



**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA CONSULTIVA**

**AJALMAR MORENO PINTO JÚNIOR**

**ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS EM CBUQ POR  
PISO INTERTRAVADO EM PROJETOS DE PAVIMENTAÇÃO DE VIAS**

**FORTALEZA**

**2022**

**AJALMAR MORENO PINTO JÚNIOR**

**ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS EM CBUQ POR  
PISO INTERTRAVADO EM PROJETOS DE PAVIMENTAÇÃO DE VIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como requisito parcial à obtenção do título de  
Especialista em Engenharia Consultiva pela  
Faculdade Ari de Sá.

Aprovado(a) em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Me./Dr. (Nome do Avaliador)  
Nome da Faculdade/Universidade do Avaliador  
[não preencher]

## **ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS EM CBUQ POR PISO INTERTRAVADO EM PROJETOS DE PAVIMENTAÇÃO DE VIAS.**

Ajalmar Moreno Pinto Júnior<sup>1</sup>

### **RESUMO**

Este artigo tem como objetivo analisar, por meio de revisão bibliográfica e análise de dados secundários, a substituição de pavimentos flexíveis em CBUQ por piso intertravado em projetos de pavimentação de vias. Durante a revisão da literatura buscou-se a descrição do processo de pavimentação, referencial histórico, assim como, seu processo executivo, dando ênfase aos conceitos associados a pavimentos intertravados e os pavimentos asfálticos, destacando suas vantagens e desvantagens em relação à escolha do melhor tipo de pavimento viário. A metodologia aplicada consistiu na análise de 5(cinco) estudos envolvendo conceitos e definições sobre as variáveis dependentes: fatores ambientais, características do pavimento de concreto betuminoso usinado a quente e o pavimento intertravado, além das vantagens e desvantagens do uso desses dois tipos de pavimentos e elaboração de planilha comparativa abordando os custos para execução dos serviços para esse dois tipos de pavimentos. Após a realização de estudos, conclui-se que o pavimento de blocos intertravados agrega três requisitos fundamentais, qual seja, a economicidade na execução, manutenção, capacidade estrutural e integração com o meio ambiente, sendo é a melhor alternativa para projetos de urbanização de vias.

**Palavras-chave:** Comparativos de custos. Pavimentação. Sustentabilidade. Economicidade.

### **ABSTRACT**

This article aims to review, through bibliographic references, the impacts of the CBUQ pavement for replacement interlocks in public road urbanization projects. During the literature review, we sought to review the paving process, historical reference, as well as its executive process, emphasizing the concepts associated with interlocking pavements and asphalt pavements, highlighting their advantages and proposal on offer to choose the best type. of road pavement. An applied methodology consists of 5 studies (five) based on studies and studies on as dependent factors: characteristics of the concrete foundation to be hot machined intertratra, in addition to the advantages and proven factors for the use of two types of foundations and criteria elaboration of comparative worksheet covering the costs for the execution of services for these two types of pavements. After carrying out studies, it is concluded that the pavement of interlocked blocks adds fundamental requirements, namely, the economy in execution, maintenance, structural capacity and integration with the environment, being the best alternative for urbanization projects of public roads.

**Keywords:** Cost comparisons. Paving. Sustainability. Economics.

---

<sup>1</sup>Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR), e-mail: ajalmajunior@yahoo.com.br.

## 1. INTRODUÇÃO

Desde os tempos remotos que o deslocamento é uma preocupação do homem, por isso sempre buscou-se da melhor maneira de acessar as regiões mais difíceis, usando diferentes tipos de matérias-primas para delimitar o que chamamos de estrada, sendo uma necessidade constante a sua melhoria.

No início, as estradas eram revestidas por pedras brutas, depois por pedras talhadas, que receberam o nome de paralelepípedos. E por fim, foram outras formas de pavimentação como o pavimento de concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ e pavimento intertravado com blocos de concreto.

O pavimento intertravado para ABCP (2010) é um pavimento flexível composto por camada de base (ou base e sub-base), camada de assentamento (composta por areia ou pó de brita) e, por fim, um revestimento de peças de concreto com suas juntas preenchidas com material de rejunte, tem apresentado crescimento significativo no uso de obras de pavimentação.

O concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) também é um pavimento flexível, e segundo Bernucci et al., (2006) é o método atual mais utilizado no Brasil, trata-se de uma mistura convenientemente proporcionada de agregados de vários tamanhos e cimento asfáltico aquecido a uma temperatura previamente escolhida.

A respeito dos pavimentos de concreto betuminoso usinado a quente e de blocos de concreto intertravado, embora atendem a mesma finalidade apresentam diferenças de uso, assim como têm custo de implantação, durabilidade e impactos ambientais específicos a cada tipo de revestimento.

Sob esses aspectos, é importante analisar em conformidade com o projeto, a escolha do pavimento que melhor atenda as necessidades urbanas e ambientais, assim como o custo-benefício para a implantação de empreendimentos urbanísticos, tendo como norte o orçamento comparativo e as vantagens e desvantagens peculiares a cada tipo de pavimento.

O presente trabalho teve como objetivo geral é analisar a substituição de pavimentos flexíveis em CBUQ por piso intertravado em projetos de pavimentação de vias para atingir esse objetivo pretendeu-se identificar as características do piso intertravado e da

pavimentação asfáltica, além de levantar as vantagens e desvantagens, tendo como referências a análise de trabalhos científico desenvolvido sobre essa temática.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. PAVIMENTO**

#### **2.1.1. Breve histórico sobre pavimentação**

De acordo com Bernucci et al. (2006), a história da pavimentação nos remete à própria história da humanidade, uma vez que ela está intrinsecamente associada ao desenvolvimento da sociedade, englobando questões como povoamento de regiões, expansão territorial e comercial, disseminação cultural e religiosa, urbanização e desenvolvimento de forma geral. Podemos encontrar no antigo Egito (2600-2400 a.C.), uma das estradas mais antigas pavimentadas no mundo, construída com lajões justapostos e utilizada para o transporte de cargas durante a construção das Pirâmides.

Assim, desde os tempos remotos, a locomoção sempre representou uma importante ferramenta aliada ao processo de desenvolvimento de determinada região. Segundo dados históricos, a ideia inicial de pavimentação é originária da China e mais tarde os romanos a aperfeiçoaram, agregando às estradas além do pavimento às técnicas de drenagem, com a finalidade de ampliar a durabilidade de uso, principalmente no período chuvoso. Observa-se que desde os primórdios já se tinha grande preocupação com a garantia de estradas com boa pavimentação e por se tornaram tão importantes para o povo romano que por solicitação do Senado e da própria população, o senhor de Roma passou a ser responsável pela manutenção das vias de circulação. (BALBO, 2007).

De início, os pavimentos eram apenas trilhas de terras no meio das vegetações, evoluindo para alocação de pedras em estado natural sobre o terreno e posteriormente passou-se a talhar as pedras para se conseguir um melhor ajuste entre elas e possibilitar a passagem dos veículos de tração animal, que exigiam uma superfície de rolamento um pouco mais uniforme e resistente. (CARVALHO, 2011).

Esse aperfeiçoamento da pavimentação facilitou o acesso a bens disponíveis nos longínquos territórios ainda desconhecidos, surgindo, assim, as civilizações como: Mesopotâmia, Índia, Egito, China, Babilônia, além dos Incas, dos Astecas e dos Maias. E por

volta de 600 a.C implanta-se a Estrada de Semíramis com o objetivo de ligar a Babilônia à Ecbatana, nos limites do Rio Tigre, gerando conseqüentemente a necessidade de pavimentação.(ANDRADE, 2012).

A construção de caminhos tiveram, inicialmente, propósitos militares, a fim de garantir o rápido deslocamento das tropas. Porém, com a política de desenvolvimento das colônias conquistadas pelo Império Romano, esses caminhos passaram a ter outras finalidades de cunho econômico, servindo para o transporte de tesouros e riquezas para Roma,.

Com o passar dos séculos, cada vez mais se utilizavam os caminhos para fins mercantis, onde as composições das cargas transportadas foram se modificando, exigindo cada vez mais da camada de revestimento. E ainda com a intensificação progressiva do processo de urbanização exigiu-se o aperfeiçoamento do pavimento do ponto de vista estético, estrutural e integrado ao ambiente. Dessa maneira, iniciou-se uma intensa utilização de pavimentos com blocos pré-moldados de concreto de cimento em substituição aos pavimentos concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ.

### **2.1.2. Definição de pavimento**

O pavimento é a infraestrutura arquitetada sobre a terraplanagem com destinação técnica e econômica devendo, suportar e compartilhar as forças verticais originárias do tráfego, aperfeiçoar as circunstâncias de rolagem no que se refere ao conforto e segurança e suportar as forças horizontais fazendo assim as vias mais duradouras. (SENÇO, 2007).

Conforme o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006), o pavimento é via estruturada por conjuntos de camadas de densidades finitas, apoiados sobre um semiespaço no qual é considerado infinito o terreno de fundação que é apontado o subleito.

Já segundo Balbo (2007), o pavimento é um revestimento realizado sobre uma superfície, composta por camadas de diferentes características, destinado a distribuir cargas sobre um plano subjacente, cuja superfície é condicionada adequadamente resistente à abrasão, com textura e declividade capazes de oferecer segurança e conforto à circulação de seres vivos ou máquinas.

Nos termos da ABNT NBR 9781:2013, o pavimento é uma estrutura construída após terraplenagem e destinada, em seu conjunto, a resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego, melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança e resistir aos esforços horizontais que nela atuando, tornando mais durável a superfície de rolamento, devendo ser também uma estrutura econômica.

Assim, a partir dos conceitos expostos, podemos concluir que o pavimento é uma estrutura múltipla construída sobre a terraplenagem destinada técnica e economicamente, a resistir aos esforços advindos do tráfego e a melhorar as condições de rolamento.

### **2.1.3. Funções dos pavimentos**

O pavimento tem a função primordial dar estabilidade à superfície de rolamento, devendo permitir o tráfego em qualquer época do ano. Entretanto, nos seus efeitos, transcende bastante, esta simples finalidade primária, representando benefícios que podem atender aos objetivos da sociedade em uma faixa bem mais ampla de exigências.(DNIT, 2006).

Para Balbo (2007), a pavimentação tem a função de garantir o conforto de locomoção do veículo; de melhor aderência garantindo mais segurança no caso da pista ser molhada; e que essa superfície possua menos ruídos frente a ação dinâmica dos pneus, que tem finalidade garantir mais conforto do ambiente nas vias de zonas rurais e urbanas. Dessa maneira, a melhoria do rolamento possibilita aos usuários uma significativa economia com custos operacionais dos veículos, tem em vista que os custos de operação e manutenção veicular são diretamente ligados as condições de superfície dos pavimentos.

Ainda, segundo Balbo (2007), a necessidade de conceder condições adequadas de suporte e rolamento, independente das condições climáticas que se encontra, sendo separadas pelas camadas possuindo a denominação de revestimento, base, sub-base, reforço de subleito e subleito.

### **2.1.4. Composição do pavimento**

O pavimento é composto por um conjunto sequencial de camadas, assentadas sobre o terreno de fundação da via, de espessuras determinadas segundo os tipos de materiais escolhidos, através de um método de dimensionamento, de acordo com a necessidade de utilização da via.

O Manual de Pavimentação, do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2006) traz as cinco principais camadas da pavimentação (subleito, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento), as quais têm as seguintes funções:

a)Subleito: é a camada próxima da superfície representando o terreno de fundação do pavimento. Essa camada deve ser regularizada e compactada, respeitando as cotas do projeto, antes da execução das camadas posteriores;

b)Reforço de subleito: é uma camada construída acima da camada de regularização do subleito, com espessura regular, com características tecnológicas superiores à camada inferior e inferiores à camada superior;

c)Sub-base: é a camada construída acima do reforço de subleito e abaixo da base, considerada uma camada complementar à base, executada, quando aconselhável por razões econômicas (diminuir o custo da base) e tecnológicas (quando não é aconselhável construir a base diretamente sobre o reforço do subleito ou do próprio subleito);

d)Base: é a camada imediatamente superior à sub-base e com características superiores a esta, sendo responsável por resistir e distribuir os esforços verticais provindos do tráfego para camadas inferiores;

e)Revestimento: é o último ponto da via, onde será recebido a movimentação e esforços do tráfego necessário. Pode ser escolhido de acordo com utilização necessária, custo ou mão de obra.

Em conformidade com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2006), os pavimentos são classificados em rígidos, semirrígidos e flexíveis. O pavimento rígido é aquele que possui uma alta rigidez no revestimento em relação às camadas inferiores. O pavimento semirrígido é composto por uma base cimentada com algum aglutinante, como um pavimento composto por uma camada de solo cimento e revestida por uma camada asfáltica e por sua vez o pavimento do tipo flexível é aquele no qual se tem a maior parte da carga absorvida ainda na camada de revestimento, o pavimento flexível distribui a carga entre as camadas que sofrem uma deformação elástica após a aplicação da carga.



### **2.1.5. Pavimento de concreto betuminoso usinado a quente**

De acordo com o Senço (2007), o pavimento de concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ ou concreto asfáltico usinado a quente – CAUQ é um revestimento flexível, geralmente interligado ao Cimento Asfáltico de Petróleo – CIP, agregado ligante oriundo da destilação do petróleo. Esse tipo de pavimento é denominado de “flexível”, pois na estrutura do pavimento “flete” devido às cargas do tráfego. “Uma estrutura de pavimento flexível é composta geralmente de diversas camadas de materiais que podem acomodar esta flexão da estrutura.” (GUIMARÃES, 2011, p.22).

O pavimento de concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ ou concreto asfáltico usinado a quente – CAUQ é considerado a mistura asfáltica densa mais comum utilizada na construção dos revestimentos de pavimentos no Brasil, uma vez que apresenta uma taxa de envelhecimento mais lento, portanto mais durável e suporta bem o tráfego pesado e quando comparado, por exemplo, como pavimento o Pré-Misturado a Frio – PMF (BALBO, 2007).

Segundo estudos realizados por Bernucci et al (2006), no Brasil, cerca de 95% das estradas pavimentadas são de revestimento asfáltico. Isso decorre porque o asfalto “proporciona forte união dos agregados, agindo como um ligante que permite flexibilidade controlável; é impermeabilizante, é durável e resistente à ação da maioria dos ácidos, dos álcalis e dos sais, podendo ser utilizado aquecido ou emulsionado, com ou sem aditivo.” (BERNUCCI ET AL, 2006, p. 72).

### **2.1.6. Pavimento intertravado**

De acordo a normativa brasileira NBR 9781 (ABNT, 2013, p. 2) fica definido pavimento intertravado como:

Um pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base), seguida por camada de revestimento constituída por peças de concreto justapostas em uma camada de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento e o intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção.

O intertravamento consiste na capacidade de resistência dos blocos a movimentos e deslocamentos individuais (vertical, horizontal ou de rotação) em relação aos blocos adjacentes.

A Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP (2010) traz como definição de pavimento intertravado como sendo blocos de concreto pré-moldado travados entre eles por uma contenção lateral e assentados sobre uma camada de areia de assentamento. Assim, por meio do atrito lateral existente entre as peças de concreto adjacentes, ocorre a transmissão de parte da carga.

No mesmo sentido, Fernandes (2013, p. 26), define como pavimento intertravado “conjunto do pavimento como um todo, do revestimento de peças de concreto e camadas inferiores; e o *paver*, por sua vez, é a peça de concreto pré-moldada isolada”. E complementa, esclarecendo que assim como os demais tipos de pavimentos, o pavimento intertravado o revestimento garante o conforto necessário para o trânsito de pessoas e veículos e, em conjunto com as camadas inferiores, permite a passagem de veículos leves ou pesados, conforme o tipo definido em projeto. (FERNANDES, 2013).

De acordo com Fioriti (2007), pavimentos do tipo intertravado quando seguido alguns requisitos básicos na execução, como uma sub-base bem executada, blocos de qualidade e assentamento correto, um pavimento de *pavers* pode chegar a 25 anos de vida útil.

Desse modo, a estrutura do pavimento intertravado caracteriza-se pelo revestimento em blocos, com alta durabilidade e resistência, assentados sobre uma camada de areia, a base, a sub-base e o subleito. O revestimento e a areia de assentamento são contidos lateralmente, em geral, por meio-fio. E o rejuntamento entre os blocos é feito com areia.

Wiebbelling (2015, p. 22) explica as características básicas que compõem os pavimentos intertravados:

- a) Subleito – o subleito (estrutura final de terraplenagem sobre a qual será executado o pavimento) deve estar regularizado e compactado, na altura do projeto, antes da colação das camadas posteriores;
- b) Sub-base – é a camada de pavimentação, complementar à base e com as mesmas funções desta, executada sobre o subleito ou reforço do subleito;
- c) Base – é o componente estrutural que recebe as tensões distribuídas pela camada de revestimento. Sua função principal é proteger estruturalmente o

subleito das cargas externas, evitando deformações permanentes e consequente deterioração do pavimento;

d)Camada de assentamento – é a camada de assentamento tem como objetivo servir de base para o assentamento dos blocos e proporcionar uma superfície regular onde possam colocar os blocos e acomodar suas eventuais tolerâncias dimensionais;

e)Camada de rolamento – é a camada composta pelas peças moldadas de concreto, que estabelece as condições de conforto, durabilidade e contribui como para função estrutural.;

f)Camada de rejuntamento – garante o funcionamento mecânico do pavimento, influenciando o intertravamento e reduzindo a percolação de água entre as peças;

g)Contenção lateral – confinamento lateral, externo e interno, garante tal condição quando houver um rejuntamento efetivo das peças de concreto. A contenção deve ser feita através de colocação prévia de meios-fios, escorados de forma a suportarem os esforços horizontais.

Júnior (2007) afirma que a tecnologia de fabricação dos blocos pré-moldados em concreto vem se desenvolvendo bastante, atingindo precisão dos tamanhos, que propicia um bom intertravamento e alcançando uma resistência acima de 40 Mpa.

### **3. METODOLOGIA**

Uma das fases mais importantes no desenvolvimento de um trabalho científico é a escolha da metodologia, que tem como finalidade precípua auxiliar o alcance do objeto da pesquisa. Compreende-se por metodologia como caminho e o instrumento próprio que norteia ação do pesquisado. (MINAYO, 1998).

Este estudo se trata de uma pesquisa exploratória de cunho quantitativa. Segundo Knechtel (2014), a pesquisa quantitativa é uma modalidade de pesquisa que atua sobre um problema humano ou social, é baseada no teste de uma teoria e composta por variáveis quantificadas em números, as quais são analisadas de modo estatístico, com o objetivo de determinar se as generalizações previstas na teoria se sustentam ou não.

Nesse contexto, a metodologia empregada para atingir os objetivos propostos foi desenvolvida em 2 etapas:

I. Revisão da bibliografia envolvendo conceitos e definições sobre as variáveis dependentes: fatores ambientais, características do pavimento de concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ e pavimento intertravado, além das vantagens e desvantagens do uso desses dois tipos de pavimentos.

II. Elaboração de planilha comparativa abordando os custos para execução dos serviços de Revestimento Asfáltico com CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente) x Piso Intertravado tipo tijolinho, considerando uma malha viária contendo extensão de 1.000,00m, com largura de 8,00 m e espessura de 0,08 m.

Essa pesquisa de revisão bibliográfica foi realizada no período de 02 de maio de 2022 a 02 de junho de 2022 com levantamentos de dados pesquisados na literatura a fim de selecionar estudos relevantes para a discussão do tema abordados em diversas plataformas da internet (revistas eletrônicas e anais de eventos).

Para iniciar a busca dos resumos, foram acessados os sites, identificando-se os seguintes descritores: pavimentação; pavimentação CBQU, pavimentação com bloco intertravado, trafegabilidade, custo total e fatores ambientais. Sendo considerados tão somente as pesquisas que possuíam esse descritor no seu resumo ou *abstract*. Além dos critérios de inclusão supracitados foram incluídos apenas estudos entre ano de 2009 a 2018.

Foram encontrados mais de 30 trabalhos e apenas 05 deles foram selecionados por se enquadrarem os critérios utilizados. Esses estudos estão listados no Quadro 1, a seguir, que mostra seus títulos, referência da autoria/ano e a plataforma de origem do trabalho.

**Quadro 1 – Listagem de trabalhos selecionados**

<b>Código</b>	<b>Temática</b>	<b>Autor(es) / Ano</b>	<b>Plataforma</b>
T1	Pavimento intertravado: uma reflexão na ótica da durabilidade e sustentabilidade	Godinho, 2009.	Repositório da Universidade Federal de Minas Gerais
T2	Considerações sobre a utilização de pavimentos intertravados e betuminosos em áreas urbanas	Carvalho, 2011.	Repositório da Universidade Federal de São Carlos

<b>Código</b>	<b>Temática</b>	<b>Autor(es) / Ano</b>	<b>Plataforma</b>
T3	Comparativo dos métodos de pavimentação asfáltica com o piso intertravado no município de Loanda-PR	Luchinski et al., 2018	Repositório da Universidade Paranaense.
T4	Projeto de substituição de pavimento flexível asfáltico betuminoso por pavimento flexível intertravado em blocos de concreto na Rua do Comércio Bairro Parque Dez de Novembro em Manaus-AM.	Marques, 2018.	Revista Científica Semana Acadêmica
T5	Estudo comparativo entre as modalidades de pavimentação: concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ e bloco sextavado de concreto simples	Silva, 2018.	Biblioteca digital do Centro Universitário Luterano de Palmas

Fonte: Dados da pesquisa, 2022.

A análise desses trabalhos teve como pretensão verificar as vantagens e desvantagens da utilização do pavimento de concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ e pavimento intertravado em projetos de pavimentação de vias, focando nos fatores ambientais e características dos pavimentos. Para tanto, buscou-se responder o seguinte questionamento:

1. Quais as vantagens e desvantagens da utilização do pavimento de concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ e do pavimento intertravado em projetos de pavimentação de vias?

Para subsidiar a análise comparativo de custos totais na execução de pavimentos de concreto betuminoso usinado a quente e de pavimentos com blocos intertravados utilizou-se orçamento com base na tabela da Secretaria de Infraestrutura do Estado do Ceará – Tabela 27, com referência em composições de março/2021, tabela muito utilizada para orçamento de obras no Ceará. Na tabela SEINFRA são apresentadas as composições de serviços a serem utilizadas nos orçamentos de obras realizados por engenheiros e arquitetos.

Na tabela 1 temos a presença dos insumos, serviços e valores unitários necessários para a execução de pavimento em CBUQ de uma malha viária contendo extensão de 1 km, com largura de 8,00 m e espessura de 0,08 m.

**Tabela 1: Composição de Execução de 1 km de Pavimento com Aplicação de Concreto CBUQ.**

Valor para Execução de 1km de CBUQ						
Código	Descrição dos Serviços	Unidade	Qtde	Preço Unitário R\$	Total sem BDI	Total com BDI
C3155	CONCRETO BETUMINOSO USINADO À QUENTE - CBUQ (APLICAÇÃO E FORNECIMENTO)	T	1.536,00	R\$ 550,00	R\$ 844.800,00	R\$ 1.056.000,00
C3228	PIINTURA DE LIGAÇÃO - EXECUÇÃO (S/TRANSP)	M²	8.000,00	R\$ 0,23	R\$ 1.840,00	R\$ 2.300,00
I2319	EMULSÃO ASFÁLTICA RR 1C (BDI = 15%)	T	3,20	R\$ 4.150,00	R\$ 13.280,00	R\$ 15.272,00
I0002	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BETUMINOSO À QUENTE (Y = 0,45X + 46,33)(DMT = 20,0km) - MASSA ASFÁLTICA	T	1.536,00	R\$ 55,33	R\$ 84.986,88	R\$ 97.734,91
I0001	TRANSPORTE COMERCIAL DE MATERIAL BETUMINOSO À FRIO (Y = 0,43X + 41,66) (DMT = 20,0km) - RR1C	T	3,20	R\$ 50,26	R\$ 160,83	R\$ 184,96
					<b>R\$ 945.067,71</b>	<b>R\$ 1.171.491,87</b>

Fonte: Tabela SEINFRA/CE, 2021.

Na tabela 2, abaixo fornece os insumos, serviços e valores unitários necessários para a execução de pavimento em blocos intertravados de concreto tipo “tijolinho” de uma malha viária contendo extensão de 1.000,00m, com largura de 8,00 m e espessura de 0,08 m.

**Tabela 2: Composição de Execução de 1 km de Pavimento com Piso Intertravado Tipo Tijolinho.**

Valor para Execução de 1km de Piso Intertravado						
Código	Descrição dos Serviços	Unidade	Qtde	Preço Unitário R\$	Total sem BDI	Total com BDI
C4917	PISO INTERTRAVADO TIPO TIJOLINHO (20X10X8)CM 35MPA, COR CINZA - COMPACTAÇÃO MECANIZADA	M²	8.000,00	R\$ 61,21	R\$ 489.680,00	R\$ 612.100,00
C2860	LASTRO DE AREIA ADQUIRIDA	M³	454,40	R\$ 108,21	R\$ 49.170,62	R\$ 61.463,28
C3144	TRANSPORTE LOCAL COM DMT ENTRE 4,01 Km E 30,00 Km (Y = 0,68X + 0,99) (DMT = 20,0KM) - AREIA	T	681,60	R\$ 14,59	R\$ 9.944,54	R\$ 12.430,68
					<b>R\$ 548.795,17</b>	<b>R\$ 685.993,96</b>

Fonte: Tabela SEINFRA/CE, 2021.

### **Informações Complementares às Tabelas 1 e 2**

1. Taxa de aplicação de RR1C: 0,40l/m²;
2. BDI Considerado para efeito de serviços: 25,00%;
3. BDI Considerado para insumos e transporte de Materiais Betuminosos: 15,00%;
4. DMT Massa Asfáltica considerado: 20,00km;
5. DMT Massa RR 1C considerado: 20,00km;
6. DMT Areia considerado: 20,00km.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Nessa seção, apresentam-se os resultados referentes às análises das vantagens e desvantagens da utilização do pavimento de concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ e pavimento intertravado em projetos de pavimentação de vias, a partir das considerações dos trabalhos analisados e o custo financeiro para os dois esses tipos de pavimentação em projetos de obras de pavimento de malha viária.

#### **4.1.Vantagens e desvantagens da utilização do pavimento de concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ e o pavimento intertravado em projetos de pavimentação de vias**

Segundo a revisão bibliográfica realizada observou-se vantagens e desvantagens do uso do pavimento intertravado em relação ao pavimento de concreto betuminoso usinado a quente em alguns pontos considerados relevantes à economicidade da obra, ao seu tempo de durabilidade, à necessidade de manutenção, atendimento às necessidades urbanísticas da cidade e fatores ambientes, que repercutam na decisão de escolha entre uma ou outra modalidade de pavimentação para casos específicos.

Como resultados observados nos trabalhos estudados, verificou-se que todos os autores demonstraram que na atualidade é crescente o uso de pavimentação urbana com blocos de concreto intertravado, sobretudo em logradouros públicos e privados. Destacam que esse crescimento é decorrente do custo reduzido de reparo/manutenção, reutilização e reaproveitamento de cerca de 94% das peças na execução de obras.

Porém, é importante destacar o ponto de vista do autor do estudo (T2), que segundo ele não verificou “vantagem expressiva de um tipo de pavimento sobre o outro” durante o desenvolvimento desta pesquisa. Aponta que numa análise isolada sobre “os aspectos ambientais os pavimentos intertravados oferecem vantagens em termos de drenagem superficial (retenção de água por mais tempo), difunde melhor a luz solar e melhora a condição de visibilidade noturna.”(CARVALHO, 2009, p.103).

De outro modo, o autor do estudo (T4) revela que o pavimento intertravado tem como características principais “excelente poder de absorção pluviométrica, além de ser sustentável e de baixo custo de implantação e manutenção, este ainda contribui para a redução da sensação térmica pois reflete boa parte dos raios solares, gerando economia ainda no sistema de iluminação pública em torno de 60%.” (MARQUES, 2018, p.4).

Para o autor do estudo (T1), tem-se como desvantagem a execução de obras de pavimentação com blocos de concreto o seu extenso prazo de conclusão, a depender do tamanho do empreendimento, uma que vez não é possível a entrega da via, por exemplo, em 4 meses, o que não acontece em obras com a pavimento de concreto betuminoso a quente, cuja

execução é em menor tempo quando comparado ao prazo de execução do pavimento intertravado. (GODINHO, 2009).

No tocante à manutenção de pavimentos intertravados, os autores dos estudos são unânimes em afirmar que é bastante simples, não envolve mão de obra especializada, ou equipamentos mais específicos, devendo ser realizada de forma rotineira e preventiva, evitando-se a necessidade reconstrução e reforços estruturais. Isso não corre na pavimentação de CBUQ que necessita de “limpeza e remoção de detritos, que deve ser feita de forma rotineira, a operação de tapa-buracos e execução de remendos, o recapeamento e reforço estrutural e a reconstrução do pavimento”.

No estudo (T5), constatou-se que “o tempo de vida útil o pavimento de concreto é superior ao de pavimento asfáltico, e sua manutenção é considerada mais simples e menos dispendiosa” (SILVA, 2018, p.46). De outro lado, na pesquisa (T2), observou que a pavimentação de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) é o mais durável, e confortável em termos de trafegabilidade, porém apresenta-se como o mais caro em termos de execução, pois exige uma logística adequada para o deslocamento da mistura asfáltica até o local de aplicação.

Nesse contexto, Segundo Carvalho (2011, p. 33), para “a mistura dos agregados com o ligante é realizada à quente em uma usina de asfalto e transportada até o local de sua aplicação por caminhões especialmente equipados onde é lançado por equipamento adequado chamado de vibroacabadora”, resultando em gastos mais significativos para a execução do pavimento da malha viária.

Quanto os benefícios ambientais, o pavimento de concreto intertravado, em todas as pesquisas analisados, mostrou-se mais vantajoso, em função de sua composição e método construtivo, a pavimentação com blocos de concreto, emitem poucos poluentes e deixam pouco ou nenhum resíduo tóxico. O mesmo não pode ser dito do CBUQ, que exige muitos equipamentos na sua fabricação e aplicação, além do fato de ter em sua composição material de origem petrolífera. Além disso, relata Maques (2018, p. 4), da pesquisa (T4) que:

(...) É válida a busca constante pelo desenvolvimento e aplicação de pavimentos com essas características, principalmente em áreas de passeio, essas medidas como já citadas diminuem os impactos causados na rede de drenagem ocasionados pelos efeitos crescentes da urbanização e impermeabilização do solo, além de melhorar a qualidade de vida da população e do meio ambiente no geral.



Assim, base nos estudos do ponto de visto da economicidade da obra, do seu tempo de durabilidade do pavimento, da necessidade de manutenção, do atendimento às necessidades urbanísticas da cidade e de fatores ambientes, o pavimento blocos de concreto intertravado é uma opção viável, pois sua longevidade e fácil manutenção são superiores ao comparar com o pavimento asfáltico, comprovando uma boa alternativa de custo a longo prazo, além de ser ambientalmente mais adequado.

A comparação do custo financeiro de execução de concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ e pavimento intertravado em blocos de concreto será analisado a seguir.

#### **4.2. Custo financeiro de execução do pavimento de concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ e pavimento intertravado**

Passe-se, analisar financeiramente e, contrapor dois tipos de pavimentação, a pavimentação flexível (asfáltica) e pavimentação flexível (blocos de concretos intertravado). A análise foi realizada tendo como referência os estudos analisados e a planilha comparativa de preços.

**Tabela 3: Comparação total de valores**

<b>Serviço</b>	<b>Unidade</b>	<b>Área de Execução</b>	<b>R\$/M2</b>	<b>Total com BDI</b>
EXECUÇÃO DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO CBUQ.	M2	8.000	R\$ 146,44	R\$ 1.171.491,87
EXECUÇÃO DE VIA EM PISO INTERTRAVADO.	M2	8.000	R\$ 85,75	R\$ 685.993,96

**Fonte:** Autoria própria

Considerando para fins de cálculo do custo financeiro de execução de pavimento de concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ e pavimento intertravado em bloco de concreto os dados constantes das tabelas 1 e 2, tendo como dimensões da via extensão de 1.000,00m, com largura de 8,00 m e espessura de 0,08 m, encontrou-se o valor por m<sup>2</sup> de R\$ 146,44 para o pavimento asfáltico e o valor por m<sup>2</sup> de R\$ 85,75 para os blocos intertravados, assim tendo os valores finais de R\$ 1.171.491,87 para o pavimento asfáltico e R\$ 685.993,96 para o pavimento de bloco intertravado, uma diferença de R\$ 485.497,91 entre

os dois tipos, valor esse que corresponde a 70,77% de acréscimo utilizando os blocos intertravados.

Segundo os estudos promovidos por Marques (2018), o pavimento intertravado em blocos de concreto era, na época da pesquisa, até 15% mais caro do que o pavimento asfáltico flexível tradicional, que compensaria nos custos de manutenção, adequação do sistema de drenagem e durabilidade projetada para mais de 15 anos. Uma realidade, completamente diferente à da contemporaneidade, que relevam o encarecimento dos insumos necessários ao pavimento de concreto betuminoso usinado a quente.

Sob o aspecto financeiro, na pesquisa (T3) desenvolvidas por Luchinski et al., 2018, aduz que atualmente em razão do aumento de mais de 60% nos custos dos ligantes asfálticos, o pavimento de concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ é uma opção bastante onerosa. Nessas condições os pavimentos asfálticos acabam ficando bem mais caros, tornado seu uso inviável economicamente e favorecendo a utilização de pavimentos de concreto.

Dessa maneira, analisando tão somente o desembolso financeiro na construção, temos como melhor alternativa econômica o pavimento de bloco intertravado. Porém, é importante considerar também, além do aspecto financeiro, os pontos fortes de cada tipo de pavimento antes da tomada de decisão final, ou seja, é necessário analisar a instalação, vida útil do material escolhido, reforma, permeabilidade, que contribuam com a qualidade e economicidade na execução de pavimentos.

Vale salientar, conforme aponta Júnior (2007), dentre outras vantagens do pavimento intertravado, a baixa retenção de calor em função das tonalidades claras, a valorização paisagística e durabilidade do pavimento são fatores positivos que influenciem para a escolha desse tipo de pavimento, que comparadas com o custo financeiro do pavimento CBUQ, o pavimento intertravado de concreto torna-se uma boa alternativa para aplicação em obras públicas ou privadas.

Além do custo financeiro ser muito menor, o pavimento de bloco intertravado se sobressai ao confrontar com o CBUQ, quando um problema na pavimentação é encontrado, a forma de resolução do intertravado é muito mais simples que o asfalto, o custo da operação é menor, já que na maioria dos casos não necessita de mão de obra especializada e ainda pela

possibilidade do reaproveitamento do material na recuperação do pavimento, o que não ocorre do pavimento asfáltico que requer a disponibilização de um novo material, gerando mais custo para sua manutenção.

Ainda sob o viés da economicidade, o pavimento de concreto intertravado representa uma boa opção a Administração Pública, que não detém de recursos financeiros suficientes para pavimentação de ruas e avenidas, uma vez que esse pavimento tem um custo menor para os cofres públicos e atende de maneira satisfatória às questões urbanísticas e ambientais relacionadas à cidade.

## **5. CONCLUSÃO**

O objetivo deste trabalho foi analisar, por meio de revisão bibliográfica e análise de dados secundários, a substituição de pavimentos flexíveis em CBUQ por piso intertravado em projetos de pavimentação de vias. Para que esse objetivo fosse alcançado, primeiramente foi abordado definições sobre as variáveis dependentes: fatores ambientais, características do pavimento de concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ e pavimento intertravado, além das vantagens e desvantagens do uso desses dois tipos de pavimentos, em seguida, realizou-se análise comparativa dos custos para execução dos serviços de revestimento asfáltico com CBUQ (concreto betuminoso usinado a quente) x piso intertravado tipo tijolinho.

Do ponto de vista financeiro, verificou-se que o preço final da pavimentação de concreto betuminoso usinado a quente é de R\$ R\$ 1.171.491,87 e com blocos intertravados de concreto é R\$ 685.993,96 para uma via de extensão de 1 km. Sendo assim, o valor do metro quadrado do CBUQ ficou em R\$ 146,44 e dos blocos de concreto em R\$ 85,75. Isso resultou em um custo 58,55% menor por metro quadrado para os blocos intertravados de concreto.

Assim, ao se analisar o custo para a implantação de cada tipo de pavimento conclui-se que a alternativa mais viável é a pavimentação em blocos intertravados de concreto, que geraria uma economia significativa na execução na obra, mais de 58% se comparado ao CBUQ. Entretanto, para escolha de um tipo de pavimento é preciso analisa, além do custo financeiro, outros fatores relevantes como a vida útil, custo de manutenção e os impactos ambientais decorrentes da pavimentação, como já mencionado neste estudo.

Nesses aspectos, o pavimento em blocos intertravados de concreto sobressair em relação ao CBUQ, pois a durabilidade do pavimento intertravado é maior do que o concreto asfáltico, em média, superior a 8 anos, também apresenta baixo custo de manutenção pois cerca de 95% dos blocos podem ser reaproveitados em operações de manutenção ou reparo do pavimento.

No tocante aos impactos ambientais, o pavimento de concreto intertravado mais uma vez vence em comparação a pavimentação asfáltica, o ponto que podemos melhor avaliar é a absorção de água principalmente pluvial para os lençóis freáticos. O asfalto é conhecido por sua impermeabilidade, diferente dos blocos intertravados que também são chamados de pisos drenantes, o que contribui para o processo de escoamento das águas pluviais evitando a inundação dos centros urbanos. Assim como, contribui para a diminuição da temperatura das cidades, pois absorve parte do calor incide sobre o revestimento.

Conclui-se, então, que o pavimento em blocos intertravados de concreto agrega três requisitos fundamentais, qual seja, a economicidade na execução e manutenção, capacidade estrutural e integração com o meio ambiente. Considerando esses três critérios, o pavimento intertravado é a melhor alternativa para projetos de pavimentação de vias.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Mário Henrique Furtado. **Introdução à pavimentação**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba: UFPR, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Selo da Qualidade ABCP/Blocos de concreto, 2010**. Disponível em: <<https://www.abcp.org.br/cms/selos-de-qualidade/blocos/selos-de-qualidade-blocos-de-concreto/>>. Acesso em: 14 jun. 2022.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica – Materiais, Projeto e Restauração**. São Paulo. Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros** – PETROBRAS:ABEDA, Rio de Janeiro, 2006.

CARVALHO, Denise Barroso Andrade. **Considerações sobre a utilização de pavimentos intertravados e betuminosos em áreas urbanas**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA (DNIT). **Manual de Pavimentação. 3. ed. Rio de Janeiro: Ministério dos Transportes – DNER**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2006.

FERNANDES, Idário. Blocos e Pavers. **Produção e Controle de Qualidade**. São Paulo, 2013.

FIORITI, César Fabiano. **Pavimentos intertravados de concreto utilizando resíduos de pneus como material alternativo**. 2007. 218 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 2007.

GODINHO, Dalter Pacheco. **Pavimento Intertravado: Uma reflexão sob a ótica da durabilidade e sustentabilidade**. Dissertação de Mestrado – UFMG. Belo Horizonte: 2009.

GUIMARÃES, Guilherme Loreto Neto. **Estudo comparativo entre a pavimentação flexível e rígida** – Monografia – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade da Amazônia, 2011.

JUNIOR, Archimedes Raia. **LOGÍSTICA: notas de aula**. 2007. Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

KNECHTEL, Maria do Rosário. **Metodologia da pesquisa em educação: uma abordagem teórico-prática dialogada**. Curitiba: Intersaberes, 2014.

LUCHINKS, Emerson Alex et al. **Comparativo dos métodos de pavimentação asfáltica com o piso intertravado no município de Loanda-PR**; 2018; Trabalho de Conclusão de Curso; (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Paranaense, 2018.

MARQUES, Wesley Gomes. **Projeto de substituição de pavimento flexível asfáltico betuminoso por pavimento flexível intertravado em blocos de concreto na Rua do Comércio Bairro Parque Dez de Novembro em Manaus-AM**. Revista Semana Acadêmica, vol. 1.2018. Disponível em: <<https://semanaacademica.org.br/artigo/projeto-de-substituicao-de-pavimento-flexivel-asfaltico-betuminoso-por-pavimento-flexivel>>. Acesso em: 26 jun.2022.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 5. ed. São Paulo: Hucitec-Abrasco, 1998.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação**. V 1. 2 ed. São Paulo: Pini, 2007.

SILVA, José Antônio da. **Estudo comparativo entre as modalidades de pavimentação: concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ e bloco sextavado de concreto simples**. 2018. 54 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Centro Universitário Luterano de Palmas, 2018.

WIEBBELLING, Paula Orvana Guimarães. **Pavimento com blocos intertravados de concreto**: Estudo de caso na Univates – Lajeado – UNIVATES, 2015.