem constituídos de camadas, pode haver uma menor coesão entre estas e ocasionar a deformações da superfície, assim surgem diferentes patologias. Portanto, fatores como a qualidade dos materiais utilizados, intempéries e uma execução de baixa qualidade dos pavimentos podem desencadear uma série de danos nas rodovias e vias urbanas e colocar em risco a segurança do tráfego.

Palavras-chave: Pavimentação flexível, Mistura quente, Revestimentos.

Abstract: Flexible pavement is a structure built in such a way that it is malleable, thus having greater durability and this durability is guaranteed by its layered structure. This type of pavement is the most used in Brazil and its layers favor a deformational aspect that is capable of withstanding high loads. Thus, bearing in mind that there are different types of coatings for flexible paving, the present work aims to present a brief discussion on the flexible coating of the hot-machined bituminous concrete type (CBUQ) based on a bibliographical review. CBUQ consists of a hot mix of aggregates of varying sizes, asphalt cement and filler, when necessary. In accordance with technical regulations, these coatings can vary in type considering the granulometry of their aggregates and the binding material, each having specific indications. Because these floors are made up of layers, there may be less cohesion between them and cause surface deformations, thus different pathologies arise. Therefore, factors such as the quality of the materials used, bad weather and poor quality pavements can trigger a series of damages on highways and urban roads and put traffic safety at risk.

Keywords: Flexible paving, Hot mix, Coatings.

1 - Mestre em Geociências, UERJ. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3755379482505254>, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3761-9523>. E-mail: luanalima.a@hotmail.com

2 - Especialista em Geologia, FACULDADE ÚNICA. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9931584436765466>, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6139-3624>, E-mail: matheuscavalcante_s@hotmail.com

Introdução

Desde a idade antiga a locomoção se tornou um meio indispensável para o desenvolvimento da sociedade, sendo esta feita a partir de vias terrestres, aquáticas e aéreas. Em todo o mundo, a locomoção diária de cargas e pessoas é uma atividade fundamental para mover a cadeia econômica e social, visto que as ruas e estradas são os meios mais utilizados para a movimentação intensa de carros e pedestres (HOLANDA e FILHO, 2018). Nesse contexto, é válido ressaltar que há diferentes tipos de vias terrestres, assim sendo, de um modo geral, de caráter não pavimentado e pavimentado.

A pavimentação é o principal componente em um conjunto de infraestrutura para os transportes, sendo a sua conservação e manutenção os parâmetros essenciais para a sua correta funcionalidade, assim, trazendo retorno social e econômico. As vias pavimentadas são, inquestionavelmente, de melhor qualidade e segurança para uma boa condução, principalmente, dos veículos. Desse modo, uma pavimentação ocorre a partir de um conjunto de etapas que juntas dão firmeza e consistência na estruturação de uma via (DNIT, 2005).

Os pavimentos podem ser de três tipos principais: rígidos, composto de cimento que distribui uma carga mais uniforme; semirrígidos, composto de cimento e asfalto; e flexíveis, compostos de agregados e asfalto que retêm uma maior tensão (SENÇO, 2017). Pavimentos do tipo flexíveis são os mais utilizados no Brasil, e constituem-se de diferentes camadas que favorecem um aspecto deformacional que é capaz de suportar altas cargas sem que ocorra o surgimento de muitas patologias como fraturas, por exemplo.

Seguramente, a aplicabilidade do pavimento das rodovias está relacionada diretamente com o desempenho do modal rodoviário e da economia brasileira, sendo passível de ocasionar problemáticas socioeconômicas. Dessa forma, uma via que apresenta patologias, eleva o custo operacional do transporte e reduz o conforto e a segurança. Embora isso, considerando a pesquisa realizada pela Confederação Nacional de Transportes (CNT) no ano de 2018, verificou-se que 50% dos aproximados 106 mil quilômetros de rodovias apresentaram defeitos, logo, a condição foi considerada como regular, ruim ou péssima (CNT, 2018a).

Apesar da quantidade de rodovias pavimentadas federais, estaduais e municipais, há uma dependência em todo o Brasil de uma reestruturação da malha rodoviária de para transporte de pessoas e cargas, cuja melhoria deve ocorrer em grande escala, por serviços de construção, pavimentação e duplicação. Portanto, a maioria das rodovias presentes no cenário brasileiro está fora de um padrão de aceitabilidade, principalmente em vias pavimentadas (CNT, 2018b).

Os revestimentos de pavimentação flexível possuem diferentes características, principalmente quanto à permeabilidade, das quais os agrupam em impermeáveis quando se utiliza concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) ou areia asfalto usinado a quente (AAUQ), e permeável quando se utiliza uma camada porosa de atrito (CPA).

Tendo em vista que há diferentes tipos de revestimentos para a pavimentação flexível, o presente trabalho tem por objetivo apresentar uma breve discussão acerca dos principais aspectos do revestimento flexível do tipo concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) a partir de uma revisão bibliográfica sistemática, de modo que possa contribuir como uma base temática para futuras pesquisas.

Metodologia

Esta pesquisa constitui um estudo de caráter qualitativo e descritivo, que consiste em uma revisão bibliográfica sistemática. Dessa maneira, foram buscados dados na plataforma *Scholar Google*, sendo compostos por artigos científicos em primeira instância, além de dissertações e teses em bancos de dados de universidades em segundo plano. Na estratégia de busca, utilizou-se os seguintes descritores (*strings*) isolados ou combinados: “Revestimento asfáltico”, “Revestimento flexível”, “Concreto betuminoso usinado a quente”, “Revestimento

CBUQ”, “Aplicabilidade de revestimentos asfálticos”, “Composição de revestimento CBUQ”, “Patologias em revestimentos asfálticos” e “Principais patologias em revestimentos tipo CBUQ”.

Para isso, foram incluídas bibliografias clássicas e atualizadas, a fim de abranger artigos de alto impacto e relevância para o tema, contemplando a completude dos estudos científicos sobre a temática abordada. Os documentos que não apresentaram o texto completo disponível e aqueles que não apresentaram relação com os objetivos do estudo foram excluídos. Inicialmente, os arquivos acessados foram agrupados, seguindo etapas, a mencionar: Identificação (pelas *strings*), Seleção (leitura do resumo), Elegibilidade (considerando o potencial de dados para o estudo – leitura integral) e Exclusão (cuja contribuição não teria tanta relevância para a pesquisa).

Resultados e Discussão

Breve revisão sobre a pavimentação flexível

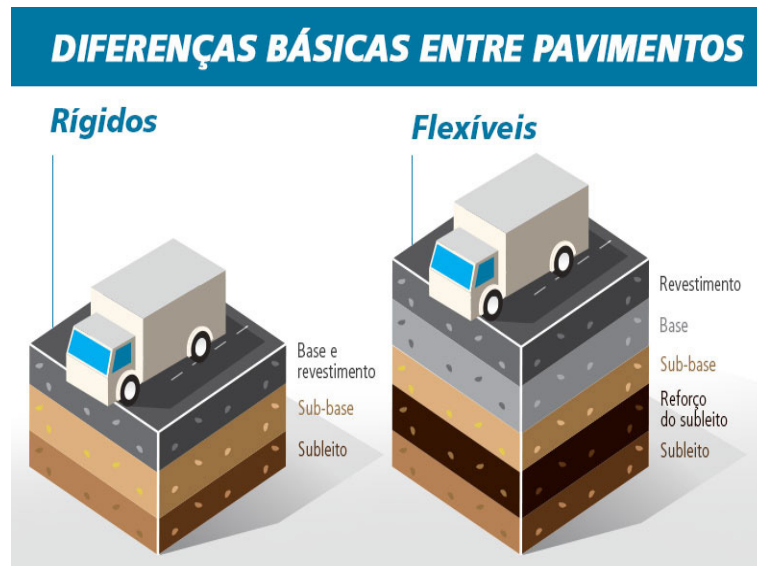
O pavimento flexível trata-se de uma estrutura construída de forma que seja maleável, tendo assim uma maior durabilidade. Essa durabilidade é garantida pela sua estrutura em camadas, onde cada uma delas é executada com base em procedimentos e ensaios específicos de todos os materiais utilizados. A NBR-7207/82 da ABNT define o conceito geral de pavimentos:

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 (NBR-7207/82).

Desse modo, a estrutura para a pavimentação é executada através dos processos técnicos de terraplanagem, dos quais devem seguir as normas de engenharia para que se tenha boa qualidade e baixo custo. Sendo assim, para a execução de um projeto de pavimentação há uma inter-relação de duas fases distintas, sendo a dosagem que consiste nos tipos de misturas, e o dimensionamento que é o projeto estrutural.

De qualquer modo, para ambas as etapas são necessárias levar em conta um estudo preliminar de tráfego, materiais utilizados e estudo de subleito para conhecer a fundação que apoiará o pavimento. Dessa maneira, o pavimento flexível pode ser dividido basicamente em: subleito, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento asfáltico, conforme o modelo ilustrativo (Figura 1).

Figura 1. Seção transversal de um pavimento flexível



Fonte: Adaptado de Mapa da Obra (2016).

O subleito consiste na camada mais inferior da estrutura, sendo caracterizada por uma camada de solo compactada com cerca de 150 a 300 mm, onde receberá cargas das camadas mais superiores, portanto, deve ser forte o suficiente para receber as tensões e assim servir de base do sistema de pavimentação flexível.

A camada de reforço do subleito tem a função de dar suporte à sub-base a partir da melhoria da resistência dos materiais por meio da compactação. Desse modo, a estabilização granulométrica dos materiais irá conferir no sistema um maior fortalecimento e durabilidade, possibilitando que a sub-base tenha uma menor espessura. A sub-base é uma camada complementar à base e ambas têm a mesma função. A sub-base e o reforço de subleito não são necessariamente obrigatórios, deve-se levar em consideração a qualidade do material do subleito, no qual se for forte e rígido não haverá a necessidade de sub-base, bem como de reforço.

Quanto à base, consiste na camada que tende a receber e distribuir os esforços das cargas provenientes do tráfego. Por fim, tem-se o revestimento que compreende a camada asfáltica que recebe de forma direta o rolamento dos veículos, portanto, deve ser impermeável, lisa e resistente ao desgaste (DNIT, 2006). Dessa maneira, o sistema de pavimentação flexível é estruturado, de modo a operar dando segurança e comodidade para os veículos que transitam nas vias.

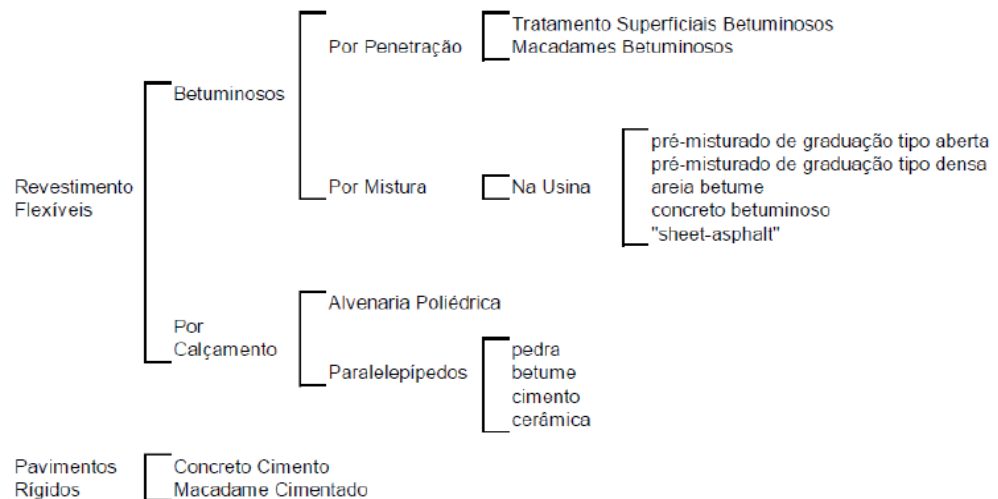
Com o tempo, a estrutura do pavimento sofre um desgaste que ocasiona a redução de sua qualidade estrutural, essa condição é resultante de processos climáticos, alterações físicas e químicas do solo, bem como da movimentação do tráfego (MIKOLAJ *et al.*, 2019). Desse modo, ao comparar a pavimentação flexível com outros tipos de pavimentação, a velocidade de sua deterioração tende a ser maior devido à ampla exposição ao clima e à movimentação intensa de cargas.

Nesse contexto, é necessário um sistema de gerenciamento eficiente para monitorar as condições das vias rotineiramente para que haja não só a redução de custos e reabilitação com a manutenção da pista, mas também demais custos aos condutores como acidentes, infrações ou interrupção do tráfego. Assim, o monitoramento, bem como a manutenção da estrutura do pavimento flexível possibilita a redução ou a prevenção de danos, garantindo maior durabilidade e ciclo de vida da pista.

O Revestimento CBUQ

O revestimento é a parte da estrutura diretamente ligada aos esforços aplicados pelos carros, devendo possuir bom funcionamento mecânico, além de boa qualidade dos materiais e na estrutura flexível das camadas (NOGUEIRA, 1961). Portanto, o revestimento está responsável em reduzir e distribuir as tensões para as camadas inferiores, bem como estar muito resistente às variáveis externas que alteram a sua composição e a sua estrutura. O DNIT (2006) divide os revestimentos flexíveis em betuminosos e por calçamento (Figura 2).

Figura 2 – Classificação dos tipos de revestimentos.



Fonte: DNIT, 2006.

Conforme o esquema do DNIT (2006), o CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente), CA (Concreto Asfáltico) ou CAUQ (Concreto Asfáltico Usinado a Quente) é um revestimento do tipo betuminoso e é o mais utilizado no Brasil para a pavimentação flexível em rodovias (PAIVA, 2015). Consistem em uma mistura a quente de agregados de tamanhos variados, cimento asfáltico e *filer*, quando necessário. Motter (2013) descreve as especificações da composição do CBUQ de acordo com o DNIT-ES:

O concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) é composto, segundo a especificação de serviço DNIT-ES 031:2006, por agregado graúdo, material retido na peneira nº4 (abertura de 4,8 mm), agregado miúdo, material passante na peneira nº4 e retido na peneira nº200 (abertura de 0,074 mm), filer mineral, também chamado de material de enchimento (passante na peneira nº200), e cimento asfáltico de petróleo (CAP) - ligante utilizado para aglutinação dos agregados entre si, proporcionado coesão e impermeabilidade à mistura, além de contribuir para o conforto ao rolamento e segurança viária ao tráfego (MOTTER, 2013).

Em vista disso, o processo de mistura do CBUQ se inicia com o aquecimento dos seus constituintes em temperaturas de até 180° C, sendo que a sua disposição na via deve ser também com temperaturas específicas. Desse modo, todos os agregados do CBUQ se ligam, característica essa que possibilita a resistência desse revestimento aos esforços mecânicos do tráfego.

Considera-se o CBUQ um revestimento de aplicação rápida e de grande excelência no acabamento final, e por ser composto de agregados e asfalto é flexível e durável, por estes fatos ele está relacionado à grande quantidade de vias existentes no país. Paiva (2015) explica que para a sua aplicação é necessário que seja poroso para que assim não ocorram deformações

por fluência.

Dentre outras exigências técnicas, a mistura deve ser efetuada em uma usina diante de dosagens específicas de agregados e betume que obedecem às especificações do chamado método Marshall. Motter (2013) descreve a metodologia Marshall:

A metodologia Marshall foi desenvolvida nos Estados Unidos, na década de 30, por Bruce G. Marshall, do Departamento de Transportes do Estado do Mississippi, idealizada para determinar a quantidade de ligante (teor ótimo de ligante) a ser utilizada na composição de misturas betuminosas destinadas à pavimentação, baseia-se nos valores de densidade e volume de vazios, estabilidade e fluência (MOTTER, 2013, p. 97).

Considerando esse contexto, o método Marshall de dosagem é o mais utilizado no Brasil para a produção do CBUQ, tendo em vista que há outros métodos que são mais difundidos em outros países. De acordo com Senço (1997), devem-se considerar parâmetros como granulometria, teor de cimento asfáltico, modo de transporte, aplicação e temperatura, bem como a estrutura da usina.

Portanto, a mistura dos materiais é feita nas usinas fixas para posterior transporte do material resultante, sendo que este será levado até a via de espalhamento de modo que durante o transporte esse material esteja aquecido em altas temperaturas, que não seja inferior a 130°C, para que chegue ao local ainda maleável para a aplicação e compactação (Figura 3) (NOGUEIRA, 1961).

Figura 3 – Procedimentos em transporte e aplicação de revestimentos asfálticos, com ênfase em A) caminhão basculante sendo carregado na usina. B) Revestimento CBUQ aplicado em uma rodovia.



Fonte: construfenix.com.br

As usinas para a produção do CBUQ são e devem ser equipadas com instrumentos de classificação dos agregados para que os distribua aos silos quentes. Conforme o DER/PR (2005), as usinas devem ser munidas de um conjunto de mecanismos de controle para a temperatura, bem como possuírem a capacidade de aquecer o betume e os agregados, estocar, peneirar e misturá-los.

Os agregados são classificados de acordo com a sua granulometria em três diferentes frações sendo graúdo, fino e *filer*, Gomes e Silva (2018) descreve:

O agregado graúdo é constituído normalmente de pedra britada ou seixo rolado com pelo menos uma face britada. O agregado miúdo pode ser constituído de areia, pó de pedra ou mistura de ambos. No método do equivalente de areia, deve apresentar um valor igual ou inferior a 55. Quanto ao *filer*, pode ser constituído de cimento, pó de pedra, pó de calcário e similar (GOMES e SILVA, 2018, p. 26).

Nesse sentido, observa-se a necessidade de atender às especificações técnicas quanto ao modo de mistura e escolha dos agregados na usina, visto que há diferentes granulometrias que

diferem na qualidade do revestimento. Portanto, para a efetivação da aplicação utiliza-se um trabalho conjunto de maquinários que são responsáveis por transportar, distribuir, compactar e nivelar o CBUQ, resultando em uma superfície lisa para o rolamento dos veículos.

De acordo com as normativas técnicas do DER-SP, os revestimentos do tipo CBUQ podem ser, comumente, de três tipos considerando a granulometria dos agregados e o material ligante, sendo que cada um tem indicações específicas. Assim, tem-se o CBUQ faixa C, CBUQ faixa B e CBUQ faixa D, sendo que todos garantem ou devem garantir qualidade e segurança na pavimentação (VEGGI e MAGALHÃES, 2014).

O CBUQ do tipo faixa C ou capa asfáltica consiste em um tipo de revestimento com características granulométricas ideais para a produção da camada de rolamento tanto em rodovias como na área urbana. Em outras palavras, esse tipo refere-se à camada mais superior do asfalto onde está diretamente em contato com a movimentação dos veículos. Por este motivo, deve ser muito resistente, flexível e estável para oferecer segurança ao tráfego.

O segundo tipo de revestimento CBUQ é o de faixa B, também chamado de *Binder*, sendo caracterizado por ter espessura mais grossa que os demais se tornando ideal para camadas de ligação que antecede a capa asfáltica, ou seja, funciona como um reforço para a camada de rolamento. Assim sendo, o *Binder* comumente apresenta especificações técnicas que exigem granulometria grossa dos agregados, maior porosidade e menor concentração de *filer* ou de betume.

Por último o CBUQ do tipo faixa D, sendo caracterizado por especificações técnicas mais simples como agregados finos (areia) misturados com *filer* e pedrisco, resultando em camadas com uma espessura mais fina, o que permite a sua utilização na área mais urbana como os estacionamentos, condomínios, garagens e ruas residenciais. Dessa maneira, observa-se que a granulometria dos agregados possui forte influência na produção dos revestimentos CBUQ, tornando-o específico para cada tipo de aplicabilidade.

Patologias de Pavimentos Flexíveis

Com o aumento da taxa de crescimento da frota de veículos e de tráfego nas rodovias que são projetadas e construídas para determinadas capacidades, bem como a exposição às variáveis climáticas, há o surgimento de patologias nas vias e a deterioração precoce dos pavimentos. Estes eventos são os principais motivos que preocupam as equipes responsáveis pela manutenção das vias, o que torna este um tema fundamental para conhecer os efeitos patológicos que as cargas podem gerar, além de conhecer as soluções para a correção.

Conforme Brito (2006) descreve, as vias urbanas e as rodovias devem permitir um trânsito seguro e satisfatório para os condutores ao longo do seu ciclo de vida. Portanto, é indiscutível que a má condição da pavimentação afeta de forma negativa toda a cadeia econômica de uma região, desde o aumento de combustível até a manutenção intensa dos veículos que são danificados.

Nos pavimentos flexíveis, por serem constituídos de camadas, há uma menor coesão entre estas ocasionando uma deformação o que pode resultar em uma superfície com depressões localizadas com consideráveis profundidades. O DNER-PRO/269 especifica que o grau de deterioração de uma via, bem como o tipo de patologia, deve ser feito a partir da análise das condições estruturais e funcionais do pavimento.

Desse modo, quando os pavimentos flexíveis são danificados eles podem ser classificados como defeitos superficiais, degradação da superfície ou deformações (BERNUCCI *et al.*, 2006). Dentre as principais patologias em pavimentos flexíveis podem-se citar as fendas, afundamentos, ondulações, escorregamentos, exsudação e panelas ou buracos, sendo que estes defeitos possuem causas específicas.

Considera-se uma fenda a patologia mais frequente nos pavimentos flexíveis, sendo caracterizada como qualquer imperfeição presente na superfície do pavimento e que ocasiona uma irregularidade na via, no entanto, elas são classificadas em fissuras ou trincas conforme a sua aparência (SABOO, 2016). Diferentes causas podem resultar nas fendas, conforme Holanda

e Filho descrevem:

Tal patologia é oriunda da fadiga dos materiais utilizados nas misturas betuminosas, devido aos esforços de tração por flexão as quais são submetidas com frequência no pavimento. Alguns outros fatores também contribuem para esta problemática, bem como a camada de revestimento que possui uma rigidez elevada em relação às demais camadas, as camadas granulares não possuem capacidade de suporte ou materiais utilizados no processo possuem uma qualidade ruim (HOLANDA e FILHO, p. 22).

As fissuras possuem, portanto, diferentes graus de danificação conforme a causa, sendo o nível mais crítico quando se tem as fendas do tipo couro de jacaré (Figura 4) que representam o uma intensa ação da fadiga, sendo que estas tendem a piorar quando há o desprendimento dos blocos o que pode resultar em outros tipos de patologias.

Figura 4 - Fissuras do tipo couro de jacaré em pavimento flexível.



Fonte: DNIT (2003).

Os afundamentos são patologias deformacionais e permanentes na via, representados por depressões que podem ser do tipo plástica e de consolidação (DNIT, 2003). O afundamento plástico mede, em média, até 6 metros e consiste na deformação das camadas do pavimento, por vezes, formando trilhas por onde as rodas passam. Por outro lado, o afundamento por consolidação ocorre devido à consolidação diferencial das camadas do pavimento e/ou do subleito.

As ondulações, também chamadas de corrugação ou costela de vaca, são deformações superficiais e transversais ao eixo da estrada devido às tensões de um cisalhamento horizontal. Para Silva (2008) as ondulações são resultado de uma base instável devido à má qualidade da execução e baixa resistência do material de revestimento, o que resulta em finas camadas de asfalto.

Em relação às variáveis climáticas como o calor, associa-se a patologia do tipo escorregamento. De acordo com o Silva (2008), o escorregamento é caracterizado pelo deslocamento da massa asfáltica em relação à sua camada de base, sendo ocasionada pelo excesso de calor; falta de ligação entre a base e o revestimento ou baixa resistência do asfalto.

A exsudação é uma patologia de fácil identificação devido à aparência brilhante que reflete na pista, ocorrendo devido ao calor que expande o asfalto, bem como da baixa porosidade e excesso de ligantes no material, conforme Silva (2008, p. 76) “seu formato é brilhante e isso se deve ao excesso de Ligante betuminoso”. Nesse contexto, verifica-se a importância dos processos de fabricação em seguir as normativas técnicas estabelecidas.

E as panelas ou buracos, muito comuns em vias urbanas de várias cidades, são

caracterizados por cavidades na superfície do pavimento asfáltico. Isso se dá devido às infiltrações de água do escoamento, sobrecarga dos veículos ou a falta de ligação entre as camadas. Assim, as panelas ou buracos podem atingir tamanhos centimétricos a métricos tanto em profundidade como em comprimento, afetando todas as camadas do pavimento e colocando em risco a segurança dos veículos.

Portanto, observa-se que os principais agentes causadores de patologias nos pavimentos flexíveis são as intempéries da natureza como calor e chuva, além da má qualidade da estrutura dos pavimentos que com a ação da sobrecarga dos veículos resultam em deformações superficiais ou profundas. Todos esses fatores somados a uma execução de baixa qualidade podem desencadear uma série de danos nas rodovias e vias urbanas.

Considerações Finais

O trabalho exposto apresentou estudos favoráveis para a temática proposta, proporcionando um conhecimento mais amplo sobre os pavimentos flexíveis, assim como a aplicação do revestimento do tipo CBUQ. Observa-se que esse tipo de revestimento depende de diferentes propriedades dos materiais utilizados, além do modo de fabricação e execução, o que irá refletir na sua qualidade e aplicabilidade.

Além disso, o revestimento do tipo CBUQ pode ter diferentes finalidades que repercutirão em seu custo benefício como método escolhido, tendo em vista que ele deve obedecer a normativas técnicas dos órgãos de fiscalização. Mas, de qualquer modo, é um revestimento que deve ser durável e resistente oferecendo boas condições de trafegabilidade, conforto e baixo custo de manutenção.

Observou-se também que os pavimentos, em particular os flexíveis, não apresentam uma resistência vitalícia em seus revestimentos, seja por ação dos agentes do intemperismo, seja pela ação conjunta dos esforços e cargas dos veículos ou, mais ainda, pela má qualidade da estrutura das camadas somada a uma execução de baixo padrão, ocasionando assim o surgimento de patologias.

De qualquer modo, a manutenção das vias é um fator que agrega e que pode prevenir o surgimento das diferentes patologias, como também do surgimento de acidentes aos condutores. Portanto, estes resultados podem garantir uma serventia para solucionar problemas futuros e contribuir para novas pesquisas que objetivam adquirir conhecimentos na área da pavimentação, bem como da aplicação do revestimento CBUQ nas rodovias.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7207: Terminologia e classificação de pavimentação**. Rio de Janeiro, p. 24, 1982. <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/7937/nbr7207-terminologia-e-classificacao-de-pavimentacao>.

BERNUCCI, L. B. *et al.* **Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros**. 504 p. Petrobras: Abeda, Rio de Janeiro, RJ. DOI, v. 10, n. 2.1, p. 4361.5684, 2006. <https://portal.tcu.gov.br/biblioteca-digital/proasfalto-petrobras.htm>.

BRITO, L. A. T. **Avaliação e análise paramétrica do ensaio de compressão diametral sob cargas repetidas em misturas asfálticas**. 2006. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/6861>.

CONSTRUFENIX. **Pavimentação CBUQ**. Disponível em: <https://www.construfenix.com.br/pavimentacao-cbuq.php>. Acessado em: 12 de Nov. 2021. <https://www.construfenix.com.br/pavimentacao-cbuq.php>.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES. **Conheça os 13 principais defeitos do**

pavimento das rodovias. 2018a. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/nao-encontrado/conheca-principais->. Acesso em: 01 de jan. de 2023.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES. **Pesquisa CNT de rodovias 2018: relatório gerencial.** 2018b. Disponível em: https://cms_pesquisarodovias.cnt.org.br/Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%. Acesso em: 12 de jan. de 2023.

DER/PR. DER/PR ES-P 21/05: **Pavimentação: concreto asfáltico usinado a quente.** Curitiba, p. 22. 2005. https://www.der.pr.gov.br/sites/der/arquivos_restritos/files/documento/2019-10/es-p21-17cauq3.pdf.

DER/SP. ET-DE-P00/008. **Sub-base ou base de brita graduada.** São Paulo, 2005.

DNER-PRO 269/94. **Projeto de Restauração de Pavimentos Flexíveis-TECNAPAN.** Procedimento. Rio de Janeiro, 1994. 17p.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL INFRAESTRUTURA ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Especificação de serviços. DNIT 032/2005. **Pavimentos Flexíveis – Areia asfalto a quente.** Rio de Janeiro, 2005. https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit_032_2005_es.pdf.

DNIT-DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT005/2003 – TER: **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos.** Terminologia. Rio de Janeiro, 2003. https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/terminologia-ter/dnit_005_2003_ter-1.pdf.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL INFRAESTRUTURA ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de pavimentação.** IPR. Publi. 719. 3 ed. Rio de Janeiro, 2006. https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/ipr_719_manual_de_pavimentacao_versao_corrigda_errata_1.pdf.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL INFRAESTRUTURA ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Pavimentos flexíveis-Concreto asfáltico.** Rio de Janeiro, RJ. 2006. https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit_031_2006_es.pdf.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL INFRAESTRUTURA ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos - Procedimento.** IPR, 2003. https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/procedimento-pro/DNIT_006_2003_PRO.

GOMES, F. A. V.; SILVA, J. V. **Terraplenagem e a aplicação do Concreto Betuminoso Usinado A Quente (CBUQ) para pavimentação em vias urbanas.** 2018. <http://repositorio.aee.edu.br/handle/aee/525>.

HOLANDA, K. T.; FILHO, A. M. C. **Método executivo de Pavimentação Asfáltica em AAUQ em áreas internas: estudo de caso realizado no novo Hospital de Referência do Servidor Público em São Luís-MA.** <http://armandocastro.com.br/wp-content/uploads/2018/11/Klinsmann-Tomaz-TCC-2018.2.pdf>.

MAPA DA OBRA. **Pavimento rígido: solução para corredores de ônibus.** 2016. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/pavimento-rigido-para-corredores-de-onibus/> Acessado em 30 de Set. 2021.

MIKOLAJ, M.; REICH, M.; GÜNTNER, A. **Resolving geophysical signals by terrestrial gravimetry: A time domain assessment of the correction-induced uncertainty.** Journal of Geophysical Research: Solid Earth, v. 124, n. 2, p. 2153-2165, 2019. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2018JB016682>.

MOTTER, J. S. **Propriedades de concretos betuminosos usinados a quente com o uso de agregado graúdo reciclado de concreto.** 2013. <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/35136>.

NOGUEIRA, C. **Pavimentação: projeto e construção.** Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1961.

PAIVA, G. F. **Estudo comparativo de viabilidade econômica de pavimentação flexível entre concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) e tratamento superficial duplo (TSD), em loteamento em Capanema-PA.** <https://ulbra-to.br/bibliotecadigital/publico/home/autor/guilherme-de-faria-paiva>.

SABOO, M. P.; SILVA, D. S. **Avaliação de impactos ambientais em projeto rodoviário urbano: estudo de caso Americana/SP.** Revista Ciência e Tecnologia UNISAL. V. 16, n. 28/29, p. 34-58. 2016.

SANTANA, H. **Manual de pré-misturados a frio.** IBP, 1992.

SENÇO, W. **Manual de técnicas de pavimentação.** Pini, 1997.

SENÇO, W. **Manual de Técnicas de Projetos Rodoviários.** 1. ed. São Paulo: Pini, 2017.

VEGGI, E. S.; MAGALHÃES, S. L. M. **Análise Comparativa de Custos Entre Concreto Betuminoso Usinado a Quente (Cbuq) e Tratamento Superficial Duplo (Tsd).** E&S Engineering and Science, v. 2, n. 1, p. 03-22, 2014. <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/2071>.

Recebido em: 02 de abril de 2023

Aceito em: 13 de setembro de 2023