



AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO MÉTODO *WHITETOPPING* NA RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

¹ Leonardo Guimarães de Sousa (SENAI CIMATEC) – leonardogs90@gmail.com; ² Larissa da Silva Paes Cardoso (SENAI CIMATEC) – larissa.paes@fieb.org.br.

Resumo: O atual cenário de transportes terrestres no Brasil, onde há um fluxo de veículos cada vez maior, traz à tona o desafio de realizar as manutenções das rodovias com o mínimo de impacto no tráfego. O alto desempenho e baixa necessidade de manutenção do pavimento rígido, coloca esta modalidade como possível solução para minimizar as frequentes necessidades de intervenção nos pavimentos. Neste contexto, surge o conceito do *whitetopping*: método de reabilitação de pavimentos flexíveis com a superposição de uma camada de concreto. O objetivo deste estudo, é discutir a viabilidade do emprego da tecnologia *whitetopping* na reabilitação de pavimentos flexíveis, observando aspectos técnico, econômico, social e ambiental. Trata-se de uma revisão bibliográfica baseada na literatura especializada.

Palavras-Chaves: pavimento rígido; *whitetopping*; recuperação de pavimentos;

EVALUATION OF USING THE *WHITETOPPING* METHOD IN THE RECOVERY OF DAMAGED FLEXIBLE PAVEMENTS

Abstract: The current scenario of ground transport in Brazil, where there is an increasing vehicles flow, brings up the challenge of performing maintenance on the highway with the least impact on traffic. The high performance and minimal maintenance of the rigid pavement appears as a solution to these frequent intervention needs. In this context, the concept of whitetopping emerges: a method of recovering flexible pavements with the use of a concrete overlay. The purpose of this article is to discuss the feasibility of using the whitetopping technology, in the recovery of flexible pavements, observing the technical, economic, social and environmental spheres. It is a literature review based on specialized literature.

Keywords: rigid pavements; whitetopping; pavements recovery;



1. INTRODUÇÃO

Em um momento onde ocorre o aumento considerável do volume de tráfego, as ruas, avenidas e estradas não podem parar, nem mesmo para manutenção. Os prejuízos à mobilidade, causados pelos problemas da rápida deterioração dos pavimentos, são incalculáveis. Um bom resultado em mobilidade depende diretamente da escolha de um bom pavimento [1].

Segundo dados da CNT - Confederação Nacional do Transporte, entre 2001 e 2015, a extensão de estradas pavimentadas apresentou um crescimento de 23%, ao passo de que a frota de veículos aumentou 184%. Além disso, em 2016, a CNT realizou uma pesquisa a fim de avaliar a condição do pavimento nas rodovias brasileiras. O resultado foi que, em 103.259 km de rodovias pavimentadas pesquisadas, 48% foram classificadas como regulares, ruins ou péssimas, sendo o restante classificadas como boas ou ótimas [2].

De acordo com o mapeamento realizado pelo IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, foi identificada a necessidade de R\$ 183,5 bilhões de reais em investimentos para sanar os problemas e impulsionar o setor rodoviário nacional, ampliando sua eficiência e seu impacto sobre a economia do país, sendo R\$ 144,18 bilhões só em obras de recuperação, adequação e duplicação [3].

Esta situação traz aos gestores de redes viárias um desafio constante: reparar, recuperar, substituir ou aumentar a capacidade de carga de pavimentos já em certo estágio de degradação, sem provocar retenção do tráfego, desvios de rota e congestionamentos, que aumentam os custos de operação dos veículos e do usuário, mais os custos sociais disso decorrentes [1].

Nesse contexto, surge a tecnologia *whitetopping*: método de recuperação de pavimentos flexíveis deteriorados com a utilização do concreto, de forma a aumentar a durabilidade do pavimento e reduzir seu custo de manutenção ao longo do tempo, além de promover uma maior segurança, conforto e economia aos usuários.

O objetivo principal do trabalho é discutir a viabilidade do emprego da tecnologia *whitetopping* na reabilitação de pavimentos flexíveis, observando aspectos nos âmbitos técnico, econômico, social e ambiental.

2. METODOLOGIA

O presente artigo foi desenvolvido através de uma revisão bibliográfica baseada na literatura especializada por meio de consulta a livros, documentos publicados por instituições ligadas ao setor de transporte e artigos científicos selecionados a partir de buscas. A pesquisa foi realizada entre os meses de fevereiro e agosto do ano de 2017.

A qualidade dos textos pesquisados foi avaliada através da pertinência dos conteúdos em relação aos assuntos abordados neste trabalho.

3. PAVIMENTO RÍGIDO E FLEXÍVEL

De forma geral, os pavimentos são classificados em dois tipos: rígidos ou flexíveis, de acordo com o material utilizado na sua camada de revestimento. Os



pavimentos flexíveis utilizam materiais betuminosos como revestimento, e os rígidos são os pavimentos que são revestidos com concreto de cimento Portland [4].

A principal diferença entre os pavimentos rígido e flexível reside no fato de que as cargas aplicadas no pavimento flexível tendem a criar um campo de tensões mais concentrado junto ao ponto de aplicação das mesmas, enquanto que no pavimento rígido, o campo de tensões é mais distribuído pela extensão da placa, transferindo um esforço menor ao subleito, quando comparado com o pavimento flexível [5].

4. WHITETOPPING

Whitotopping é um pavimento de concreto superposto a um pavimento flexível existente. O pavimento *whitotopping* se comporta como um pavimento rígido comum, onde as tensões solicitantes são resistidas tão somente pelo próprio concreto, tendo o antigo pavimento flexível como sub-base [6].

A técnica consiste basicamente em aplicar o concreto diretamente sobre o pavimento antigo, sendo exigido preparo prévio apenas nos casos onde o pavimento apresente avançado estágio de deterioração funcional ou estrutural, o que requer a correção dos defeitos - através da fresagem ou, nos piores casos, da execução de uma camada de nivelamento - antes da aplicação do concreto [7].

O pavimento *whitotopping* é classificado pela espessura e pela aderência com o pavimento asfáltico. Três categorias distintas podem ser encontradas: *whitotopping* convencional, *thin whitotopping* e *ultra-thin whitotopping* [8].

4.1. Whitotopping convencional

O *whitotopping* convencional consiste na aplicação de uma camada de concreto sobre um pavimento asfáltico deteriorado, com o objetivo de recuperar e aumentar a sua vida útil. O seu funcionamento ocorre sem a aderência entre a camada de concreto e a de asfalto, permitindo a livre movimentação entre ambas as camadas. A espessura do pavimento pode variar de acordo com as necessidades de projeto e volume do tráfego, em geral acima de 150 mm [4].

Apesar da espessura elevada do *whitotopping* convencional exigir números menores de barras de transferência de carga, aditivos com fibras e permitir um maior espaçamento entre juntas de dilatação, esta modalidade tem um custo de ciclo de vida mais elevado quando comparado a opção TWT[8].

4.2. Thin Whitotopping (TWT) e Ultra-Thin Whitotopping (UTW)

O conceito da ligação entre o concreto e o asfalto, na execução do *whitotopping*, começou a ser considerada e introduzida nas construções, principalmente por meio da fresagem do asfalto, afim de criar uma ponte de aderência entre as camadas, e revogando antigas práticas, que incluíam eventualmente a aplicação de substâncias para reduzir a aderência entre o concreto e o asfalto [8].

Como mostra a Figura 1, uma vez que existe a conexão entre o concreto e o asfalto, os esforços na superfície do concreto são significativamente reduzidos quando comparados a situação de não ligação entre as camadas. Além disso, a



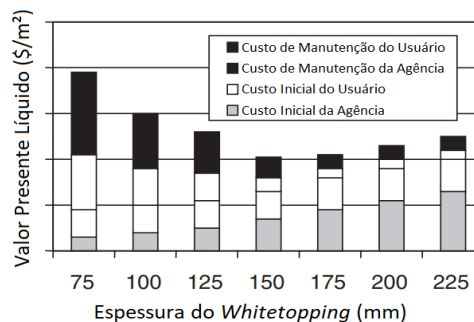
maior parte do concreto sofre compressão, tendo os esforços de tração reduzidos, o que permite o projeto de pavimentos menos espessos do que no método convencional sem perda de desempenho, surgindo assim os métodos TWT e UTW [8].

Figura 1: Comportamento do pavimento sob carga vertical - Fonte: [8]



Uma análise de custos realizada pela NCHRP – *National Cooperative Highway Research Program* revelou a variação do custo do ciclo de vida do pavimento *whitotopping* de acordo com diferentes espessuras da camada de concreto. A espessura que obteve um valor final mais rentável foi a de 150 mm, representado pela categoria *Thin-Whitotopping*, como mostra a Figura 2 [8].

Figura 2: Comparação do custo do ciclo de vida do *whitotopping* de acordo com a espessura da camada de concreto - Fonte: [8]



Segundo o Departamento de Transporte de Colorado, EUA (CDOT – Colorado Department of Transportation), os pavimentos TWT e UTW atingem desempenhos satisfatórios para aplicações específicas e longo tempo de serviço com baixa necessidade de manutenção. Para o UTW, as aplicações se limitam a vias de pequeno fluxo. Já o TWT é o modelo de *whitotopping* mais utilizado pelas agências de pavimentação norte americanas no recapeamento de estradas [9].

5. AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO WHITETOPPING

5.1. Avaliação Dos Aspectos Técnicos

É comum no Brasil a construção de rodovias de asfalto, cujo custo, em geral, é inferior ao pavimento em concreto. Contudo, os pavimentos flexíveis sofrem deformações constantes devido às cargas e ao clima brasileiro, o que reduz a durabilidade e o desempenho destas estradas. Apesar de, em alguns casos, representarem um maior custo inicial quando comparados ao pavimento asfáltico, rodovias em concreto apresentam alta durabilidade, e chegam a apresentar custos de manutenção até 85% mais baixos que os pavimentos flexíveis [3].



Há outras vantagens técnicas inerentes ao pavimento de concreto: redução na frenagem dos veículos em até 40%, redução de até 20% do consumo de combustível e economia em até 60% no gasto com energia elétrica na iluminação das vias [3].

O pavimento *whitetopping* é uma solução definitiva, com vida útil prevista de no mínimo 30 anos. Há casos de rodovias de pavimento de concreto, como a Rodovia Itaipava – Teresópolis, operar durante mais de 70 anos sem nenhuma necessidade de recapeamento [10].

5.2. Avaliação Dos Aspectos Econômicos

O custo total rodoviário engloba, além das despesas de construção, manutenção e operação da rodovia, os custos do usuário, relacionados a acidentes, tempo de viagem, poluição, custo de aquisição e custo operacional dos veículos [10].

Diante da inexistência de critérios claros de comparação entre os custos de pavimentação rígida e flexível, a ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) apud [11], desenvolveu um parâmetro de comparação entre as alternativas de pavimentação quanto ao custo de implantação. Para se estabelecer um custo unitário, as estruturas de cada pavimento foram definidas a partir da intensidade e composição do tráfego solicitante e nas condições de suporte da fundação.

O estudo avaliou o custo unitário, incluindo materiais e serviço, da implantação de uma seção-tipo de pavimento de concreto ou asfalto, com 7 m de largura e 1km de extensão, variando de acordo com o Volume Médio Diário comercial (VMDc). O VMDc é o número médio de veículos que percorre uma seção ou trecho de uma rodovia, por dia, durante um certo período. Quando não se especifica o período considerado, pressupõe-se que se trata de um ano [12].

As informações obtidas no estudo realizado mostraram que o custo de implantação de um pavimento de concreto é viável financeiramente, quando comparado ao de asfalto, quando o VMDc de uma rodovia é maior do que 2000.

Segundo o DNIT, de acordo com o Plano Nacional de Contagem de Tráfego, em 2016, 91% das rodovias federais monitoradas ao longo do ano apresentaram um VMDc acima de 2000 [13].

Todavia, para uma saúde financeira dos órgãos públicos, deve-se analisar não só o custo inicial da pavimentação, e sim o seu custo final, que é representado pelo custo inicial mais o custo de manutenção. A análise comparativa da viabilidade técnica e econômica de projetos de pavimentos rígidos e flexíveis tem comprovado que, a médio e longo prazo, o pavimento de concreto gera um menor custo anual, considerando sua durabilidade e baixa necessidade de manutenção [14].

Um estudo de viabilidade para a implantação e manutenção de um corredor metropolitano foi realizado pela Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo (EMTU-SP), expondo o pavimento asfáltico com um custo de construção 4,1% mais elevado do que o pavimento de concreto. Além disso, após 20 anos de uso, o valor presente do pavimento flexível seria de 29% maior do que o do



pavimento rígido. Este aumento se deve, principalmente, a maior necessidade de manutenção que o pavimento flexível tem em comparação ao rígido [15].

Uma outra análise comparativa foi conduzida pela CDOT, analisando o custo do ciclo de vida de um pavimento, comparando o seu recapeamento asfáltico ou em TWT. Considerando apenas o preço de projeto, os custos de ambos foram equivalentes. Entretanto, após considerar um recapeamento com uma camada de asfalto de 50 mm a cada 10 anos e um recapeamento de concreto com uma camada de 10 mm a cada 20 anos, o custo do ciclo de vida do pavimento fica 11% mais barato se recuperado de acordo com o modelo TWT [9].

Pode-se concluir que, independentemente dos custos iniciais, a alternativa de pavimentação rígida pode ser viabilizada a médio prazo através do seu baixo custo de manutenção.

5.3. Avaliação Dos Aspectos Sociais

As condições funcionais de uma rodovia influenciam diretamente no custo operacional dos veículos, de forma que, uma rodovia com baixo índice de condição funcional irá resultar em um alto custo de operação para os veículos que circularão sobre ela. Uma vez que a condição funcional de uma rodovia pavimentada com concreto tem uma variação muito pequena ao longo do seu período de utilização, o custo operacional da frota circulante sobre ele será muito menor do que aquele previsto para uma pavimentação flexível [10].

Uma pesquisa conduzida pela CNT, em 2016, acerca das condições das rodovias brasileiras, mostrou que, num total de 103.259km levantados, 55,6% da extensão pesquisada apresentavam algum grau de imperfeição, sendo que 12,9% foram classificados entre ruins e péssimos [2].

Estudo realizado por técnicos do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) e da Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT) apontam que as más condições das nossas vias geram um aumento significativo no custo social, representados pelos seguintes números: elevação de 38% nos custos operacionais dos veículos; aumento em até 58% no consumo de combustíveis; aumento em até 50% no índice de acidentes; aumento de até 100% no tempo de viagem [16].

Assim, a adequação e a durabilidade da pavimentação das rodovias cumprem papel fundamental no sentido de minimizar estes impactos na sociedade, reduzindo o custo social e garantindo segurança e conforto ao usuário. O pavimento de concreto detém características que oferecem mais segurança aos usuários, e que poderiam vir a reduzir as estatísticas relacionadas a acidentes, custos aos usuários e aos cofres públicos e maior qualidade no rolamento [14].

Uma vantagem importante do pavimento de concreto relativa à segurança do usuário é a significativa redução na distância de frenagem, devido ao fato de que nos pavimentos de concreto a aderência dos pneus à superfície de rolamento é bastante elevada. Um experimento realizado mostrou que a distância de frenagem de um veículo de passeio, foi reduzida em 40% da pista de asfalto com deformações



plásticas para o pavimento de concreto (que não sofre esse tipo de deformação) [14].

Segundo um estudo conduzido pelo Conselho Nacional de Pesquisa do Canadá, os automóveis que circulam em pavimentos rígidos consomem menos combustível do que em pavimentos flexíveis. Esta economia pode chegar a faixa de 17%. Isso acontece devido ao pavimento de concreto oferecer menor resistência ao rolamento, exigindo menor esforço da parte mecânica dos veículos por conta da sua superfície rígida, indeformável e estável [10].

5.4. Avaliação Dos Aspectos Ambientais

A superfície clara do concreto contribui para a redução da temperatura ambiente. O uso do pavimento de concreto e o plantio de árvores podem reduzir até 5 graus Celsius a temperatura média de um ambiente. A temperatura na superfície do pavimento de concreto é inferior em até 14 graus Celsius quando comparadas com o pavimento asfáltico [10].

Como visto no item 5.3., a economia de combustível dos automóveis ao trafegarem pelo pavimento de concreto também é um fator positivo para o meio ambiente, tendo em vista que desta forma serão reduzidos os gases emitidos à atmosfera. Segundo a American Concrete Pavement Association (ACPA) *apud* [14], em uma via arterial principal típica de concreto com 100km de extensão, há uma redução anual de emissão média de 5000 toneladas de CO₂, 56,7 toneladas de óxidos de nitrogênio e 7,17 toneladas SO₂ em relação ao asfalto.

Outra vantagem apresentada pelo pavimento de concreto, é que o principal insumo do concreto é o cimento, e o uso de cimento, se comparado ao asfalto, pode reduzir o impacto no meio ambiente por meio de coprocessamento e das adições na sua produção industrial. O coprocessamento consiste na destruição térmica de resíduos industriais indesejáveis, com alto poder energético em fornos de cimento, sem prejudicar a qualidade final do produto [21]. Já as adições são o aproveitamento de resíduos industriais na composição do cimento, dando-lhe características técnicas especiais [22].

6. CONCLUSÃO

O alto crescimento do número de veículos comerciais ocorrido nas últimas décadas fez com que a infraestrutura de muitos pavimentos se tornasse obsoleta para suportar a frota de veículos existente, o que contribuiu para a deterioração precoce de grande parte da rede viária brasileira. Desta forma, elevou-se a frequência da necessidade de manutenção das estradas do país, provocando não só um custo adicional aos cofres públicos, mas também mais insegurança aos usuários.

A degradação dos pavimentos causa grandes prejuízos aos cofres públicos, seja pela necessidade de recuperação destes pavimentos, pela perda de mobilidade ou pelo aumento de gastos com saúde pública, relacionado ao aumento da insegurança viária causada pelas más condições das vias.

Tendo em vista as vantagens apresentadas ao longo deste artigo, as estradas brasileiras podem ser reabilitadas através da tecnologia *whitetopping*, uma vez que



se trata de uma excelente solução, tanto sob o aspecto técnico e econômico, quanto o ambiental e social, principalmente no caso de rodovias submetidas a tráfego intenso e pesado de veículos comerciais, em que as soluções tradicionais do pavimento flexível não desempenham satisfatoriamente o resultado esperado.

7. REFERÊNCIAS

¹ DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Governar é Abrir Estradas**. 1ª Ed., São Paulo, 2009.

² CNT – Confederação Nacional do Transporte. **Anuário CNT do Transporte**. 2017. Disponível em: <<http://anuariodotransporte.cnt.org.br/2017/Inicial>> Acesso em: 12 de dezembro de 2017.

³ IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Comunicado do Ipea nº 52: Rodovias brasileiras: gargalos, investimentos, concessões e preocupações com o futuro**. 2010, 60p.

⁴ DNIT - Departamento Nacional de Infra-Estrutura e Transportes. **Manual de Pavimentos Rígidos**. 2ª Ed., Rio de Janeiro, DNIT, 2005.

⁵ BALBO, J. T. **Estudo das Propriedades Mecânicas das Misturas de Brita e Cimento e sua Aplicação nos Pavimentos Semi-Rígidos**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 1993. 181p.

⁶ DNIT - Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **DNIT 068/2004 – Pavimento Rígido – Execução de camada superposta de concreto do tipo whitetopping por meio mecânico – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2004, 17p.

⁷ PITTA, M. R. **Whitetopping – A evolução de um conceito**. In: Congresso Brasileiro de Cimento, 4., 1996, São Paulo.

⁸ National Cooperative Highway Research Program. **NCHRP Synthesis 338 - Thin and Ultra-thin Whitetopping: a Synthesis of Highway Practice**., National Academie Of Sciences, Washington, D.C., 2004.

⁹ YU, H. T.; TAYABJI, S. TechBrief: **Thin Whitetopping – the Colorado Experience**. Federal Highway Administration's, 2007.

¹⁰ CARVALHO, Marcos Dutra de. **Pavimento e concreto: reduzido a custo social**. São Paulo, ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, 2007.

¹¹ CROSARA, F. C., VIZZONI, R., CARVALHO, M. D. **Escolha da Melhor Alternativa de Pavimentação**. Rodovias & Vias. Curitiba/PR, p. 94-95, Ano 14, Ed. 80/2013.

¹² DNER – Departamento Nacional de Estradas De Rodagem. **Glossário de termos técnicos rodoviários**. Rio de Janeiro, 1997. 296p.

¹³ DNIT - Departamento Nacional de Infra-Estrutura e Transportes. **Plano Nacional de Contagem de Tráfego**. Disponível em: <<http://servicos.dnit.gov.br/dadospnct/ContagemContinua>>. Acesso em 30/08/2017.

¹⁴ CARVALHO, M. D. de. **Vantagens e Benefícios do Whitetopping e do Inlay na Reabilitação de Pavimentos**. São Paulo, ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, 2012.

¹⁵ VIZZONI, R. **Seminário: Pavimento de Concreto: Solução Sustentável e Custo Competitivo**. II Seminário ABCIC/IBRACON de Infraestrutura Viária e Mobilidade Urbana. São Paulo, 2015.

¹⁶ CNT - Confederação Nacional dos Transportes. **Revista CNT**. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br>>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2018.

¹⁷ ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. **Panorama do Coprocessamento - Brasil 2016**. São Paulo, 2016.



¹⁸ VIZZONI, R. **Seminário: O pavimento de concreto no modal nacional de transportes – uma realidade consolidada.** Concrete Show, 2009.