



**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAMETRO
ENGENHARIA CIVIL**

**FRANCISCO RONALD DE SOUSA
HEVILANE ALVES PINTO GOMES**

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PAVIMENTO FLEXÍVEL E INTERTRAVADO
NAS VIAS URBANAS**

**FORTALEZA
2023**

FRANCISCO RONALD DE SOUSA
HEVILANE ALVES PINTO GOMES

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PAVIMENTO FLEXÍVEL E INTERTRAVADO
NAS VIAS URBANAS

Artigo TCC apresentado ao curso de Bacharel em Engenharia Civil da Faculdade Metropolitana da Grande Fortaleza – FAMETRO – como requisito para a obtenção do grau de bacharel, sob a orientação da prof.^a Dr. Marcos Abilio Medeiros de Saboia.

FORTALEZA

2023

FRANCISCO RONALD DE SOUSA
HEVILANE ALVES PINTO GOMES

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PAVIMENTO FLEXÍVEL E INTERTRAVADO
NAS VIAS URBANAS

Artigo TCC apresentado no dia 15 de junho de 2023 como requisito para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia civil da Faculdade Metropolitana da Grande Fortaleza – FAMETRO – tendo sido aprovado pela banca examinadora composta pelos professores abaixo:

BANCA EXAMINADORA

Profº. Dr. Marcos Abilio Medeiros de Saboia
Orientador – Centro Universitário Unifametro

Profº. Esp. Kaio Gefferson de Almeida Mesquita
Membro - Centro Universitário Unifametro

Profº. Me. Guilherme Paiva Rebouças
Membro externo

AGRADECIMENTOS - HEVILANE

Primeiramente, rendo graças ao Deus da minha vida, que me proporcionou condições físicas, financeiras e emocionais para chegar até este momento. Agradeço aos meus pais, Helonilton e Elineuza, que tanto celebram cada uma das minhas conquistas, ao meu irmão Junior, que sempre faz o que é possível para me ver feliz, às minhas sobrinhas que são uma inspiração para que eu deseje avançar. Sou grata às minhas primas Helena e Alderina, sem as quais eu não teria dado nem mesmo os primeiros passos dessa jornada acadêmica. Agradeço aos meus amigos de turma que tantas vezes foram motivadores para continuarmos nessa árdua caminhada, e à cada um dos que de alguma maneira colaboraram para que este sonho se tornasse agora parte da minha realidade.

AGRADECIMENTOS - RONALD

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

A meu orientador Professor Dr. Marcos Abílio Medeiros de Saboia, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

A minha mãe, esposa e filha pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo propósito debaixo do céu.

Eclesiastes 3.1

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PAVIMENTO FLEXÍVEL E INTERTRAVADO NAS VIAS URBANAS

Francisco Ronald de Sousa¹

Hevilane Alves Pinto Gomes²

Marcos Abilio Medeiros de Saboia³

RESUMO

Com base em um estudo comparativo entre pavimento flexível e intertravado para o uso em vias urbanas, utilizando como referência a Avenida Sargento Hermínio em Fortaleza-Ce, foi constatado que o pavimento intertravado é mais adequado devido ao seu menor custo. A análise foi realizada por meio da revisão de trabalhos técnicos e artigos científicos. O pavimento intertravado apresenta uma opção mais econômica em comparação ao pavimento flexível. Além disso, a evidência da literatura sugere que o pavimento intertravado também oferece benefícios adicionais, como durabilidade e capacidade de drenagem. Essas características contribuíram para uma maior vida útil do pavimento e redução de problemas relacionados a alagamentos. No entanto, é importante considerar as particularidades de cada projeto e localidade ao escolher o tipo de pavimento mais adequado, levando em conta fatores como trânsito, clima e disponibilidade de recursos. Em resumo, essa análise aponta o pavimento intertravado como a opção mais adequada para uso em vias urbanas, como a Avenida Sargento Hermínio, devido ao seu menor custo e benefícios adicionais.

Palavras-chave: Pavimento. Flexível. Intertravado.

¹ Graduando do curso de Engenharia civil pela Faculdade Metropolitana da Grande Fortaleza – FAMETRO.

² Graduando do curso de Engenharia civil pela Faculdade Metropolitana da Grande Fortaleza – FAMETRO.

³ Prof^ª. Orientador do curso de Engenharia civil da Faculdade Metropolitana da Grande Fortaleza – FAMETRO.

ABSTRACT

Based on a comparative study between flexible and interlocking pavement for use on urban roads, using Avenida Sargento Hermínio in Fortaleza-Ce as a reference, it was found that the interlocking pavement is more suitable due to its lower cost. The analysis was carried out through the review of technical works and scientific articles. Interlocking pavement presents a more economical option compared to flexible pavement. Furthermore, evidence from the literature suggests that interlocking pavement also offers additional benefits such as durability and drainage capacity. These characteristics contributed to a longer useful life of the pavement and reduction of problems related to flooding. However, it is important to consider the particularities of each project and location when choosing the most suitable type of pavement, taking into account factors such as traffic, climate and resource availability. In summary, an analysis points to interlocking pavement as the most suitable option for use on urban roads, such as Avenida Sargento Hermínio, due to its lower cost and additional benefits.

Keywords: Pavement. Flexible. Interlocked.

1 INTRODUÇÃO

Utiliza-se a palavra pavimentação para referir-se ao ato de cobrir o solo com revestimento, tendo sua base na palavra 'pavimento' que deriva do latim *pavimentum*, significando a cobertura ou capa usada para revestir o solo. Essa cobertura pode ser feita com diferentes materiais, sendo que cada um deles exige etapas distintas de execução.

No Brasil, grande parte das vias urbanas são revestidas com pavimento flexível, cuja etapa final consiste na aplicação de uma mistura de agregados e ligante asfáltico. No entanto, na última década temos observado o crescimento do número de vias pavimentadas em pavimento intertravado. Nesse caso, a superfície do solo é coberta por blocos de concreto encaixados entre si que podem apresentar diferentes formatos e tamanhos.

De acordo com o estudo realizado por Garcia *et al.* (2020), o uso de pavimento intertravado vem crescendo significativamente nos últimos anos em todo o mundo, principalmente devido às suas características ecológicas e ao aumento da conscientização ambiental. O estudo destaca que o pavimento intertravado é uma opção sustentável para o revestimento de ruas, praças e calçadas, pois permite a infiltração da água da chuva no solo e reduz o escoamento superficial, ajudando a prevenir enchentes e inundações. Além disso, o pavimento intertravado pode se tornar reciclável e pode ser reutilizado em outras aplicações, minimizando a geração de resíduos.

Em entrevista ao jornal O Povo (2022), Samuel Dias, secretário de infraestrutura da cidade de Fortaleza, declarou que as novas vias urbanizadas e requalificadas receberão pavimento intertravado em detrimento do pavimento asfáltico predominante até então. O secretário aponta as vantagens de qualidade e econômicas como fatores responsáveis pela decisão de substituição.

Sabendo da necessidade de equilíbrio entre os fatores social, ambiental e econômico das cidades, o objetivo principal deste trabalho é analisar a relação custo x benefício da execução dos tipos de pavimento. E isso será possível através da análise das características dos pavimentos que impactam cada um desses fatores individuais, para então se obter uma visão panorâmica dos resultados somados entre si e concluir qual deles apresenta maior quociente dessa relação.

Tendo em vista a ascensão do uso dos blocos de concreto como instrumento de pavimentação, este trabalho propõe, por meio de uma revisão bibliográfica, averiguar quais são as vantagens e desvantagens dessa escolha em troca do asfalto tradicionalmente utilizado. Para isso serão considerados artigos científicos e trabalhos técnicos que apontem as características desse tipo de pavimento e se elas são suficientes para justificar a substituição.

Nos capítulos que seguem será exposto sobre a história e evolução dos pavimentos flexível e intertravado, assim como suas camadas de execução e critérios abordados para seleção e dimensionamento. Será apresentada uma análise financeira considerando cada cenário, apresentando a composição analítica da execução dos dois tipos de pavimento, sendo possível assim realizar uma comparação financeira aplicada ao local de estudo, que é a pavimentação da Av. Sargento Hermínio Sampaio, localizada em Fortaleza-Ce.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para comparar o pavimento flexível e o pavimento intertravado, é importante considerar a abordagem das características técnicas, vantagens e custos de cada tipo de pavimento. Assim, uma avaliação mais criteriosa permitirá a escolha do pavimento mais adequado para atender às necessidades específicas de cada projeto.

2.1 Pavimento flexível



Fonte: Os autores

Pavimento flexível é um tipo de revestimento para vias e estradas que é composto por camadas de materiais flexíveis, como asfalto e agregados (pedras, brita, etc.) (PINTO, 2015). Esse tipo de pavimento é o mais utilizado no Brasil tanto em vias de baixo tráfego, a exemplo de ruas residenciais e de bairros, assim como em rodovias que possuem maior intensidade de veículos.

As camadas de um pavimento flexível geralmente consistem de sub-base, base e revestimento, algumas vezes sendo necessário um reforço do subleito. A sub-base é a camada mais profunda e serve para distribuir ao subleito as cargas das rodas dos veículos de forma uniforme. A base é a camada protetora e ajuda a suportar as cargas do tráfego. O revestimento é a camada superficial, responsável pela proteção das camadas inferiores e pela aderência dos pneus dos veículos (PINTO, 2015).

O pavimento flexível é chamado assim porque ele é capaz de se adaptar às deformações do terreno e às variações climáticas, sem sofrer danos profundos. Outra característica importante do pavimento flexível é a sua capacidade de absorver a vibração dos veículos, o que reduz o ruído e o desconforto para os motoristas e passageiros.

No entanto, o pavimento flexível pode exigir mais manutenção ao longo do tempo, como reparos de buracos e rachaduras, devido ao seu desgaste muitas vezes prematuro ocasionados pelo impacto das cargas de tráfego superiores ao projetado, pela deficiência na drenagem, execução ou na mistura asfáltica (SOUZA, 2010).

2.2 Pavimento intertravado



Fonte: Os autores

O pavimento intertravado é um tipo de pavimento composto por blocos pré-moldados de concreto, que são encaixados de forma a se interligarem, formando uma superfície uniforme (ALVES, 2017). Esse tipo de pavimento é bastante utilizado em áreas externas de edifícios, praças, parques e estacionamentos, por sua alta capacidade de mudanças no visual estético devido aos seus diversos formatos, e sua permeabilidade (COSTA, 2013).

Os blocos utilizados no pavimento intertravado podem ser de diversos formatos, tamanhos e núcleos, permitindo a criação de diferentes desenhos e padrões estéticos (ALVES, 2017). A instalação é feita sobre uma base de brita, seguida de uma camada de areia, que serve para nivelar e preencher os espaços entre os blocos (COSTA, 2013).

Uma das principais vantagens do pavimento intertravado é a sua permeabilidade, permitindo que a água da chuva seja sentida pelo solo, fazendo a recarga de aquíferos e sendo então colaborador para uma maior drenagem urbana (COSTA, 2013). Além disso, é possível fazer manutenções localizadas com a restrição de que devem ser utilizadas peças de mesma forma, ou seja, com as mesmas dimensões, sem a necessidade de retirada de todo o pavimento, e os blocos podem ser reaproveitados em caso de reformas ou mudanças no projeto (ALVES, 2017). Além do uso imediato, cuja liberação das ruas para tráfego pode ser realizado logo após o assentamento e compactação dos blocos.

2.3 Histórico e evolução dos pavimentos flexíveis e intertravados

O desenvolvimento dos pavimentos intertravados e flexíveis está diretamente relacionado à necessidade de garantir a segurança e a durabilidade das vias de transporte, além de promover a mobilidade urbana e o desenvolvimento econômico.

Segundo Albuquerque e Souza (2015), os primeiros registros do uso de pavimentos datam da época dos romanos, que utilizavam blocos de pedra para pavimentar suas estradas. No entanto, somente no século XIX, com a popularização do automóvel, houve um aumento significativo na demanda por pavimentação, o que levou ao desenvolvimento de novas tecnologias e materiais.

O pavimento intertravado, por exemplo, teve origem na Alemanha, onde foi desenvolvido na década de 1950 como uma alternativa aos pavimentos de concreto convencionais. Segundo Conde (2012), os primeiros modelos de pavimento intertravado eram compostos por blocos de concreto pré-fabricados, que eram assentados sobre uma camada de areia ou pó de pedra posteriores ao preparo da sub-base e base. Esse tipo de pavimento se popularizou rapidamente na Europa e,

posteriormente, em outras regiões do mundo, devido a sua capacidade de permitir a drenagem da água e facilidade de manutenção.

Já o pavimento flexível teve origem nos Estados Unidos, onde foi desenvolvido na década de 1920 como uma alternativa aos pavimentos de concreto e macadame. De acordo com Fattah *et al.* (2017), o pavimento flexível é composto por camadas de materiais como brita, areia, asfalto, base e sub-base, que são projetados para distribuir as cargas do tráfego de maneira uniforme e resistem às deformações causadas pelo peso dos veículos. Esse tipo de pavimento se popularizou em todo o mundo devido à sua capacidade de absorver as deformações do solo e garantir a durabilidade e estabilidade da superfície.

Com o passar do tempo, tanto o pavimento intertravado quanto o pavimento flexível evoluíram significativamente, incorporando novas tecnologias e materiais que permitem uma maior durabilidade, resistência e eficiência. De acordo com Assaf (2019), atualmente existem diversos tipos de pavimentos intertravados, como os de concreto permeável, os de granito e os de argila expandida, cada um com características específicas em relação à permeabilidade, resistência e aparência.

Já em relação ao pavimento flexível, os avanços tecnológicos permitiram o desenvolvimento de materiais como o asfalto modificado, que apresenta maior resistência às deformações e às variações de temperatura. Segundo Barros e Soares (2018), o uso de tecnologias como a reciclagem de materiais e a utilização de aditivos químicos também tem contribuído para a melhoria do desempenho e durabilidade dos pavimentos flexíveis.

Além dos avanços tecnológicos no desenvolvimento dos materiais, o estudo e a pesquisa em relação aos pavimentos flexíveis e intertravados também tiveram um papel importante na evolução desses tipos de pavimento.

Segundo Gomes *et al.* (2019), as pesquisas relacionadas aos pavimentos flexíveis tiveram grande avanço a partir da década de 1950, quando se iniciaram os estudos sobre o comportamento dos materiais e a capacidade de suportar cargas. A partir desses estudos, foram combinados modelos matemáticos que permitem a análise e o projeto do pavimento flexível com maior precisão, considerando fatores como o volume e tipo de trânsito, clima e condições do solo.

Já em relação aos pavimentos intertravados, a pesquisa tem se concentrado principalmente na avaliação do desempenho e durabilidade desses tipos

de pavimento. De acordo com Soares *et al.* (2019), a partir da década de 1990, foram realizados diversos estudos para avaliar a capacidade de drenagem dos pavimentos intertravados, bem como a sua resistência à abrasão e ao desgaste.

É importante destacar que, apesar das diferenças entre os pavimentos flexíveis e intertravados, ambos têm suas vantagens e desvantagens, e a escolha do tipo de pavimento a ser utilizado deve ser feita de acordo com as necessidades específicas de cada projeto. Segundo Albuquerque e Souza (2015), alguns dos fatores a serem considerados na escolha do tipo de pavimento incluem o volume e tipo de tráfego, clima, condições do solo, disponibilidade de materiais e custo.

Em resumo, a evolução histórica dos pavimentos flexíveis e intertravados está relacionada ao desenvolvimento tecnológico, à pesquisa e à aplicação em diferentes contextos e situações. Ambos os tipos de pavimento apresentam características e desempenho diferenciados, mas são fundamentais para garantir a segurança e a durabilidade das vias de transporte e promover a mobilidade urbana e o desenvolvimento econômico.

2.4 Critérios de seleção e dimensionamento

Para o pavimento flexível, o dimensionamento deve levar em conta a caracterização do subleito, a resistência ao cisalhamento do solo, a espessura das camadas, o tráfego previsto e as condições ambientais. Além disso, o pavimento flexível deve apresentar uma capacidade adequada de drenagem e resistência ao fluxo de água em sua superfície, além de possuir uma boa aderência para evitar aquaplanagem. As camadas do pavimento flexível são compostas geralmente por uma base de brita graduada ou macadame hidráulico, seguida de uma camada de revestimento asfáltico. A norma brasileira NBR 8953 (2015) estabelece os critérios e procedimentos para o dimensionamento de pavimentos flexíveis.

Já para o pavimento intertravado, é importante considerar a resistência dos blocos, a resistência às superfícies do solo, a espessura das camadas, o tráfego projetado e as condições ambientais. O pavimento intertravado possui a vantagem de ser permeável, permitindo a infiltração de água no solo, o que é importante para o controle de enchentes e recarga do lençol freático. Além disso, o pavimento intertravado pode ser instalado em áreas inclinadas sem necessidade de

escoramento, o que reduz os custos de implantação. As camadas do pavimento intertravado são compostas geralmente pela sub base, depois a base, seguida de uma camada de areia ou pó de pedra para então ser realizado o assentamento dos blocos. A norma brasileira NBR 9781 (2013) estabelece os critérios e procedimentos para o dimensionamento de pavimentos intertravados.

Em relação à seleção do tipo de pavimento, a escolha deve levar em conta a otimização do pavimento às condições do ambiente, as cargas que serão suportadas, as condições de tráfego, a durabilidade e vida útil esperadas, além dos aspectos ambientais. É importante ressaltar que cada tipo de pavimento possui vantagens e desvantagens e deve ser escolhido de acordo com as necessidades específicas de cada projeto.

2.5 Análise financeira considerando cada cenário

Uma etapa muito importante a ser levada em consideração em qualquer tipo de obra é o valor que será gasto com ela, e esse valor é obtido por meio da realização dos orçamentos, onde a maioria deles são formados pelas composições dos materiais e mão de obra para a execução de cada serviço.

Geralmente esses valores são obtidos por meio das tabelas oficiais, como é o caso da tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil (Sinapi). Consultando as composições analíticas da tabela Sinapi de Fortaleza-Ce com base em abril de 2023, pode-se verificar os custos do m² de execução do pavimento intertravado e do m³ do pavimento flexível. Os resultados são apresentados nas tabelas a seguir.

Tabela 1 - Custo de Execução de Pavimento Intertravado por m²

92404	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO EM PISO INTERTRAVADO, COM BLOCO 16 FACES DE 22 X 11 CM, ESPESSURA 8 CM. AF 10/2022	M2				
370	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	M3	CR	0,0568000	135,00	7,66
4741	PO DE PEDRA (POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE)	M3	CR	0,0098000	99,42	0,97
36170	BLOQUETE/PISO INTERTRAVADO DE CONCRETO - MODELO ONDA/16 FACES/RETANGULAR/T IJOLINHO/PAVER/HOLANDES/PARALELEPIPEDO, *22 CM X 11* CM, E = 8 CM, RESISTE NCIA DE 35 MPA (NBR 9781), COR NATURAL	M2	C	1,0040000	55,00	55,22
88260	CALCETEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	0,2129000	23,31	4,96
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	C	0,2129000	18,34	3,90
91277	PLACA VIBRATÓRIA REVERSÍVEL COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, FORÇA CENTRÍFUG A DE 25 KN (2500 KGF), POTÊNCIA 5,5 CV - CHP DIURNO. AF 08/2015	CHP	AS	0,0055000	9,32	0,05
91278	PLACA VIBRATÓRIA REVERSÍVEL COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, FORÇA CENTRÍFUG A DE 25 KN (2500 KGF), POTÊNCIA 5,5 CV - CHI DIURNO. AF 08/2015	CHI	AS	0,1010000	0,57	0,05
91283	CORTADORA DE PISO COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, POTÊNCIA DE 13 HP, COM DI SCO DE CORTE DIAMANTADO SEGMENTADO PARA CONCRETO, DIÂMETRO DE 350 MM, FURO DE 1" (14 X 1") - CHP DIURNO. AF 08/2015	CHP	CR	0,0038000	10,26	0,03
91285	CORTADORA DE PISO COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, POTÊNCIA DE 13 HP, COM DI SCO DE CORTE DIAMANTADO SEGMENTADO PARA CONCRETO, DIÂMETRO DE 350 MM, FURO DE 1" (14 X 1") - CHI DIURNO. AF 08/2015	CHI	CR	0,1027000	0,98	0,10
	EQUIPAMENTO	:		0,14	0,1921757 %	
	MATERIAL	:		67,04	91,9011668 %	
	MAO DE OBRA	:		5,76	7,9066575 %	
	TOTAL COMPOSIÇÃO	:		72,94	100,0000000 %	- ORIGEM DE PREÇO: AS

Fonte: Sinapi, Fortaleza-Ce (2023)

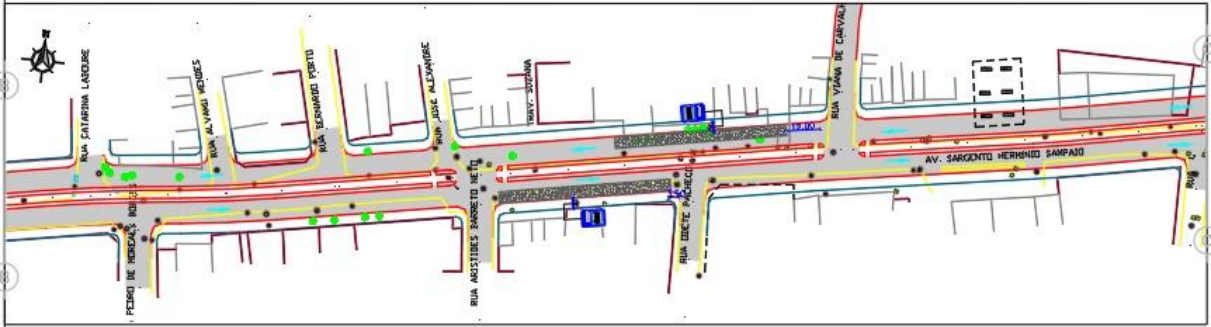
Tabela 2 - Custo de Execução de Pavimento Flexível por m³

95995	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO ASFÁLTICO, CAMADA DE ROLAM ENTO - EXCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE. AF 11/2019	M3				
1518	CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ) PARA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA, P T ADRAO DNIT, FAIXA C, COM CAP 50/70 - AQUISIÇÃO POSTO USINA	C		2,5548000	516,00	1.318,27
5835	VIBROACABADORA DE ASFALTO SOBRE ESTEIRAS, LARGURA DE PAVIMENTAÇÃO 1,90 M A 5,30 M, POTÊNCIA 105 HP CAPACIDADE 450 T/H - CHP DIURNO. AF 11/2014	CHP	AS	0,0464000	380,49	17,65
5837	VIBROACABADORA DE ASFALTO SOBRE ESTEIRAS, LARGURA DE PAVIMENTAÇÃO 1,90 M A 5,30 M, POTÊNCIA 105 HP CAPACIDADE 450 T/H - CHI DIURNO. AF 11/2014	CHI	AS	0,0949000	137,40	13,03
88314	RASTELEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	1,1301000	17,27	19,51
91386	CAMINHÃO BASCULANTE 10 M3, TRUCADO CABINE SIMPLES, PESO BRUTO TOTAL 23.000 KG, CARGA ÚTIL MÁXIMA 15.935 KG, DISTÂNCIA ENTRE EIXOS 4,80 M, POTÊNCIA 30 CV INCLUSIVE CAÇAMBA METÁLICA - CHP DIURNO. AF 06/2014	CHP	AS	0,0464000	252,10	11,69
95631	ROLO COMPACTADOR VIBRATORIO TANDEM, ACO LISO, POTENCIA 125 HP, PESO SEM/CO M LASTRO 10,20/11,65 T, LARGURA DE TRABALHO 1,73 M - CHP DIURNO. AF 11/2016	CHP	AS	0,0805000	231,96	18,67
95632	ROLO COMPACTADOR VIBRATORIO TANDEM, ACO LISO, POTENCIA 125 HP, PESO SEM/CO M LASTRO 10,20/11,65 T, LARGURA DE TRABALHO 1,73 M - CHI DIURNO. AF 11/2016	CHI	AS	0,0607000	81,30	4,93
96155	TRATOR DE PNEUS COM POTÊNCIA DE 85 CV, TRAÇÃO 4X4, COM VASSOURA MECÂNICA COPLADA - CHI DIURNO. AF 02/2017	CHI	AS	0,1071000	42,77	4,58
96157	TRATOR DE PNEUS COM POTÊNCIA DE 85 CV, TRAÇÃO 4X4, COM VASSOURA MECÂNICA COPLADA - CHP DIURNO. AF 03/2017	CHP	AS	0,0341000	128,93	4,39
96463	ROLO COMPACTADOR DE PNEUS, ESTÁTICO, PRESSAO VARIÁVEL, POTENCIA 110 HP, PE SO SEM/COM LASTRO 10,8/27 T, LARGURA DE ROLAGEM 2,30 M - CHP DIURNO. AF 06/2017	CHP	AS	0,0419000	220,44	9,23
96464	ROLO COMPACTADOR DE PNEUS, ESTÁTICO, PRESSAO VARIÁVEL, POTENCIA 110 HP, PE SO SEM/COM LASTRO 10,8/27 T, LARGURA DE ROLAGEM 2,30 M - CHI DIURNO. AF 06/2017	CHI	AS	0,0990000	87,62	8,67
	EQUIPAMENTO	:		56,70	3,9634700 %	
	MATERIAL	:		1.351,55	94,4722600 %	
	MAO DE OBRA	:		22,37	1,5642700 %	
	TOTAL COMPOSIÇÃO	:		1.430,62	100,0000000 %	- ORIGEM DE PREÇO: AS

Fonte: Sinapi, Fortaleza-Ce (2023)

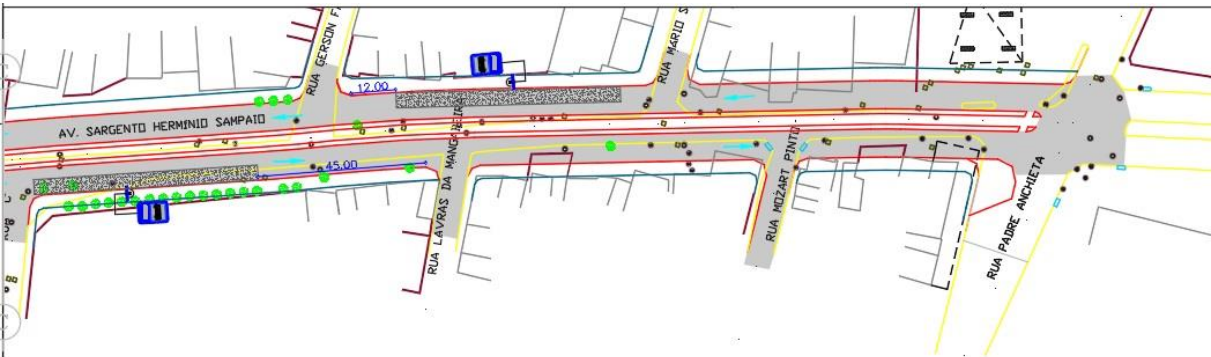
Para comparar os valores unitários de execução, foi necessário transformar o custo do pavimento flexível em m². Para isso, foi considerada uma espessura de 5 cm de pavimento. Assim, o valor encontrado para cada m² de pavimento flexível foi de R\$ 71,53.

Paradas de ônibus 03



Fonte: Paradas Sgt Herm (2020)

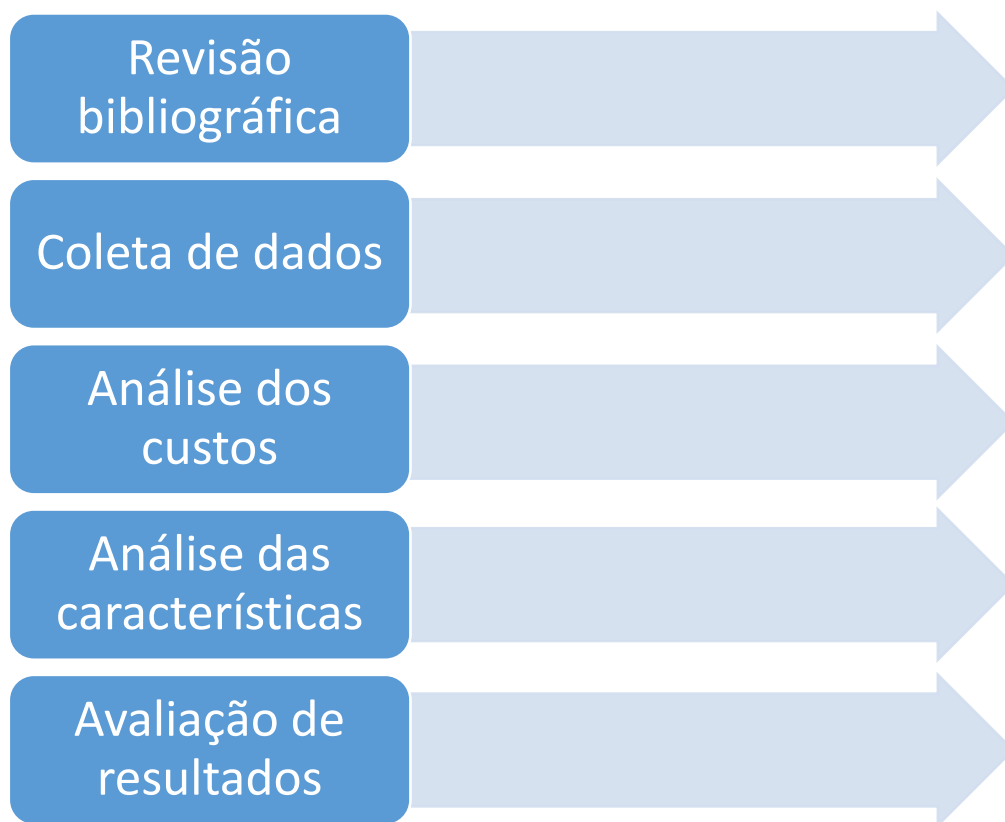
Paradas de ônibus 04



Fonte: Paradas Sgt Herm (2020)

As faixas da avenida serão revestidas com pavimento em blocos de concreto intertravado de 16 faces, com espessura de 8 cm e resistência de 35 MPa, conforme o abordado na tabela da SINAPI apresentada no item anterior. Os pontos de parada de ônibus serão pavimentados em concreto armado, por isso foi subtraído a área das paradas de ônibus da área total do trecho em estudo, totalizando assim cerca de 20700,00 m² de área revestida com pavimento intertravado.

3 METODOLOGIA



A pesquisa realizada teve como objetivo comparar os métodos de pavimentação asfáltica e pavimentação em blocos de concreto intertravados em termos de custo na Avenida Sargento Hermínio, localizada em Fortaleza, Ceará.

Para atingir esse objetivo, foi adotada uma abordagem quantitativa, que envolveu a coleta e análise de dados numéricos relacionados aos custos associados a cada método de pavimentação. A pesquisa foi baseada em uma revisão da literatura, que forneceu informações relevantes sobre os aspectos técnicos e ambientais de ambos os métodos.

A Avenida Sargento Hermínio foi selecionada como objeto de estudo devido à sua importância e extensão de trecho a ser alargado de 1,5 km. Uma área total a ser pavimentada foi estimada em 20700,00 m². Essa seleção permitiu avaliar de forma abrangente os custos envolvidos na aplicação utilizando os dois métodos.

A coleta de dados consiste em comparar os preços dos materiais necessários para cada método de pavimentação. Para isso, foram obtidos dados

sobre os custos do asfalto e dos blocos de concreto intertravado, levando em consideração as necessidades para cobrir a área determinada.

Os dados utilizados na pesquisa foram obtidos por meio de uma revisão de literatura especializada, que incluiu artigos científicos, relatórios técnicos e informações disponíveis em fontes facilitadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise dos dados coletados, comparando os custos da pavimentação em blocos de concreto intertravado e da pavimentação asfáltica na Avenida Sargento Hermínio, em Fortaleza, Ceará, além dos resultados financeiros, também é importante considerar as vantagens ambientais oferecidas pelo pavimento intertravado.

Com base nos dados fornecidos, pode-se observar que o custo total estimado para a pavimentação em blocos de concreto intertravado na área de 20.700,00 m² é de aproximadamente R\$ 1.509.858,00. Por outro lado, a pavimentação asfáltica apresenta um custo total estimado de cerca de R\$ 1.480.691,70 para a mesma área. Representando uma diferença de R\$ 29.166,30 em vantagem para o pavimento flexível.

Tabela 3 – Tipos de pavimentos, custos totais de implantação, vantagens e desvantagens

Tipo de pavimento	Área (m ²)	Custo Unit.	Custo Total	Vantagens	Desvantagens
Pavimento Flexível	20700,00	R\$ 71,53	R\$ 1.480.691,70	Distribuição de cargas	Efeito ilha de calor
				Conforto sonoro	Suscetível a deformações
Pavimento Intertravado		R\$ 72,94	R\$ 1.509.858,00	Durabilidade	Ruído
				Manutenção simplificada	Dificuldade de dissipação de cargas
				Drenagem eficiente	

Fonte: elaborado pelos próprios autores

O pavimento flexível possui vantagem de aproximadamente R\$ 29.166,30 a menos em sua execução, já o pavimento intertravado oferece benefícios ambientais sustentáveis. Essa forma de pavimentação é permeável, o que significa que permite a infiltração de água no solo, ajudando na recarga dos lençóis freáticos e facilitando o escoamento superficial. Isso contribui para evitar enchentes e minimizar a sobrecarga dos sistemas de drenagem urbana.

Além disso, os blocos de concreto utilizados no pavimento intertravado são pré-fabricados, o que reduz a necessidade de geração de recursos naturais no local da obra. Essa característica também permite uma maior facilidade na desmontagem e reutilização dos blocos, o que pode reduzir o desperdício de materiais durante futuras intervenções na área.

Outra vantagem ambiental do pavimento intertravado é a redução do chamado "efeito de ilha de calor". Ao contrário do asfalto, que absorve e retém calor, o pavimento intertravado apresenta uma menor retenção térmica, apontando para uma temperatura mais amena no ambiente e minimizando o consumo de energia necessário para o resfriamento de ambientes adjacentes.

Dessa forma, apesar de fornecer uma alternativa menos econômica em termos de custo inicial, o pavimento intertravado se destaca por suas vantagens ambientais, como a permeabilidade, a reutilização de materiais e a redução do efeito de ilha de calor. Esses aspectos foram considerados ao avaliar as opções de pavimentação, buscando uma abordagem mais sustentável e amigável ao meio ambiente na Avenida Sargento Hermínio.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A comparação entre o pavimento intertravado e o pavimento flexível em relação à manutenção necessária e à resistência ao impacto é um tema relevante para a engenharia de pavimentos. Nesse sentido, a literatura técnica oferece contribuições importantes para compreender as características e desempenho de cada tipo de pavimento.

Segundo Martins (2017), o pavimento intertravado é composto por blocos pré-fabricados de concreto, os quais são assentados sobre uma camada de areia ou pó de pedra. Esse pavimento é permeável à água e, por isso, pode contribuir para a drenagem do solo. Entretanto, sua superfície apresenta juntas entre os blocos, que podem ser alongadas pela direção e pelo trânsito intenso, a manutenção deve ser periódica para garantir a uniformidade e segurança da superfície.

Por sua vez, o pavimento flexível é um sistema composto por camadas de materiais com diferentes propriedades mecânicas, que visam distribuir as cargas do tráfego de maneira uniforme e resistir às deformações causadas pelo peso dos

veículos. De acordo com Vargas (2019), o pavimento flexível é mais resistente à frenagem do que o pavimento intertravado, pois sua superfície é contínua e não possui juntas. Contudo, o pavimento flexível também requer manutenção adequada para garantir sua durabilidade e evitar problemas como trincas e deformações.

Em relação à resistência ao impacto, Silva (2016) destaca que o pavimento intertravado pode ser mais vulnerável a danos causados por cargas concentradas, como o tráfego de caminhões pesados ou equipamentos de construção. Isso se deve à resistência do sistema, que não permite a dissipação das cargas. Por outro lado, o pavimento flexível é capaz de absorver melhor os impactos e distribuir as cargas ao longo de sua estrutura, o que o torna mais adequado para áreas com tráfego intenso ou submetido a cargas pesadas.

Em síntese, a escolha entre pavimento intertravado e pavimento flexível depende de diversos fatores, como a carga de tráfego, as condições climáticas, a topografia e o orçamento disponíveis. Ambos os tipos de pavimento apresentam manutenção adequada para garantir sua durabilidade e bom desempenho, mas apresentam diferenças em relação ao tipo e frequência de manutenção necessária. Por isso, é importante realizar estudos específicos para determinar qual pavimento é mais adequado para cada situação.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 8953:2015 - Projeto de pavimentos flexíveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT. NBR 9781:2013 - Execução de revestimento intertravado de concreto permeável. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ALBUQUERQUE, FJM; SOUZA, FLR Pavimentos flexíveis e sua aplicação nas rodovias brasileiras. Revista do Instituto de Geociências - USP, v. 15, n. 1, pág. 43-54, 2015.

ALVES, DJB Pavimentos Intertravados: Características e Aplicações. Monografia (Especialização em Pavimentação e Drenagem Urbana) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

COSTA, GR Caracterização de pavimentos intertravados em áreas urbanas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

DANTAS, GT e cols. Estudo comparativo do desempenho de pavimentos rígidos e flexíveis em aeroportos. Caderno de Engenharia de Infraestrutura Urbana, v. 2, n. 2, pág. 23-34, 2020.

GARCIA, FR, Macedo, ECT, Ferreira, LPM, & Silva, MMA (2020). Pavimento intertravado: uma revisão sobre as principais características e aplicações. Revista Brasileira de Engenharia Civil, 17(3), 263-276.

GOMES, MAF et al. Análise da evolução tecnológica dos pavimentos flexíveis: revisão sistemática da literatura. Revista Transportes, v. 27, n. 2, pág. 76-85, 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). SINAPI_ref_Insumos_Composicoes_CE_042023_Desonerado. Ano 2023. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_643 . Acesso em: 27 jun. 2023.

MARTINS, AB Pavimentos Flexíveis: Composição, Características e Aplicações. São Paulo: Editora do Brasil, 2017.

NETO, José; BARROS, Vinicius. Análise comparativa do custo-benefício entre pavimentação asfáltica e a com blocos intertravados de concreto. São Paulo, 2020.

O POVO. Fortaleza não usará asfalto em novas vias, só piso intertravado, diz secretário de Infraestrutura. O Povo, Fortaleza, 09 nov. 2022. Disponível em: <https://www.opovo.com.br/noticias/fortaleza/2022/11/09/fortaleza-nao-usara-asfalto-em-novas-vias-so-piso-intertravado-diz-secretario-de-infraestrutura.html>. Acesso em: 01 mai. 2023.

PINTO, LCR Pavimentos flexíveis. Rio de Janeiro: Interciência, 2015.

SEINF (Secretaria de Infraestrutura) da Prefeitura Municipal de Fortaleza. Seinf - paradas - Sgt Herm. Fortaleza, CE, 2020. Documento digital.

SILVA, MF Pavimentos Rodoviários: Tipos, Características e Aplicações. Revista Engenharia Civil, v. 10, n. 2, pág. 55-61, 2016.

SOARES, GL et al. Desempenho de pavimentos intertravados de concreto com agregado expandido e granulado de borracha. Ambiente Construído, v. 19, n. 4, pág. 45-57, 2019.

SOUZA, PHM Análise comparativa entre pavimentos flexíveis e pavimentos rígidos. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

VARGAS, MR Pavimentos Flexíveis: Tecnologias e Técnicas de Construção. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2019.

APÊNDICE – FOTOS

Figura 01 – Blocos intertravados



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 02 – Blocos intertravados



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 03 – Assentamento de blocos intertravados



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 04 – Assentamento de blocos intertravados



Fonte: Arquivo pessoal