



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS DE BALSAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RONEY DA SILVA GOMES

**DURABILIDADE E EFICIÊNCIA NA PAVIMENTAÇÃO DE
VIAS PÚBLICAS COM BLOCOS INTERTRAVADOS DE
CONCRETO: ESTUDO DE CASO NA PRAÇA ELOY COELHO
E SUAS PRINCIPAIS VIAS DE ACESSO NA CIDADE DE
BALSAS-MA**

BALSAS-MA
2024

RONEY DA SILVA GOMES

Durabilidade e eficiência na pavimentação de vias públicas com blocos intertravados de concreto: estudo de caso na praça Eloy Coelho e suas principais vias de acesso na cidade de Balsas-MA.

Trabalho de conclusão de curso na modalidade monografia, submetido à coordenação do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof. Dr. Daniel Beserra Costa

Balsas-MA
2024

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

da Silva Gomes, Roney.

Durabilidade e Eficiência Na Pavimentação de Vias
Públicas Com Blocos Intertravados de Concreto: Estudo de
Caso Na Praça Eloy Coelho e Suas Principais Vias de Acesso
Na Cidade de Balsas-ma / Roney da Silva Gomes. - 2024.
78 p.

Orientador(a): Daniel Beserra Costa.
Monografia (Graduação) - Curso de Engenharia Civil,
Universidade Federal do Maranhão, Balsas, 2024.

1. Avaliação. 2. Pavimento Intertravado. 3.
Sextavado. 4. . 5. . I. Beserra Costa, Daniel. II.
Título.

RONEY DA SILVA GOMES

Durabilidade e eficiência na pavimentação de vias públicas com blocos intertravados de concreto: estudo de caso na praça Eloy Coelho e suas principais vias de acesso na cidade de Balsas-MA.

Trabalho de conclusão de curso na modalidade monografia, submetido à coordenação do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em, 02 de julho de 2024

Roney da Silva Gomes - Discente

Prof. Dr. Daniel Beserra Costa - Orientador

Prof. Me. Leandro Gomes Domingos - Examinador Interno

Profa. Dra. Priscila Maria Souza Gonçalves Luz - Examinadora Externa

Balsas-MA
2024

*À minha querida família, esposa e filhas,
dedico o resultado do esforço realizado ao
longo desta jornada.*

AGRADECIMENTO

Meus agradecimentos nesse momento, não se prenderão apenas, a este trabalho monográfico, mas a todo o meu caminhar na Universidade Federal do Maranhão - UFMA o qual venho a concluir essa etapa com o Trabalho de Conclusão de Curso.

E não poderia deixar de agradecer a Deus pelo dom da vida, pela oportunidade que me foi dada por Ele, a meus familiares, principalmente minha mãe, que durante esses anos de permanência na universidade todos contribuíram de forma significativa, para que eu persistisse e chegasse até esse momento. Pela compreensão, por minha ausência em alguns momentos com a família, meu isolamento, às vezes meu mau humor e também meu silêncio.

Um agradecimento especial ao coordenador Me. Leandro Gomes Domingos pelas orientações e preocupações comigo nessa jornada. Ao meu orientador Dr. Daniel Beserra Costa, pela paciência, atenção e dedicação, durante todo o meu caminhar nesse processo, pela motivação e incentivo, no sentido de vencer os desafios propostos, no decorrer de todo o trabalho de conclusão.

Sou grato a todos os professores e mestres, pelos ensinamentos, que me foram ofertados, no decorrer do curso, pois sem o valioso trabalho de todos, eu não poderia alcançar meu sonho, de me formar no curso de engenharia civil nesta instituição.

Agradeço aos meus colegas e amigos que encontrei na UFMA pelo companheirismo, os quais me incentivaram a não desistir, diante dos desafios. Não vale aqui nomeá-los, porém todos foram e são muito especiais para mim.

Agradeço a minha amada esposa Marielza, minhas filhas Renata e Marina pela manifestação do amor, carinho e paciência, que me devotaram como expressão de sentimentos e acolhimento.

Por fim, agradeço a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a minha formação e para a conclusão deste trabalho. Muito obrigado a todos!

RESUMO

Os blocos intertravados de concreto são utilizados na pavimentação urbana devido aos benefícios que oferecem à comunidade e ao meio ambiente. Eles são valorizados pela facilidade de execução, manutenção simples e permeabilidade, que permite o escoamento das águas pluviais e contribui para a recarga dos lençóis freáticos. Estudos mostram que, quando bem instalados, esses blocos são duráveis e resistentes à compressão, abrasão e agentes químicos, o que garante sua longevidade. Em Balsas, no Maranhão, esses pavimentos foram aplicados nas praças e ruas mais antigas, substituindo métodos anteriores como o empiçarramento, proporcionando mais conforto, estética, eficiência e durabilidade. Esta pesquisa visa avaliar a durabilidade e a eficiência da pavimentação de blocos intertravados de concreto usados na praça Eloy Coelho e suas vias principais. Para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sólida, coleta de dados quantitativos por meio de ensaios laboratoriais (como ensaios de resistência à compressão, absorção e avaliação dimensional de corpos de prova extraídos), seguida de análises qualitativas da percepção dos usuários das vias de interesse. Durante o estudo, após a ruptura dos blocos, verificou-se que os materiais utilizados nos blocos são de qualidade inferior ao padrão esperado. Os resultados dos ensaios em laboratório indicam que os blocos do pavimento não atendem a todos os parâmetros de qualidade, durabilidade e eficiência exigidos pelas normas vigentes. As percepções visuais dos usuários das vias corroboram os resultados laboratoriais, indicando que o pavimento apresenta problemas de durabilidade e eficiência. Diante dos desafios enfrentados pelo crescimento urbano e tráfego nas vias de Balsas, as análises dos blocos intertravados na praça Eloy Coelho mostram que, após quase quarenta anos de uso, o pavimento necessita de aprimoramento em planejamento, execução e manutenção para garantir a eficiência e durabilidade das infraestruturas urbanas.

Palavras chave: avaliação, pavimento intertravado, sextavado.

ABSTRACT

Interlocking concrete blocks are used in urban paving due to the benefits they offer to the community and the environment. They are valued for their ease of execution, simple maintenance and permeability, which allows rainwater to drain and contributes to recharging groundwater. Studies show that, when properly installed, these blocks are durable and resistant to compression, abrasion and chemical agents, which guarantees their longevity. In Balsas, Maranhão, these pavings were applied to older squares and streets, replacing previous methods such as paving, providing more comfort, aesthetics, efficiency and durability. This research aims to evaluate the durability and efficiency of paving interlocking concrete blocks used in Eloy Coelho square and its main roads. To this end, a solid bibliographical research was carried out, collecting quantitative data through laboratory tests (such as compressive strength tests, absorption and dimensional evaluation of extracted specimens), followed by qualitative analyzes of the perception of users of the roads of interest. During the study, after the blocks ruptured, it was found that the materials used in the blocks were of lower quality than the expected standard. The results of laboratory tests indicate that the pavement blocks do not meet all the quality, durability and efficiency parameters required by current standards. The visual perceptions of road users corroborate the laboratory results, indicating that the pavement presents durability and efficiency problems. Faced with the challenges faced by urban growth and traffic on Ferry roads, analyzes of the interlocking blocks in Eloy Coelho square show that, after almost forty years of use, the pavement needs improvement in planning, execution and maintenance to ensure efficiency and durability. of urban infrastructures.

Keywords: evaluation, interlocking pavement, hexagonal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Registros visuais de vias pavimentadas na antiguidade.	18
Figura 2 - Camadas de um pavimento sendo construídas pelos romanos.	18
Figura 3 - Blocos de concreto tipo Tor-Cret e Blockret.....	19
Figura 4 - Modelos comerciais de blocos intertravados de concreto	20
Figura 5 - Estrutura básica de um pavimento intertravado	22
Figura 6 - Tipos de possíveis deslocamentos dos blocos intertravados	24
Figura 7 - Limpeza de juntas de um pavimento intertravado e remoção de gramas.....	27
Figura 8 - Pavimento que apresenta afundamento com o tempo	28
Figura 9 - Pavimento afundado devido a danos nas redes de tubulações ou falta de compactação	28
Figura 10 - Pavimento sendo limpo com varrição preservando assim suas juntas.....	28
Figura 11 - Fluxograma da metodologia.....	34
Figura 12 - Mapa de localização de Balsas/MA.	36
Figura 13 - Praça Eloy Coelho e suas principais vias rua Dr. Justo Pedrosa e Padre Franco	36
Figura 14 - Pontos de coleta das amostras no pavimento.....	37
Figura 15 - Pontos de coleta das amostras no pavimento.....	38
Figura 16 - Coleta dos blocos no ponto 01.....	39
Figura 17 - Coleta dos blocos no ponto 02.....	39
Figura 18 - Coleta dos blocos no ponto 03.....	39
Figura 19 - Coleta dos blocos no ponto 04.....	40
Figura 20 - Blocos amostrais recebidos e limpos.	41
Figura 21 - Pontos de medidas das peças tipo III	42
Figura 22 - Blocos amostrais avaliados	44
Figura 23 - Detalhe do ângulo de inclinação da peça de concreto	44
Figura 24 - Bloco sendo preparado para o ensaio de absorção	46
Figura 25 - Prensa hidráulica manual com indicador digital	47
Figura 26 - Peças de corpo de prova saturadas em água a 27°C	48
Figura 27 - Bloco sendo preparado para o ensaio de resistência a compressão.....	48
Figura 28 - Ausência de contenção lateral	52
Figura 29 - Deterioração de peças do pavimento.....	53
Figura 30 - Afundamento de placas do pavimento	54
Figura 31 - Levantamento de placas do pavimento.....	55
Figura 32 - Blocos fissurados e/ou trincados	56
Figura 33 - Descontinuidades de peças.....	57
Figura 34 - Bloco com agregados graúdos expostos	58
Figura 35 – Resultado do ensaio de determinação da resistência característica a compressão	62
Figura 36 - Resultado da Questão 1	64
Figura 37 - Resultado da Questão 2	64
Figura 38 - Resultado da Questão 3	65
Figura 39 - Resultado da Questão 4	66
Figura 40 - Respostas da Questão 5	67
Figura 41 - Respostas da Questão 6	68
Figura 42 - Respostas da Questão 7	69
Figura 43 - Resultado da Questão 8	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização dos blocos amostrais	40
Tabela 2 - Tolerâncias dimensionais das peças de concreto	44
Tabela 3 - Fator multiplicativo p	49
Tabela 4 - Resultado ensaio de avaliação dimensional	58
Tabela 5 - Resultado do ensaio de absorção de água.....	60
Tabela 6 – Resultado do ensaio de resistência a compressão.....	61

LISTA DE SIGLAS

ABPC – Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CRB – Clube Recreativo Balsense

CPs – Corpos de prova

DMT – Departamento Municipal de Trânsito - Balsas

DNIT – Departamento Nacional de Normas Técnicas

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

LOB – Liga Operária de Balsas

NBR – Norma Brasileira

UFMA – Universidade Federal do Maranhão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	JUSTIFICATIVA	15
3	OBJETIVOS	16
3.1	Objetivo geral	16
3.2	Objetivo específico	16
4	REFERENCIAL TEÓRICO	17
4.1	Pavimentação	17
4.1.1	Histórico e evolução	17
4.1.2	Pavimento intertravado de concreto e suas características	19
4.2	Durabilidade e eficiência de um pavimento	20
4.3	Estrutura do pavimento intertravado de concreto	22
4.4	Manutenção preventiva e corretiva de pavimentos com blocos intertravados	25
4.5	Técnicas de recuperação de pavimentos desgastados ou danificados	26
4.6	Sustentabilidade na pavimentação urbana	29
4.6.1	Avaliação do impacto ambiental da pavimentação com blocos intertravados em relação a outros tipos de pavimentos.	29
4.6.2	Estratégias para promover a sustentabilidade na seleção, instalação e manutenção de pavimentos urbanos	30
4.7	Estudos de caso em pavimentação com blocos intertravados	30
5	METODOLOGIA	33
5.1	Seleção e delimitação da área de estudo	35
5.2	Levantamento de dados preliminares	36
5.3	Avaliação de desempenho dos pavimentos	41
5.4	Avaliação da eficiência e durabilidade do pavimento em estudo	41
5.4.1	Ensaio de avaliação dimensional	42
5.4.2	Ensaio de determinação da absorção de água	45
5.4.3	Ensaio de determinação da resistência característica a compressão (<i>f_{pk}</i>)	46
5.5	Percepções dos usuários sobre o pavimento em estudo	50
6	RESULTADOS	51
6.1	INSPEÇÃO VISUAL DO PAVIMENTO	51
6.2	ENSAIO DE AVALIAÇÃO DIMENSIONAL	58

6.3	ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA	59
6.4	ENSAIO DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESSÃO <i>f_{pk}</i>	61
6.5	PERCEPÇÕES DOS USUÁRIOS DAS VIAS - QUESTIONÁRIO	63
7	CONCLUSÃO	71
	REFERÊNCIAS.....	73
	APÊNDICE A – Questionário aplicado.....	77

1 INTRODUÇÃO

Os blocos intertravados de concreto, adotados na pavimentação de vias públicas, praças e ruas, oferecem uma série de pontos positivos para a comunidade e ao meio ambiente, razão pela qual têm ganhado destaque na contemporaneidade. De acordo com Carvalho (2011), este tipo de pavimento apresenta facilidade em sua execução, por necessitar de mão de obra mais simples e apresentar baixa manutenção em suas peças, facilitando assim, a manutenção em sistemas de água e esgoto abaixo desses pavimentos. Existe ainda, a permeabilidade dos blocos e das juntas, que permitem o escoamento das águas pluviais, favorecendo a recarga dos lençóis freáticos.

Outro ponto a ser observado nos blocos intertravados de concreto, segundo os estudos de Silva *et al.* (2023), é que eles são duráveis, quando bem instalados na pavimentação de vias, devido a uma série de fatores, como um bom projeto de pavimentação, qualidade dos materiais envolvidos, preparação da base, sub-base e outros, como condições ambientais e etc. Conforme os estudos de Costa *et al.* (2019), a resistência à compressão, abrasão e ação de agentes químicos, o qual o pavimento provavelmente será exposto, devem ser considerados como peças chaves, para que a durabilidade dos pavimentos intertravados de concreto seja garantida. As investigações sobre a capacidade dos blocos aos carregamentos, a permeabilidade dos blocos e das juntas são necessárias para uma avaliação da vida útil e do desgaste do material com o tempo.

Além das características do material, a instalação adequada dos blocos intertravados de concreto é essencial para garantir a durabilidade e eficácia da pavimentação. Conforme destacado pela Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP (2010), os métodos e técnicas de instalação devem considerar fatores como preparação do subleito, compactação adequada e utilização de areia para regularização e preenchimento das juntas, com material de qualidade (areia fina, pó de pedra, entre outros). Esses procedimentos são fundamentais para promoverem a estabilidade estrutural e a uniformidade da superfície pavimentada.

Contudo, observa-se que ainda, surgem diversos desafios associados à pavimentação intertravada de concreto, principalmente em relação a durabilidade e a eficiência do pavimento, sendo que o reconhecimento e a superação desses desafios

são essenciais, a fim de que esse tipo de pavimento seja sustentável e tenha sucesso garantido.

Em Balsas, cidade ao sul do Estado do Maranhão, a pavimentação das praças e ruas mais antigas foram executadas quase em sua totalidade com pavimento intertravado, seja por paralelepípedos ou por blocos intertravados de concreto do tipo sextavado. Esse tipo de pavimentação, na época de sua execução, permitiu um melhor conforto para o tráfego de veículos e pessoas em geral, se comparado ao que se tinha antes, ruas com empiçarramento. Nesse aspecto, especificamente os blocos intertravados de concreto, foram ganhando espaço para a pavimentação de vias públicas na referida cidade, tendo em vista que permitiu melhor estética, eficiência e durabilidade.

Após, alguns anos da adoção desse tipo de pavimento, verificou-se a possibilidade de avaliar a durabilidade e eficiência da pavimentação da praça Eloy Coelho, localizada no centro da cidade e suas principais vias de acesso, cuja pavimentação foi executada com blocos intertravados de concreto, há mais de quarenta anos. A partir da análise dos dados coletados em alguns pontos do objeto de estudo e também sobre as percepções dos usuários das referidas vias, buscou-se identificar oportunidades de aprimoramento, em termos de planejamento, execução e manutenção deste sistema de pavimentação, contribuindo assim, para o aprimoramento da durabilidade e eficiência das vias e infraestruturas urbanas na cidade de Balsas.

2 JUSTIFICATIVA

Na contemporaneidade, a infraestrutura nas cidades enfrenta desafios em relação ao crescimento urbano e, conseqüentemente, do trânsito das vias urbanas, na cidade de Balsas, Estado do Maranhão. Nessa perspectiva, investigar pavimentos duráveis e com pouca manutenção implantados na referida cidade, como é o caso do pavimento intertravado de concreto na Praça Eloy Coelho e suas principais vias de acesso, pode contribuir significativamente para que esse tipo de pavimento seja uma opção a ser considerada e possivelmente difundida em outros logradouros da cidade.

A cidade de Balsas, situada na região sul do Estado do Maranhão, tem apresentado na última década um desenvolvimento econômico pujante, principalmente pela atividade do agronegócio, ocupando atualmente o terceiro maior Produto Interno Bruto (PIB) do Estado, segundo o IBGE (2023). Nesse sentido, compreender os impactos de uma obra de pavimentação com blocos intertravada de concreto é fundamental, no que se refere às orientações das políticas públicas e boas práticas na infraestrutura urbana da cidade.

A escolha da praça Eloy Coelho e suas principais vias de acesso, na cidade Balsas-MA, como estudo de caso, é justificada pela relevância e adjacências da infraestrutura do local que, há quase quatro décadas, aparentemente apresenta condições de uso adequado até a presente data. Porém é necessária uma análise minuciosa sobre o estado atual do pavimento e possíveis pontos a serem melhorados com futuras manutenções.

Assim, avaliar a durabilidade e eficiências dos pavimentos utilizados na infraestrutura da cidade, como é o caso do presente objeto de estudo, proporcionará identificar benefícios significativos, desafios a serem superados à sua direta implementação e etc. Ao levar em consideração questões técnicas, ambientais e econômicas correlacionadas diretamente a pavimentação intertravada de concreto do tipo sextavada, o presente estudo possibilitará avanços no conhecimento científico sobre esse tipo de pavimentação para a região e, com isso, contribuirá nas tomadas de decisões por gestores e profissionais da área de engenharia civil, neste quesito.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar a durabilidade e a eficiência da pavimentação de blocos intertravados de concreto utilizados na praça Eloy Coelho e suas vias principais, localizados na cidade de Balsas – MA.

3.2 Objetivo específico

- Identificar ou caracterizar os materiais visíveis presentes nos blocos intertravados de concreto, como tipos de agregados e etc., a partir de blocos amostrais coletados no local em estudo.
- Determinar por meio de ensaios: a resistência característica a compressão, a absorção de água e ainda uma avaliação dimensional de blocos amostrais extraídos do local em estudo, conforme a norma ABNT NBR 9.781 (ABNT, 2013).
- Apresentar os benefícios alcançados com a implantação desse tipo de pavimento no local de estudo, apontando soluções para possíveis problemas existentes.
- Avaliar a percepção dos usuários das vias, em relação a durabilidade, eficiência e confiabilidade do pavimento em estudo.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Pavimentação

Sabe-se que a pavimentação tem como origem a necessidade humana de construir vias mais seguras e acessíveis, garantindo o tráfego para pedestres e condutores. Ressalta-se que ao longo dos séculos, a técnica de pavimentação evoluiu continuamente, desde a pedra lapidada, aos blocos de concreto até o asfalto betuminoso. A pavimentação é um elemento importante da infraestrutura de qualquer cidade, proporcionando a segurança e mobilidade na vida das pessoas.

Além disso, a pavimentação contribui para a melhoria da infraestrutura urbana das cidades, facilitando o tráfego e promovendo o desenvolvimento econômico.

4.1.1 Histórico e evolução

Historicamente, as estradas evoluíram a partir de pequenos caminhos ou trilhas simples, utilizadas por pessoas e animais em pequenos vilarejos há milhares de anos, conforme se destaca nos registros antigos: “A primeira estrada pavimentada com pedras é enfim datada apenas de aproximadamente 4 mil anos a.C., na Índia e na Mesopotâmia” (Abrams, 2013 *apud* Bernucci *et al.*, 2022). Outros registros históricos sobre pavimentação apontam que os egípcios já construíam algumas vias por volta de 2600 – 2400 a.C., com o propósito de transportar cargas em trenós, utilizando lajões justapostos, (Sunier, 1936 *apud* Bernucci *et al.*, 2022).

No decorrer do tempo, os povos sentiram a necessidade de construir caminhos, atalhos e estradas, com o objetivo de vencer grandes distâncias que existiam entre povoados, para então conseguir estabelecer comunicação entre os mesmos (Fioriti, 2007).

Cabe destacar registros, sobre o conceito de intertravamento de blocos no decorrer da história, os quais foram observados ao longo do tempo por diversos povos como os gregos, etruscos e romanos. Segundo Bernucci *et al.* (2022), uma das vias romanas mais conhecidas de todas na antiguidade é a via Ápia, como mostra a (Figura 1.a), nomeada em homenagem ao seu construtor, Apíus Claudius em 314 a.C. durante a guerra Samnita. O objetivo principal dessa via era ligar Roma a Cápua (195 km),

facilitando a movimentação de seu exército. Outras vias importantes foram construídas em Roma, na época como a via Ostiense que ligava Óstia a Roma, (Figura 1.b).

Figura 1 - Registros visuais de vias pavimentadas na antiguidade.



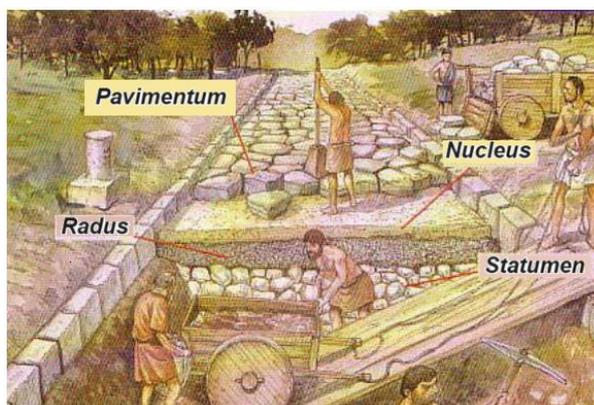
(a)- Via Ápia, Roma.

(b) - Via Ostiense, ligando Óstia a Roma.

Fonte: Adaptado Bernucci *et al.*, (2022, p. 17).

O pavimento evoluiu com o tempo, saindo de pedras brutas para pedras talhadas de forma manual e começaram a ser chamados de paralelepípedos. Esse procedimento de entalhe ajustado, servia para um melhor encaixe das peças durante o processo de pavimentação, melhorando assim, o intertravamento (Marchioni e Silva, 2011). A seguir, observa-se na Figura 2 como era executado o modelo construtivo romano de pavimentação.

Figura 2 - Camadas de um pavimento sendo construídas pelos romanos.



Fonte: Adaptada Ary Júnior (2007).

4.1.2 Pavimento intertravado de concreto e suas características

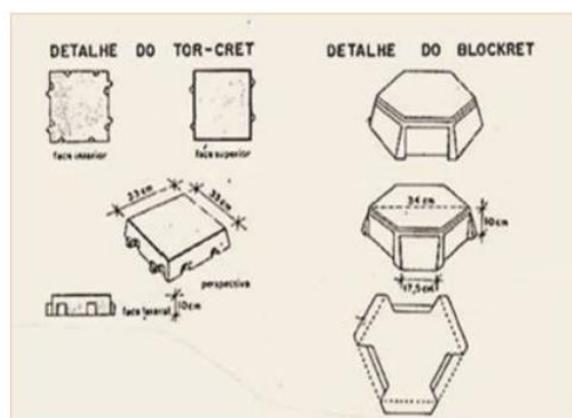
É importante lembrar que o pavimento intertravado de concreto teve sua origem na Europa, sendo na época amplamente, utilizado desde o século XIX devido a sua durabilidade e versatilidade (ABCP, 2006). Em seguida foram surgindo novos formatos de blocos e conseqüentemente melhores técnicas de fabricação.

Segundo a ABNT NBR 15.593 (ABNT, 2011), a técnica de pavimentação com revestimento de blocos intertravados de concreto consiste basicamente na disposição das peças de concreto homogêneas sobre uma base e/ou sub-base compactada e preparada com assente de areia, que proporciona uma superfície robusta e capaz de suportar cargas pesadas, resistindo às condições climáticas mais adversas possíveis.

O conceito de pavimento intertravado de concreto tornou-se difundido em muitos países inclusive no Brasil, na segunda metade do século XX, pela facilidade de manutenção e fácil aquisição dos materiais, estética e durabilidade. Outro ponto importante que impulsionou o desenvolvimento e a melhoria desse sistema, foi a relevância dos fatores ambiental, econômico e tecnológico (Fioriti, 2007).

Na concepção de Santana (1993), a produção de blocos intertravados no Brasil iniciou na década de 1950, tendo grande demanda na década de 1970. As primeiras peças produzidas foram as *Tor-cret* (torreta) e *Blockret* (bloco), conforme exemplo ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Blocos de concreto tipo Tor-Cret e Blockret



Fonte: Oliveira (2018).

Destaque para o estudo de Godinho (2009), que descreve um novo conceito de intertravamento de blocos de diversos formatos e modelos, com um melhor controle de fabricação em fôrmas, espessuras e das juntas, começava-se a observar os

benefícios práticos de assentamento das peças, pois o manuseio era simples, permitindo a utilização de mão de obra pouco especializada. Atualmente, os modelos de blocos de concreto intertravados mais comercializados na região são aqueles pré-fabricados, conforme a Figura 4 apresenta abaixo.

Figura 4 - Modelos comerciais de blocos intertravados de concreto



Fonte: Adaptado Costa (2022).

4.2 Durabilidade e eficiência de um pavimento

A durabilidade de qualquer pavimento é fundamental para garantir sua eficiência, longevidade e desempenho. Em se tratando do pavimento intertravado de concreto, a resistência das peças de concreto aos carregamentos e ao tráfego de veículos, aliada a capacidade de suportar as intempéries, como grandes variações de temperatura e calor, cujos aspectos são essenciais a serem considerados. Segundo o manual da ABCP (2010), peças produzidas industrialmente em vibroprensas que proporcionam elevada compactação e rigor tecnológico, aumentam sua resistência mecânica e sua durabilidade.

Nesse contexto, acredita-se que a qualidade no dimensionamento e na instalação do sistema de drenagem, influenciam diretamente na durabilidade do pavimento, evitando diversas patologias como afundamento, deslocamentos de peças e etc.

Conforme o estudo de Godinho (2009), as especificações internacionais para a durabilidade das pavimentações são influenciadas pelas condições climáticas de cada país, considerando a existência de países onde ocorre ciclos de gelo/degelo, enquanto que em outros, isso não ocorre e o controle pode ser feito por meio de

especificações relacionadas à resistência à compressão ou flexão e proporção água/cimento.

Cabe acrescentar que a durabilidade do pavimento intertravado, dar-se-á conforme o funcionamento adequado do intertravamento, que é uma característica essencial. Segundo ABCP (2010), “Intertravamento é a capacidade que os blocos adquirem a movimentos de deslocamento individual, seja ele vertical, horizontal ou de rotação em relação a seus vizinhos, sendo fundamental para o desempenho e durabilidade do pavimento”.

Sob a ótica de Ferreira (2011), para que o pavimento possa alcançar essa condição de durabilidade, é necessário realizar-se a contenção por meio da instalação adequada de meios-fios, devidamente ancorados, a fim de resistir às forças horizontais. É importante ressaltar que vários fatores influenciam diretamente na qualidade final do pavimento. Portanto, a durabilidade só será atendida, quando todas as etapas de instalações forem executadas, em conformidade com os manuais e normas em vigor no país, garantindo a eficiência e o bom desempenho aos usuários.

Como se vê, a eficiência de uma via pavimentada está relacionada a diversos fatores como a durabilidade, manutenção, custo e até mesmo ao impacto ambiental. Um pavimento eficiente deve apresentar uma longa vida útil com baixa necessidade de reparos, com bom desempenho e garantindo uma superfície segura e confortável aos usuários. Além disso, um pavimento eficiente deve ser econômico tanto na construção quanto na manutenção, oferecendo um melhor custo benefício ao longo do tempo (CNT, 2017).

Nessa perspectiva, considerar os impactos ambientais na escolha do tipo de pavimento, também representa um aspecto importante. Pois optar por um pavimento, que tenha um menor gasto energético, menor emissão de poluentes e o uso de materiais sustentáveis são decisões que proporcionam uma melhor eficiência e sustentabilidade ambiental. No caso de pavimentos com o uso de materiais permeáveis, como nos blocos intertravados há outras vantagens de eficiência, as quais podem ser citadas como a minimização do fenômeno da hidroplanagem, maior resistência à derrapagem com pavimento molhado e redução de “spray de água” (Rojas e Rodrigo, 1999).

De modo geral, os pavimentos intertravados de concreto apresentam uma eficiência notável em vários quesitos como a durabilidade e resistência já reconhecidas e comprovadas por órgãos como a ABCP (2010). Esses pavimentos

suportam cargas elevadas, sem sofrer deformações significativas, quando bem executados, sua instalação não requer mão de obra especializada e sua manutenção é simples, uma vez que os blocos individuais podem ser substituídos facilmente em caso de danos, sem a necessidade de grandes intervenções. A permeabilidade desse tipo de pavimento é uma vantagem como mencionado anteriormente, pois reduz problemas de escoamento ou alagamentos.

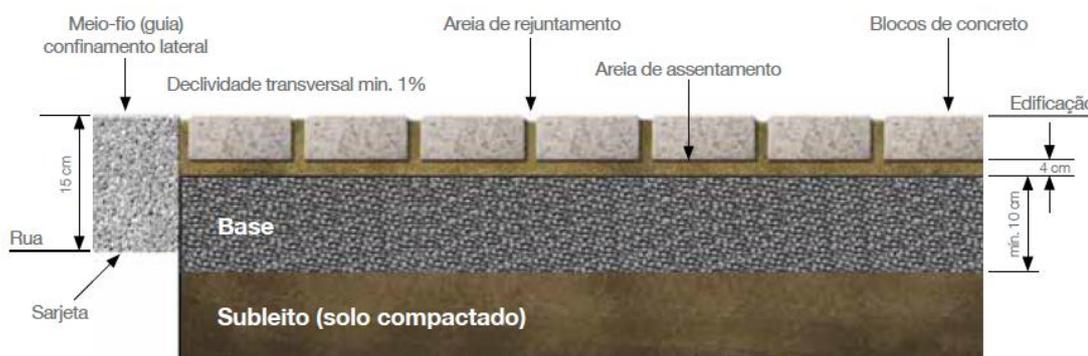
4.3 Estrutura do pavimento intertravado de concreto

Conforme preconiza a Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT, a definição para pavimento intertravado é:

um pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base), seguida por uma camada de revestimento construída de peças de concreto sobrepostas 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 ABNT NBR 15.593 (ABNT, 2011, p.2).

A seguir na Figura 5 é apresentada uma seção transversal de um pavimento intertravado.

Figura 5 - Estrutura básica de um pavimento intertravado



Fonte: Adaptada (ABCP, 2010).

A estrutura da camada de rolamento de um pavimento intertravado de concreto deve atender as condições de durabilidade e resistência de maneira a suportar as

cargas e tensões aplicadas pelo tráfego. Por fim, deve manter os baixos níveis de umidade na base, promovendo assim, estabilidade e uma infraestrutura mais confiável em relação ao desgaste. (ABCP, 2010).

Ainda em relação a estrutura do pavimento e seus elementos, segundo o manual de pavimento intertravado são assim, descritos:

Subleito: Constituído de solo natural ou proveniente de empréstimo (troca de solo). Deve ser compactado em camadas de 15 cm, dependendo das condições locais.

Base: Constituída de material granular com espessura mínima de 10 cm. A camada deve ser compactada após a finalização do subleito.

Camada de assentamento: Camada composta por material granular, com distribuição granulométrica definida, que tem a função de acomodar as peças de concreto, proporcionando correto nivelamento do pavimento e permitindo variações na espessura das peças de concreto. A areia de assentamento nunca deve ser usada para corrigir falhas na superfície da camada de base.

Camada de revestimento: Camada composta pelas peças de concreto e material de rejuntamento, e que recebe diretamente a ação de rolamento dos veículos, tráfego de pedestres ou suporte de cargas. (ABCP, 2010, p.15).

Conforme as instruções do manual de pavimentos intertravados (ABCP, 2010), recomenda-se que a compactação de todo o conjunto, inclusive as juntas, seja realizada com o preenchimento de areia fina, sendo que as peças de concreto devem ter dimensões uniformes, para um melhor resultado no assentamento.

Vale lembrar que a camada de assentamento apesar de ser fina, influencia diretamente no desempenho do pavimento e na necessidade de manutenção. A principal função desta camada é garantir uma superfície uniforme e homogênea para o assentamento dos blocos, evitando concentração de tensões na região (ABCP, 2010).

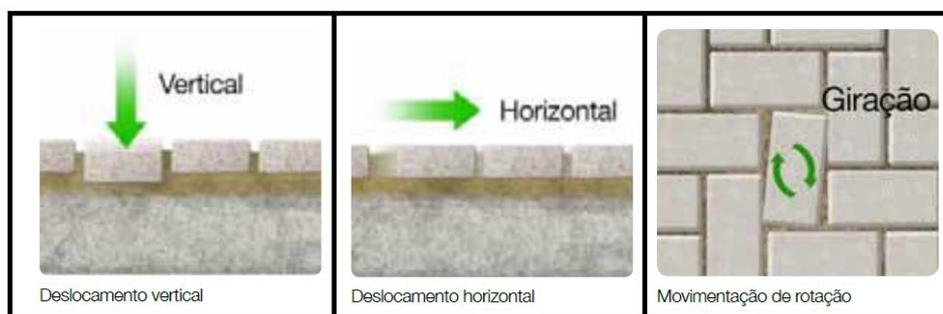
É importante acrescentar que nesta camada, na concepção de Marchioni e Silva (2011), a infiltração de água deve funcionar com qualidade, ocorrendo nos espaçamentos entre os blocos e permitindo assim, uma infiltração em torno de 5% a 15%, em blocos maiores em até 30%, tornando o pavimento permeável e não prejudicando o intertravamento entre as peças. O caimento do pavimento deve ser de acordo com o projeto, obedecendo uma declividade mínima de 2%.

Outro ponto importante a ser observado, são as contenções laterais, que evitam o deslizamento dos blocos. O confinamento é parte fundamental do pavimento intertravado (normalmente sarjetas e meios-fios). Eles devem ser construídos antes do lançamento da camada de areia de assentamento dos blocos, de maneira a colocar os blocos dentro de uma “caixa”, cujo o fundo é a superfície compactada da base e as

paredes são a estrutura de confinamento. Essas peças de concreto devem possuir uma resistência mínima por norma de 25Mpa, aos 28 dias de idade. (ABCP, 2010)

A camada de revestimento do pavimento intertravado é responsável pela resistência aos esforços dos carregamentos dos veículos, nesse sentido o seu funcionamento é definido, conforme ABPC (2010), em três tipos de possíveis deslocamentos: vertical, horizontal e giração, conforme pode ser observado na Figura 6, a seguir.

Figura 6 - Tipos de possíveis deslocamentos dos blocos intertravados



Fonte: Adaptada (ABCP, 2010).

Verifica-se que a diversidade de blocos e suas formas, com diferentes arranjos, proporcionam uma variedade de opções. A disposição das peças no pavimento influencia diretamente no seu desempenho, especialmente devido aos detalhes de intertravamento entre as peças. Quando as peças são colocadas em fileiras, por exemplo, o intertravamento tende a ser menor, principalmente se as fileiras estiverem no sentido do tráfego. Desta forma, a configuração a ser definida não afeta só a aparência visual, mas também a estabilidade e a durabilidade do pavimento, sendo algo crucial durante o projeto e a instalação. Portanto, o intertravamento “é a capacidade que os blocos adquirem de resistir a movimentos de deslocamento individual, seja ele vertical, horizontal ou de rotação em relação a seus vizinhos.” (ABCP, 2010, p.09).

4.4 Manutenção preventiva e corretiva de pavimentos com blocos intertravados

Ocorre, através da manutenção corretiva, problemas nos pavimentos como os afundamentos, recalques, trincas ou desgaste prematuro nos blocos, podendo ser identificados e reparados precocemente, evitando prejuízos maiores ou custos elevados de recuperação. Já a manutenção preventiva nessas obras, visa evitar a ocorrência desses problemas, prolongando a vida útil do pavimento e reduzindo os riscos de acidentes e de interdição dessas vias. Nesse aspecto, investir nessas práticas de reparo, proporciona qualidade e segurança para todos que utilizam as vias com pavimento intertravado de concreto (ABCP, 2010).

É importante ressaltar que:

“[...] a manutenção do pavimento se constitui no conjunto de operações que são desenvolvidas objetivando manter ou elevar, a níveis desejáveis e homogêneos, as características gerais de desempenho – segurança, conforto e economia do pavimento, considerando globalmente todos os componentes da via [...]” (DNIT, 2006, p.245).

A manutenção básica de um pavimento intertravado de concreto consiste em limpeza juntas com escovas ou varrição, preenchimento das juntas com areia ou material adequado, no caso de surgimento de grama ou raízes nas juntas, deve ser removido. Por fim, no caso de afundamento ou ondulações, o mesmo tem que ser corrigido o quanto antes (ABCP, 2010).

Do ponto de vista financeiro, é notório que as manutenções em um pavimento intertravado são realizadas a preços módicos, pois permitem a reutilização e fácil manuseio das peças. Porém, vale lembrar o que preconiza o boletim técnico nº 135 da ABCP em sua explicação:

Cada pavimento tem seus cuidados característicos, diferentes entre si, tanto na utilização como na manutenção. Por este motivo é importante que as autoridades que dispõem de pavimentos de blocos de concreto saibam cuidar deles corretamente, identificar os problemas e danos, de modo que os técnicos possam ordenar, em tempo hábil, os reparos requeridos. Desta maneira os pavimentos serão permanentemente cômodos para os usuários e mais econômicos para a comunidade (ABCP, 1999, p.37).

Sendo assim, os municípios devem possuir um plano de manutenção para esse tipo de cuidados referente ao pavimento, objetivando aumentar a eficácia e a sua durabilidade, ao longo do tempo.

4.5 Técnicas de recuperação de pavimentos desgastados ou danificados

Ressalta-se que além de inspeções periódicas, nos pavimentos é necessário que o município desenvolva um plano de manutenção periódica com as devidas ações corretivas que possam ser executadas, em casos específicos, conforme consta nos Manuais de pavimentação do DNIT (2006) e no de pavimento intertravado com o objetivo de aplicar as melhores práticas e técnicas de manutenção e recuperação do pavimento intertravado, evitando os problemas de maiores proporções, nesse tipo de pavimento (ABCP, 2010).

Assim, as ações como substituição de peças, rejuntamento, alinhamento, nivelamento, reparação na camada de assentamento, requer observação acerca da eficiência da drenagem e manter a boa sinalização das vias, como exemplos de ações fundamentais, para que o pavimento intertravado mantenha um bom desempenho e proporcione segurança e qualidade a todos que dele fizerem uso.

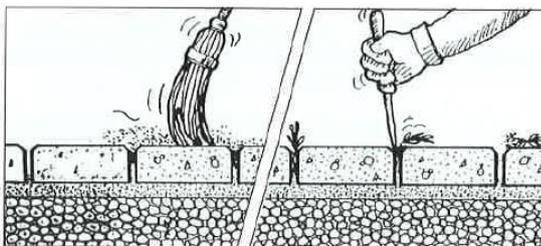
Atualmente, com a inovação dos blocos intertravados drenantes, é possível resolver problemas no escoamento do pavimento, substituindo blocos de concreto intertravados tradicionais por blocos drenantes. Segundo a ABCP (2011) esses blocos contribuem significativamente para diminuição do acúmulo de água pluviais sobre o pavimento durante as chuvas e ainda contribuem na recarga dos lençóis freáticos, ou seja, é uma nova tecnologia de blocos mais sustentáveis e que mantém a durabilidade prevista.

Para melhor entendimento, será apresentado a seguir, algumas técnicas de manutenção e inspeção de pavimento intertravado de concreto, sugeridas pela Associação Brasileira de Cimento Portland em seu boletim técnico nº 135 (ABCP, 1999).

Na Figura 7 é apresentada o procedimento para se efetuar a limpeza de juntas em um pavimento intertravado, sendo necessário que elas permaneçam constantemente, cheias. Pois, caso contrário é necessário, que se faça a correção o

quanto antes. Outro ponto a ser destacado é a remoção de gramas nas juntas, usando ferramenta adequada (ABCP, 1999).

Figura 7 - Limpeza de juntas de um pavimento intertravado e remoção de gramas

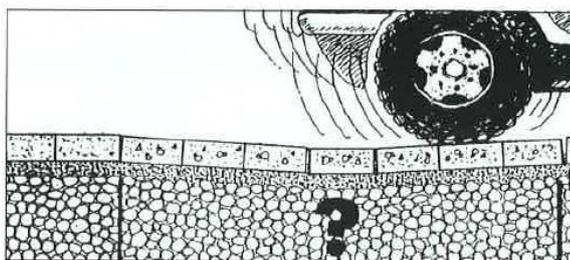


Fonte: ABCP (1999).

Há também, outro defeito recorrente: os afundamentos ilustrados na (Figura 8), sendo irregularidades visíveis na superfície do piso onde os blocos intertravados estão assentados, um problema que deve ser identificado e corrigido em tempo hábil. Cabe enfatizar que essas deformações podem surgir devido as diferentes causas, como por exemplo, o assentamento inadequado dos blocos, sobre o substrato preparado, movimentações no solo devido a variações como expansão, contração ou assentamento, as falhas na base de apoio, devido a compactação deficiente, uso excessivo ou inadequado do pavimento por veículos inapropriados e erros no projeto referente ao dimensionamento insuficiente dos blocos ou das camadas de base (DNIT, 2006).

É válido acrescentar que além de comprometer a estética do pavimento, essas ondulações podem causar desconforto no tráfego de veículos e pedestres, aumentando o risco de acidentes. A correção das ondulações geralmente, envolve a remoção e o reassentamento dos blocos afetados, assegurando que a base esteja adequadamente preparada e também o assentamento deve ser feito corretamente (ABCP, 1999).

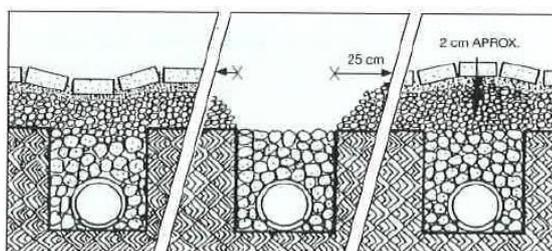
Figura 8 - Pavimento que apresenta afundamento com o tempo



Fonte: ABCP (1999).

Observa-se na Figura 9 um afundamento no pavimento intertravado de concreto e sua técnica de correção para afundamentos, isto é, a anomalia consertada e a área afetada repavimentada. Nesse caso, o nível da base compactada, deve ficar um 2 cm mais alto, para com a consolidação posterior, devendo o pavimento ficar rente ao restante da superfície (ABCP, 1999).

Figura 9 - Pavimento afundado devido a danos nas redes de tubulações ou falta de compactação



Fonte: ABCP (1999).

O pavimento intertravado deve ser limpo, apenas com varrição, sendo permitido esporadicamente o esguicho com água, conforme ilustração na (Figura 10). É importante lembrar aos vizinhos da obra, que a areia das juntas não constitui sujeira, sendo necessária para o seu correto funcionamento (ABCP, 1999).

Figura 10 - Pavimento sendo limpo com varrição preservando assim suas juntas



Fonte: ABCP (1999).

4.6 Sustentabilidade na pavimentação urbana

A engenharia da sustentabilidade é um tema que tem atraído a atenção em vários segmentos, o que não é diferente na pavimentação urbana, considerando que o escopo desse tema é reduzir os impactos ambientais e promover de alguma forma a eficiência ecológica, desenvolvendo soluções sustentáveis para os problemas.

4.6.1 Avaliação do impacto ambiental da pavimentação com blocos intertravados em relação a outros tipos de pavimentos.

O impacto ambiental de uma obra de pavimentação com blocos intertravados de concreto é bem menor em comparação com outros materiais, como o asfalto betuminoso e o pavimento rígido de concreto. Para Godinho (2009), a fabricação de blocos intertravados utiliza menos energia, se comparados a outros tipos de pavimentos e ainda proporciona melhor conforto térmico. Além de tudo, a capacidade dos blocos intertravados de concreto permite a permeabilidade do solo e reduz consideravelmente, o escoamento superficial, diminuindo os problemas relacionados ao acúmulo de água no pavimento e melhorando a recarga dos lençóis freáticos.

É importante lembrar que os pavimentos asfálticos contribuem significativamente, para a formação de ilhas de calor urbano, devido a sua baixa refletância solar (Rodrigues *et al.* 2010). De acordo os estudos de Filgueiras (2019), a diferença de temperatura na superfície entre o pavimento asfáltico e o intertravado de concreto em uma aferição, pode chegar a 17°C entre dois pontos coletados a uma distância de 100m um do outro em pavimentos diferentes.

Nesse aspecto, o pavimento de concreto rígido, por sua vez, embora mais durável que o asfáltico, ainda apresenta em seu processo produtivo uma alta quantidade de emissões de gases de efeito estufa, contribuindo assim, para o aquecimento global. Já os blocos intertravados de concreto, por serem reutilizáveis, possuem uma manutenção mais sustentável e menos nociva ao meio ambiente. Desta forma, avaliar o impacto ambiental em uma obra de pavimentação é fundamental para garantir a sustentabilidade e assim incentivar as boas práticas nas obras de pavimentação urbana.

4.6.2 Estratégias para promover a sustentabilidade na seleção, instalação e manutenção de pavimentos urbanos

A escolha de materiais sustentáveis, como pavimentos de blocos intertravados permeáveis ou asfalto reciclado, tem se mostrado eficiente na redução dos impactos ambientais, pois os referidos materiais como os blocos intertravados diminuem a quantidade de resíduos enviados para aterros, ajudam a mitigar o efeito das ilhas de calor urbano (Rodrigues et al. 2010).

Entretanto, na fase de instalação, a implementação de técnicas que promovam a eficiência energética e a minoração de recursos, não sustentáveis podem contribuir significativamente para a redução do impacto ambiental. Essas abordagens também, podem gerar economias significativas e sustentáveis de longo prazo, a exemplo do asfalto borracha, cujo tipo de pavimento, aproveita-se da borracha de pneus, que a princípio seriam descartados em aterros (Lima Filho e Costa Jr., 2020).

A manutenção sustentável em pavimentos urbanos também é um aspecto importante para se prolongar a vida útil dos pavimentos e reduzir a geração de resíduos. Para se garantir a durabilidade de um pavimento intertravado de concreto é necessário que as manutenções periódicas, após a liberação da via, devam ser realizadas, a fim de resolver defeitos pontuais. As técnicas de reparo, as quais evitam a substituição completa do pavimento são estratégias eficazes. Assim como planos de manutenção, acompanhamento e monitoramento de vias públicas, podem contribuir significativamente para práticas de manutenção mais sustentáveis e o prolongamento da vida útil do pavimento (ABCP, 2010).

4.7 Estudos de caso em pavimentação com blocos intertravados

Conforme foi apresentado anteriormente, o uso de pavimento intertravado de concreto evoluiu nas últimas cinco décadas e com ele os respectivos estudos, sobre o tema que tem suscitado o interesse de diversos pesquisadores, que publicam seus estudos acerca desse tipo de pavimentação. Filgueiras (2019), em seu trabalho de conclusão de curso, faz uma comparação entre os orçamentos de custos entre os tipos de pavimentação asfáltica e o pavimento intertravado para fins de execução a partir de dados quantitativos reais, conforme a viabilidade econômica em um estudo

de caso na cidade de Senador Canedo-GO. No referido estudo a autora faz uma minuciosa análise comparativa entre os dois tipos de pavimentos (asfáltico e blocos intertravados) e apresenta em suas conclusões, que as duas tecnologias utilizadas para a pavimentação de vias urbanas são economicamente viáveis e exequíveis. Havendo ainda, em suas conclusões a relação custo x benefício, apresentada entre os pavimentos em estudo, apontando vantagens significativas e justificando os custos do pavimento intertravado de concreto.

Destaque para o estudo de Godinho (2009), que em sua dissertação de mestrado, com tema “Uma reflexão sob a ótica da durabilidade e sustentabilidade” em pavimentos intertravados com um estudo de caso na cidade de Brumadinho-MG, sendo que em sua compilação de dados sugere uma revisão das normas da época sobre tópicos fundamentais, com objetivo de contribuir com estudos para a construção de uma nova norma para esse tipo de pavimento. As contribuições do referido autor, cujos argumentos, embasados em outros estudos, têm sido relevantes na contemporaneidade, como referência notável para vários trabalhos sobre pavimentação intertravada.

Convém mencionar ainda, os estudos de Costa *et al.* (2023) cujo conteúdo apresentou aspectos importantes em um estudo de caso no qual apresenta a instalação de uma pavimentação intertravada com bloquete sextavado na cidade de Três Rios-RJ, avaliando sua eficiência, durabilidade e benefícios neste tipo de pavimento, por meio de uma análise comparativa entre as normas existentes para esse tipo pavimento, desde o preparo da base até a confecção das peças de bloco intertravado de concreto do tipo sextavado. Nesse trabalho, os autores ainda fazem um pavimento desse tipo em escala reduzida “maquete” em laboratório, afim de avaliar com clareza todas as etapas de execução desse tipo de pavimento. Os resultados apontaram os benefícios como segurança, durabilidade e redução da temperatura, observando a possibilidade de redução de impactos ambientais.

É pertinente citar os estudos de Soares *et al.* (2023), que avaliaram as manifestações patológicas em blocos de pavimentos intertravados em uma via da cidade de Imperatriz-MA, com o objetivo de identificar as causas e criar um mapa de danos depois de uma inspeção visual em todo o pavimento em estudo. Nesse sentido os autores sugeriram ações preventivas e corretivas para aumentar a durabilidade do pavimento no local. Sendo assim, foi recomendado um estudo para melhor

implementar plano de execução com ações corretivas, seguindo as normas técnicas vigentes, objetivando a segurança e o bom desempenho da via.

Ressalta-se que esses estudos em pavimentação intertravada de concreto representam uma parcela de contribuição significativa para o avanço do conhecimento sobre o tema, abordando aspectos fundamentais, que demonstram uma preocupação em promover melhorias para o tipo de pavimento, apresentando sempre boas práticas como seleção de melhores materiais, um melhor comportamento estrutural, novas técnicas de implementação, sustentabilidade ambiental, além de divulgar novas formas eficientes de manutenção e correção que promovam a durabilidade, eficiência e um melhor desempenho nesse tipo de pavimento muito utilizado no Brasil.

5 METODOLOGIA

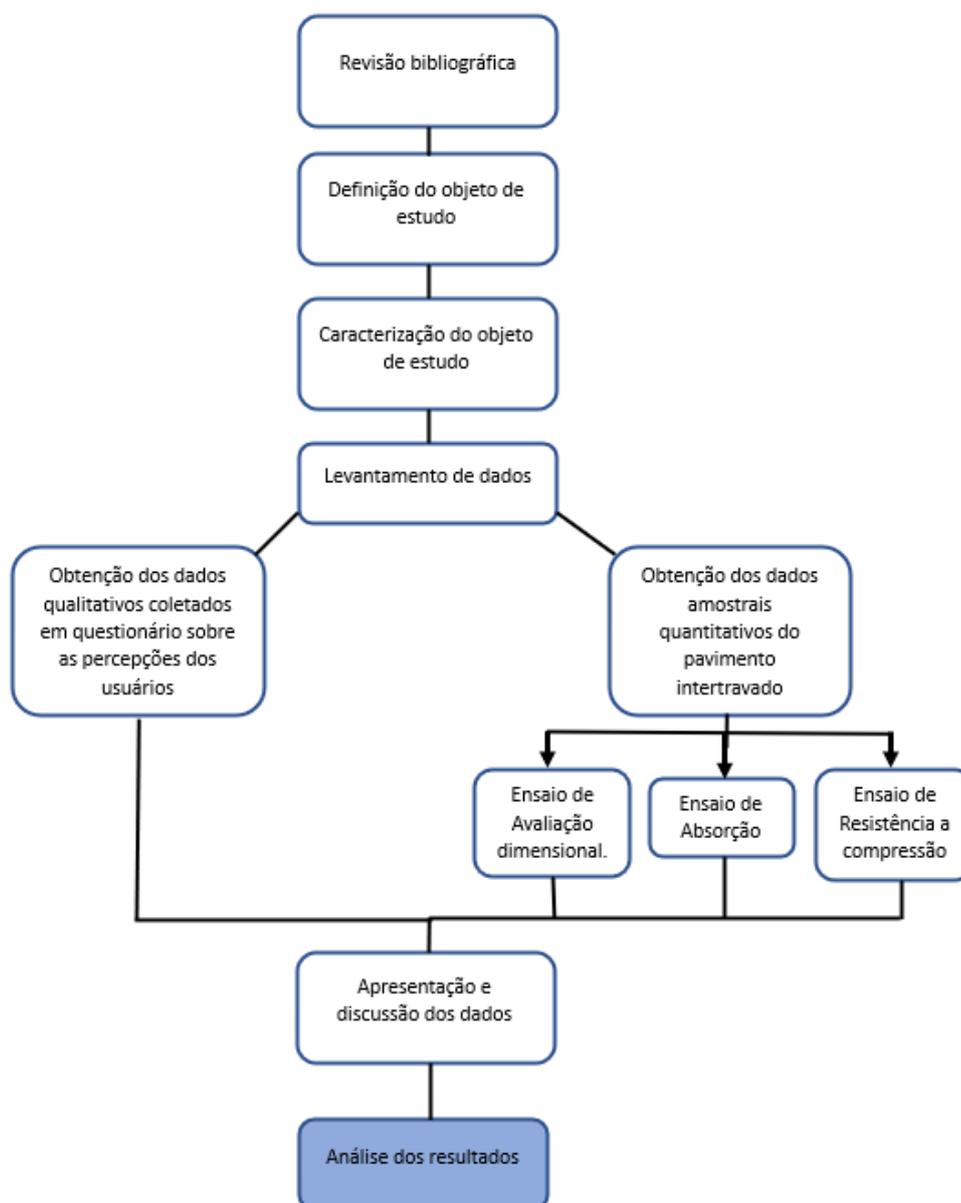
Neste capítulo, apresenta-se a metodologia, um processo de apreensão e compreensão da realidade, que inclui as concepções teóricas e o conjunto de técnicas definidas, pois é pela metodologia que se explicita as opções teóricas fundamentais, expondo as implicações de uma determinada realidade (Minayo, 1994).

Os procedimentos metodológicos realizados para a construção desta pesquisa, constitui-se de pesquisa bibliográfica com abordagem qualitativa e quantitativa, denominada também como quali-quantitativa, embora as duas abordagens sejam distintas, entretanto, são consideradas complementares para este estudo de caso.

Segundo Gatti (2004), a combinação de dados oriundos de metodologia qualitativa, pode vir a enriquecer a compreensão de eventos, fatos e processos. Em outras palavras, a abordagem quali-quantitativa demanda o esforço de reflexão do pesquisador para dar sentido ao material levantado e analisado.

A seguir, tem-se na Figura 11, a apresentação do fluxograma das atividades realizadas no trabalho, cuja a abordagem é quali-quantitativa.

Figura 11 - Fluxograma da metodologia



Fonte: Autor (2024).

Os procedimentos metodológicos para a realização deste trabalho foram balizados em uma revisão bibliográfica, abordando estudos de caso em pavimentos intertravados de concreto, correlacionados aos temas: durabilidade, eficiência e outras abordagens afins. Recorrendo também as plataformas de pesquisa acadêmica como Scielo, ScienceDirect, Google Acadêmico e etc. Sendo que os estudos científicos realizados, possibilitaram a ampliação do conhecimento relacionado as pesquisas acadêmicas desenvolvidas na área, procurou-se também pelas fontes bibliográficas referenciadas e citadas em alguns trabalhos.

Posteriormente, foi definido o objeto de estudo e sua caracterização, bem como o levantamento de dados amostrais quantitativos do pavimento em estudo, por meio da realização de ensaios e verificações conforme preconiza a ABNT NBR 9.781 (ABNT, 2013).

Optou-se pela realização da pesquisa qualitativa sobre as percepções dos usuários em relação ao tema em estudo, cuja construção de dados, foi utilizada pela elaboração de um formulário criado no Google Forms e compartilhado em redes sociais como WhatsApp em grupos específicos, que utilizam as vias do pavimento do presente estudo, as perguntas do questionário encontram-se no apêndice “A” do trabalho.

Após essas etapas, realizou-se a análise dos dados quantitativos e qualitativos coletados com objetivo de se compreender a real situação da durabilidade e eficiência do pavimento em estudo.

5.1 Seleção e delimitação da área de estudo

O presente estudo do caso limitou-se ao entorno da praça Eloy Coelho e de suas adjacências, ruas Dr. Justo Pedrosa e Padre Franco, pois os referidos logradouros receberam pavimento intertravado de concreto, tipo sextavado, no início da década de 1980, conforme informações de moradores antigos do local. Numa breve análise, pode-se depreender que a escolha desse tipo de pavimento deu-se pela facilidade de se conseguir na região os materiais necessários e a mão-de-obra para o trabalho.

Com base na relevância histórica e cultural do local para população balsense, as autoridades da época priorizaram a pavimentação do logradouro acima mencionado, devido ser um espaço onde ocorriam muitas manifestações culturais, como os bailes no Clube Recreativo Balsense - CRB, as festas dançantes na Liga Operária de Balsas - LOB, o carnaval de rua na praça Eloy Coelho, além do desfile cívico que desce todos os anos pela rua Padre Franco na semana da pátria, até os dias de hoje.

Para melhor entendimento da localização do município de Balsas tem-se nas Figuras 12 e 13 abaixo, uma vista superior da região em estudo.

Figura 12 - Mapa de localização de Balsas/MA.



Fonte: Adaptado Wikipedia (2024).

Figura 13 - Praça Eloy Coelho e suas principais vias rua Dr. Justo Pedrosa e Padre Franco



Fonte: Adaptada - Imagem extraída do software Google Earth© em 01 abr. 2024.

5.2 Levantamento de dados preliminares

Os primeiros dados coletados foram registros de imagens do local, em estudo de forma presencial, em diferentes pontos, de maneira a se avaliar a condição atual do pavimento intertravado de concreto e determinar também, os pontos de coleta dos blocos amostrais do pavimento. Na sequência na Figura 14 imagens dos pontos de coletas escolhido.

Figura 14 - Pontos de coleta das amostras no pavimento



Fonte: Autor (2024).

Após a seleção do quantitativo dos pontos de coleta, foi decidido que seriam coletados dois blocos em cada ponto, totalizando oito blocos para a amostra. Sucintamente, descreve-se os pontos selecionados: dois pontos na rua Padre Franco, sendo o ponto 01 na parte mais elevada da via e o ponto 02 na parte mais baixa da mesma; dois pontos na rua Dr. Justo pedrosa, sendo o ponto 03 na parte mais baixa e o ponto 04 na parte mais elevada da via. Dessa maneira, contemplou-se também os cantos mais baixos da praça Eloy Coelho. Outro detalhe importante para escolha dos pontos de coleta, é que neles, a convergência do tráfego de veículos nessas vias é maior em relação a outros pontos. A seguir na Figura 15 é apresentado a localização dos pontos de coleta na via, de forma global.

Figura 15 - Pontos de coleta das amostras no pavimento



Fonte: Adaptada imagem extraída do software Google Earth© em 03 jun. 2024.

Convém destacar que, para a realização dessa etapa de coleta dos blocos amostrais, foi encaminhado um requerimento à Secretaria de Infraestrutura do município de Balsas, solicitando a autorização e cooperação da entidade, cuja solicitação foi atendida.

A seguir tem-se alguns registros de imagens fotográficas realizados no dia da coleta dos blocos amostrais, nos pontos pré-determinados no pavimento nas Figura 16, 17, 18 e 19.

Figura 16 - Coleta dos blocos no ponto 01



Fonte: Autor (2024).

Figura 17 - Coleta dos blocos no ponto 02



Fonte: Autor (2024).

Figura 18 - Coleta dos blocos no ponto 03



Fonte: Autor (2024).

Figura 19 - Coleta dos blocos no ponto 04



Fonte: Autor (2024).

Após a coleta dos blocos no local em estudo, as amostras foram enviadas para o laboratório de Geotecnia da UFMA campus Balsas. Os blocos amostrais foram caracterizados e nomeados conforme a Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Caracterização dos blocos amostrais

Ponto de coleta	Nome da peça
01	1.A
	1.B
02	2.A
	2.B
03	3.A
	3.B
04	4.A
	4.B

Fonte: Autor (2024).

Observa-se na Figura 20, uma imagem dos blocos já limpos e prontos para o início dos ensaios.

Figura 20 - Blocos amostrais recebidos e limpos.



Fonte: Autor (2024).

5.3 Avaliação de desempenho dos pavimentos

Segundo a ABNT NBR 9.781 (2013, p.7), “As peças de concreto devem apresentar aspecto homogêneo, arestas regulares e ângulos retos e devem ser livres de rebarbas, defeitos, delaminação e descamação [...]”. Assim, faz-se necessário realizar as inspeções, tanto em peças novas para instalação de novos pavimentos, quanto para manutenções de pavimentos antigos.

Foi realizado também, uma inspeção visual em todo o pavimento em estudo, a fim de detectar e avaliar as suas condições atuais, sendo realizado registros fotográficos de alguns pontos. Cabe enfatizar que o pavimento avaliado possui espessura de 100mm, e nesse caso, segundo Shackel (1990), essa espessura de 100 mm das peças aumenta o desempenho do pavimento intertravado de concreto de forma significativa em relação a espessuras menores.

5.4 Avaliação da eficiência e durabilidade do pavimento em estudo

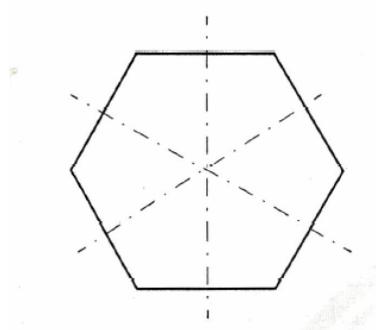
Nesta seção apresentar-se-á os ensaios realizados nos blocos coletadas no local em estudo, conforme determina a ABNT NBR 9.871 (ABNT, 2013). Estes ensaios foram realizados em dois momentos. No primeiro momento foram realizados os

ensaios de Avaliação dimensional e o de Determinação da absorção de água no laboratório de Geotecnia UFMA campus Balsas e no segundo momento ocorreu a realização do ensaio de Determinação da resistência característica a compressão no laboratório de concreto de uma empresa parceira da UFMA, sediada na cidade de Balsas. É válido acrescentar que no presente estudo de caso, o ensaio de resistência a abrasão da amostra é facultativo conforme a norma ABNT NBR 9.871 (ABNT, 2013).

5.4.1 Ensaio de avaliação dimensional

A avaliação dimensional das peças amostrais do pavimento em estudo seguiu a normativa da (ABNT, 2013) em seu Anexo D. O ensaio ocorreu nos dias 07 e 08 de maio. Os oito corpos de prova coletados foram limpos e preparados para a avaliação dimensional, em que os mesmos foram divididos em quatro grupos de duas peças cada grupo, as peças foram classificadas como peças do tipo III - formato hexagonal, conforme preconiza a norma da ABNT (ABNT, 2013). Na Figura 21 é apresentada uma imagem do manual sobre os pontos de medidas para as peças.

Figura 21 - Pontos de medidas das peças tipo III



Fonte: ABNT NBR 9.781 (2013).

A avaliação dimensional das peças foi realizada, sempre em planos paralelos ou perpendiculares às arestas das peças, conforme sua tipologia, nesse caso tem-se peças tipo III - hexagonal e os pontos de medida são apenas comprimento de eixo e altura, pois conforme os itens 3.5 e 3.6 da ABNT NBR 9.781 (ABNT, 2013), largura e comprimento coincidem:

- Comprimento (L): Medir a distância entre as faces verticais extremas do bloco. (Eixo₁, eixo₂, eixo₃).
- Altura (H): Medir a distância entre a face superior e a face inferior do bloco em três pontos ao longo de cada face lateral a altura do bloco (início, meio e fim), totalizando 18 alturas de cada peça

Método de medição:

- Posicionar o bloco sobre uma superfície plana e estável, no caso uma bancada.
- Utilizar o instrumento de medição adequado e realizar as medições de forma cuidadosa, evitando erros de medição grosseiros, no caso paquímetro com precisão de 0,08mm.
- Anotar todas as medições com precisão, registrando os valores obtidos em cada ponto.

Cálculo das medições:

Foi realizado três medições de comprimento, uma de cada eixo e três medições de altura de cada face vertical, totalizando dezoito medições de altura em cada peça. Por último foi calculado a média do comprimento de eixo, da altura da peça e o seu índice de forma, conforme as expressões abaixo:

$$\text{Média do comprimento de eixo: } L_m = \frac{L_1 + L_2 + L_3}{3}$$

$$\text{Média da altura de cada face: } H_m = \frac{H_1 + H_2 + H_3}{3}$$

$$\text{Média da altura da peça: } H_{mp} = \frac{H_{m1} + H_{m2} + H_{m3} + H_{m4} + H_{m5} + H_{m6}}{6}$$

$$\text{Cálculo do índice de forma } IF = \frac{L_m}{H_{mp}}$$

Conforme a norma ABNT NBR 9.781 (ABNT, 2013), as dimensões de tolerância das peças de concreto devem atender a alguns limites para sua produção, como o comprimento máximo de 250mm, uma espessura mínima de 60mm especificada em múltiplos de 20mm para esse tipo de peça hexagonal. A seguir a Figura 22 apresenta duas peças amostrais avaliadas.

Figura 22 - Blocos amostrais avaliados



Fonte: Autor (2024).

A norma ABNT NBR 9.781 (ABNT, 2013), admite uma tolerância nas dimensões conforme a Tabela 2 abaixo apresenta.

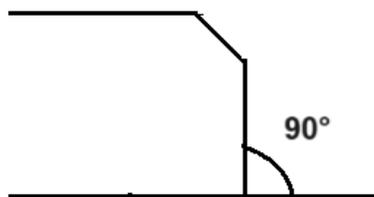
Tabela 2 - Tolerâncias dimensionais das peças de concreto

Comprimento (mm)	Espessura (mm)
± 3	± 3

Fonte: Adaptado ABNT NBR 9.781 (2013).

Nesse contexto, foi avaliado também o ângulo de inclinação das peças de concreto com um esquadro de precisão 125mm x 80mm, sendo a peça posicionada numa bancada de superfície plana, onde o ângulo medido deve ser igual a 90°. Na figura 23 é apresentado uma imagem detalhando o ângulo de inclinação da peça de concreto.

Figura 23 - Detalhe do ângulo de inclinação da peça de concreto



Fonte: Adaptado ABNT NBR 9.781 (2013).

Método de medição do ângulo de inclinação:

- Posicionar o bloco sobre uma superfície plana e estável, no caso uma bancada.
- Posicionar o instrumento “esquadro de precisão” de maneira que sua base fique apoiada na bancada nivelada para se aferir a medição do ângulo de inclinação em cada face vertical da peça.
- Os resultados foram registrados e identificados separadamente.
- Ao final faz-se o cálculo da média do ângulo de inclinação de cada peça.

5.4.2 Ensaio de determinação da absorção de água

Segundo (ABNT, 2013, p.14), “A absorção de água, expressa em porcentagem, representa o incremento de massa de um corpo sólido poroso devido a penetração de água em seus poros permeáveis, em relação à sua massa em estado seco”. Foram ensaiados em dois grupos, no primeiro grupo compostos pelos blocos dos pontos 01 e 02 e o segundo compostos pelos blocos dos pontos 03 e 04. O ensaio de absorção de água nos blocos coletados ocorreu nos dias 09, 10 e 11 de maio.

Procedimento:

- Saturação das peças: Imergir os corpos de prova em água à temperatura de $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$, por 24 h.
- Pesas as peças individualmente na condição saturada com superfície seca, que é obtida drenando o corpo de prova e removendo a água superficial visível com um pano úmido. Anotar o valor encontrado. (repetir o processo até que não se registre alteração na medição).
- Secagem: Os corpos de prova foram saturados à estufa com temperatura de $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$, mantendo essa condição por 24h.
- Pesas individualmente cada corpo de prova na condição seco em estufa. Anotando o valor encontrado. (repetir o processo até que não se registre alteração na medição).

O valor da absorção de água de cada corpo de prova deve ser calculado utilizando-se a Equação (1)

$$\left(\frac{M_{sat} - M_{seca}}{M_{seca}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Onde:

M_{sat} → Massa da peça saturada

M_{seca} → Massa da peça seca

Na Figura 24 é apresentada uma imagem de um bloco sendo preparado para o ensaio de absorção de água.

Figura 24 - Bloco sendo preparado para o ensaio de absorção



Fonte: Autor (2024).

Segundo a ABNT NBR 9.781 (ABNT, 2013, p. 6) "A amostra de peças de concreto deve apresentar absorção de água com valor médio menor ou igual a 6 %, não sendo admitido nenhum valor individual maior do que 7%".

5.4.3 Ensaio de determinação da resistência característica a compressão (f_{pk})

O ensaio de resistência à compressão realizado nos blocos intertravados de concreto, segue a normativa da ABNT NBR 9.781 (ABNT, 2013) em seu anexo A. O ensaio ocorreu nos dias 13 e 14 de maio, em dois momentos, sendo o primeiro

momento de preparação das peças com o corte e saturação em água e no segundo momento o rompimento dos corpos de prova na prensa hidráulica manual com indicador digital com capacidade de carga de 100 tf, fabricante SOLOTEST no laboratório de concreto da empresa parceira da UFMA campus Balsas, na cidade.

Na Figura 25 é apresentada uma imagem do preparo do ensaio na prensa hidráulica.

Figura 25 - Prensa hidráulica manual com indicador digital



Fonte: Autor (2024).

A prensa de ensaio deve atender os valores máximo admissíveis determinados pela ABNT NBR NM ISSO 7500-1 e ainda estar com o seu selo de inspeção do INMETRO em dias.

Determinação da resistência característica à compressão (f_{pk})

As peças representativas do lote amostral estavam seguintes condições, no momento do ensaio:

- a) Saturadas em água a (23 ± 5) °C, por no mínimo 24 h antes do ensaio;
- b) As superfícies de carregamento devem ser retificadas;
- c) As peças devem ser dispostas sobre as placas auxiliares de ensaio, de modo que o eixo vertical que passa pelo seu centro coincida com o eixo

vertical passante pelo centro das placas auxiliares, na região da peça que apresenta largura mínima de 97 mm.

Vale ressaltar, que em conformidade com (ABNT, 2013), o carregamento foi até ruptura completa do corpo-de-prova, com velocidade de 550 kPa/s, com variação de mais ou menos 200 kPa/s. Na Figura 26 é apresentado os corpos de prova cortados submersos em água e na Figura 27 consta imagem de um bloco em processo de corte, no qual foi utilizado um disco de corte diamantado para se cortar e retificar as peças dentro dos limites e dimensões sugeridos para o ensaio a compressão, conforme preconiza sua norma.

Figura 26 - Peças de corpo de prova saturadas em água a 27°C



Fonte: Autor (2024).

Figura 27 - Bloco sendo preparado para o ensaio de resistência a compressão



Fonte: Autor (2024).

A resistência à compressão da peça no ensaio, expressa em megapascals (MPa), é obtida multiplicando o valor da carga de ruptura, expressa em tonelada força (tf), por 9,8, sabendo que 1 tf equivale a 9,8 kN. O valor obtido é dividido pela área de carregamento, expressão em centímetros quadrados (cm²). Na sequência, basta multiplicar o resultado por 10 que se terá o valor convertido em MPa. Posteriormente, é necessário multiplicar o resultado obtido pelo fator p, função da espessura nominal da peça, conforme Tabela 3, preconizada pela ABNT NBR 9.781 (ABNT, 2013) em seu anexo A.4.

Tabela 3 - Fator multiplicativo p

Espessura nominal da peça (mm)	p
60	0,95
80	1,00
100	1,05

Fonte: Adaptado ABNT NBR 9.781 (2013)

Conforme a norma de resistência a compressão em blocos intertravados de concreto, e admitindo-se que obedecem a distribuição normal, o valor característico foi estimado pelas Equações (2) e (3):

$$f_{pk, est} = f_p - t \times s \quad (2)$$

Sendo

$$s = \sqrt{\frac{\sum(f_p - f_{pi})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Onde:

$f_{pk, est}$ → Resistência característica estimada à compressão (MPa).

f_p → Resistência média das peças

t → Coeficiente de Student, que é função do tamanho da amostra escolhida. Considerando uma amostra com 8 peças, foi usado o valor de t igual a 0,896 que representa um nível de confiança de 80%.

s → Desvio-padrão amostral (MPa)

n → Número de peças da amostra

f_{pi} → Resistência individual das peças (MPa).

Com base no conteúdo da (ABNT, 2013), os blocos intertravado de concreto, que serão submetidos ao ensaio são originários de um pavimento de tráfego de veículos leve, onde os mesmos devem apresentar uma resistência à compressão característica estimada mínima de 35 MPa.

5.5 Percepções dos usuários sobre o pavimento em estudo

Para se conhecer as percepções dos usuários das vias em estudo, foi realizada uma pesquisa qualitativa com questões objetivas politômicas ordinais, em forma de escala que vai de ruim a excelente. Por meio de um formulário eletrônico criado na ferramenta Google Forms e disponibilizado eletronicamente em grupos específicos de pessoas nas redes sociais, como por exemplo, grupo funcionários ou colaboradores das empresas do comércio local da cidade, grupos de universitários e professores.

As questões foram formuladas, a partir de uma seleção de características estudadas em trabalhos científicos sobre pavimentos intertravados de concreto (Godinho, 2009; Filgueiras, 2019; Soares et al., 2023). A primeira questão, que compõe o referido questionário, objetivou qualificar o respondente do questionário como usuário ou não da via em estudo. A segunda pergunta é importante para se confirmar, claramente que o respondente é usuário da via, em algum momento em seu deslocamento pelo centro da cidade e ainda identificar o tipo de veículo utilizado como meio de transporte usado no local. A terceira pergunta questionou o usuário, acerca da classificação do nível de qualidade das vias pavimentadas com blocos intertravados de concreto, pois a percepção da qualidade de um pavimento é importante, devendo, pois, ser avaliada. A quarta pergunta, interroga o usuário, sobre o nível de durabilidade do pavimento. Nesse item, o usuário revela sua percepção, sobre o que significa um pavimento durável.

Na sequência, tem-se a quinta pergunta, que indaga ao usuário, sobre o nível de desempenho de forma eficiente nesse tipo de pavimento, nesse item a percepção dos usuários sobre desempenho eficiente de um pavimento pôde ser revelado e acolhido. A sexta pergunta, interroga ao usuário, o nível de qualidade do escoamento superficial da água no pavimento em condições adversas como em dias de chuva forte, nesse item o usuário pôde revelar sua percepção sobre a qualidade e funcionalidade da via em dias de muita chuva e grande escoamento superficial. A sétima pergunta, questiona ao usuário, sobre conforto térmico nas vias com esse tipo de pavimento em dias de muito calor. Nesse item o usuário aponta a importância do conforto térmico para os usuários. Finalmente, a oitava e última pergunta, indaga ao usuário, acerca da iluminação ou fator de luminância nas vias durante, à noite nesse tipo de pavimento. Nesse questionamento, o usuário da via aponta o nível de satisfação com a luminância da via em estudo.

6 RESULTADOS

Nesta seção, será apresentado os resultados da inspeção no pavimento, dos ensaios realizados, em laboratório com os blocos amostrais e também das percepções dos usuários das vias obtidos via questionário.

Sendo assim, a partir de uma caracterização e análise quali-quantitativa das informações obtidas no estudo de caso, foi possível realizar com mais clareza a avaliação da durabilidade e eficiência do pavimento intertravado de concreto da praça Eloy Coelho e suas principais vias de acesso. E ainda sugerir intervenções de melhoria para o pavimento.

6.1 INSPEÇÃO VISUAL DO PAVIMENTO

Sabe-se que a inspeção visual de pavimentos intertravados de concreto é essencial e deve ocorrer de forma periódica, a fim de garantir com as manutenções corretivas e preventivas uma maior durabilidade, eficiência e segurança dessas superfícies pavimentadas, conforme preconiza a (ABCP, 2010).

A inspeção visual do pavimento intertravado de concreto em estudo, foi realizada pelo autor e nela foi possível constatar que algumas manifestações patológicas, são evidentes no local, sendo que os registros da inspeção foram anotados e fotografados, os quais serão apresentados na sequência.

Na imagem da Figura 28 é possível perceber nesse trecho do pavimento a descontinuidade de contenção lateral. Segundo Beaty e Raymond (1995), essa falha pode afetar a eficiência do intertravamento dos blocos, o correto funcionamento do intertravamento entre os blocos garante a distribuição de cargas concentradas pelo pavimento, ou seja, mantendo sua funcionalidade.

Figura 28 - Ausência de contenção lateral



Fonte: Autor (2024).

Foi observado em todo o pavimento vários pontos de afundamento como o apresentado na imagem da Figura 28, possivelmente por conta da falha na contenção lateral, falta de arremate das peças, infiltração excessiva na base do pavimento e etc. Recomenda-se a reinstalação da contenção lateral, a remoção e o realinhamento das peças, regularizar a camada de assentamento, posicionando as peças 2cm acima do nível do pavimento para que o mesmo com o tempo se acomode corretamente, conforme a (ABCP, 1999).

Durante a avaliação da condição do pavimento foi observado que as peças de blocos intertravado apresentam um nível avançado de deterioração e desprendimento de agregado, como demonstrado na Figura 29.

Figura 29 - Deterioração de peças do pavimento



Fonte: Autor (2024).

Entretanto, a condição atual da via já era esperada, tendo em vista, o desgaste natural e o seu tempo de uso. Segundo Godinho (2009), o pavimento deve resistir as cargas, tensões e deve proteger a base do desgaste e não pode apresentar perda significativa de massa e continuidade. Dessa forma, devido a condição de desgaste atual da via é possível deduzir que a superestrutura se apresenta no limite de sua vida útil, pois a camada de bloco desgastadas corresponderá a um baixo desempenho mecânico e, conseqüentemente, sobrecarregar a camada de base. Recomenda-se que as peças nessa situação sejam substituídas o mais breve possível, conforme preconiza a (ABCP, 1999).

Na Figura 30, percebe-se um ponto de afundamento ao lado da contenção lateral, a presença de grammas nas juntas entre alguns blocos e a ausência de peças de arremate na contenção.

Figura 30 - Afundamento de placas do pavimento



Fonte: Autor (2024).

Esse tipo de problema é proveniente de uma falha no preenchimento das juntas, o que segundo Hallack (1998) pode comprometer o travamento vertical quando as peças são submetidas aos carregamentos, causando assim afundamento das peças em relação as peças adjacentes. Acredita-se ainda que, a presença de gramas nas juntas pode ter contribuído nessa perda de material das juntas, associado ao escoamento superficial da água das chuvas que também contribui com o carregamento de material de rejunte.

Recomenda-se que as peças nessa situação sejam removidas, sua base seja corrigida, juntamente com a camada de areia, as peças sejam reposicionadas e compactadas com um nível de 2cm acima do nível do pavimento, recomenda-se ainda revisar o espaçamento das juntas e o seu correto preenchimento (ABCP, 1999).

O levantamento de placas no pavimento, pode ser observado a seguir, na Figura 31, nesse caso, por conta do avanço das raízes das árvores de maior porte em sentido a base do pavimento.

Figura 31 - Levantamento de placas do pavimento



Fonte: Autor (2024).

Segundo a (ABNT, 2011), toda base e subleito de um pavimento intertravado não deve possuir qualquer tipo de matéria orgânica ou raízes. Esse problema de levantamento de placas pode causar acidentes, principalmente aos motociclistas e pedestres, o que causa insegurança e perigo aos usuários da via.

É importante que esse problema seja resolvido, retirando-se as placas, removendo toda a camada de superfície vegetal, matéria orgânica, raízes de plantas que venham a comprometer a base do pavimento e a camada de revestimento, e em seguida, executar a repavimentação com os blocos na região afetada (ABCP, 1999).

Na imagem da Figura 32, é possível visualizar o segundo estágio das fissuras, ou seja, trincas nos blocos intertravados de concreto de um pavimento, onde as trincas se diferenciam apenas, pela dimensão da abertura, sendo as fissuras com abertura menor que 1 mm e as trincas entre 1mm e 3mm. Essas manifestações patológicas provocam a descontinuidade da peça, causada principalmente pela fadiga dos materiais devido a flexão pelo repetimento da passagem dos veículos (Ribeiro, 2017).

Figura 32 - Blocos fissurados e/ou trincados



Fonte: Autor (2024).

Esse tipo de problema pode causar acidentes, principalmente entre os ciclistas ou pedestres que passam pela via, pois a partir desta descontinuidade das peças, as peças se tornam mais frágeis e os materiais se soltam com mais facilidade. Recomenda-se que as peças fissuradas ou trincadas sejam substituídas o mais breve possível de acordo com a (ABCP, 1999).

A descontinuidade dos blocos em suas bordas pode ser observada na imagem da Figura 33 abaixo. Segundo Gonçalves (1999), a quantidade de solicitações, as propriedades dos materiais das peças, a capacidade de carga do solo do subleito, são fatores que interferem no desempenho eficaz dessas estruturas

Figura 33 - Descontinuidades de peças



Fonte: Autor (2024).

Essa manifestação pode ocorrer por conta da movimentação da base do pavimento, também por conta dos esforços de carregamento dos veículos na via, o que implica numa geração excessiva de movimento no solo e de deslocamentos verticais, horizontais e de rotação das peças, provocando assim esse tipo de desgaste nas peças. Recomenda-se a substituição dos blocos com maior desgaste o mais breve possível (ABCP, 2010).

Vale ressaltar a ocorrência associada de vários defeitos no pavimento, como é possível observar na Figura 30. A ocorrência de múltiplos defeitos em pequenos intervalos estruturais corrobora com a compreensão de que o pavimento da via se encontra no declínio de sua vida útil e a necessidade urgente de manutenção da mesma. Dessa forma, esses registros foram fundamentais para se avaliar problemas no pavimento em estudo e apontar melhorias a serem aplicadas, de modo a garantir a sua durabilidade e eficiência.

Por último, vale destacar que, na imagem da Figura 34 a seguir, é possível observar a presença de diferentes tamanhos de agregados tipo “seixos” utilizados na confecção das peças. Isso revela uma certa falha no controle de qualidade na produção das peças no momento de sua confecção e ainda possibilita a segregação mais rápida de seus materiais.

Figura 34 - Bloco com agregados graúdos expostos



Fonte: Autor (2024).

6.2 ENSAIO DE AVALIAÇÃO DIMENSIONAL

A seguir é apresentado na Tabela 4 o resultado da avaliação dimensional dos blocos amostrais nos quesitos comprimento médio e altura média das peças, com o incremento do IF – índice de forma ao final.

Tabela 4 - Resultado ensaio de avaliação dimensional

Corpo de prova	Altura média (cm)	Comprimento médio (cm)	IF - índice de forma
1A	8,82	30,01	3,40
1B	9,28	30,00	3,23
2A	9,64	30,02	3,11
2B	9,29	29,98	3,23
3A	9,33	30,01	3,22
3B	9,34	30,02	3,21
4A	9,05	29,97	3,31
4B	9,63	30,01	3,12
Média	9,30	30,00	3,23

Fonte: Autor (2024).

Segundo Godinho (2009), a avaliação dimensional dos blocos intertravados de concreto contribuem significativamente para o correto funcionamento desse tipo de

pavimento, pois permitem um perfeito alinhamento e um ótimo assentamento dos blocos, além de facilitar a execução do trabalho de instalação, pois todas as peças mantêm seu padrão nas dimensões. Nesse sentido foi avaliado o comprimento médio e a alturas das peças do pavimento em estudo.

Observa-se que o comprimento médio das peças avaliadas está acima do limite por norma, o qual é de 250 mm ou 25cm, porém é sabido que o pavimento em estudo foi construído décadas antes da norma vigente (ABNT, 2013). Ressalta-se que a perda de altura, nas peças do pavimento em estudo durante os anos chegou a uma média de 0,70 cm, valor esse muito significativo. Pois isso revela que o pavimento avaliado já está bem desgastado, uma vez que em muitas peças, foi possível se observar uma presença maior de agregados graúdos em maior exposição e alguns já se desprendendo da peça, ou seja com perda de adesividade.

Esses parâmetros observados devem ser levados em consideração em função também da segurança que o pavimento deve oferecer a seus usuários, pois um mero desprendimento de agregado laminar pode causar um acidente na pista de rolamento por exemplo aos ciclistas.

Vale destacar, que o índice de forma médio das peças está dentro do previsto em norma que é no máximo 4%, esse índice é uma relação entre o comprimento e a espessura dos grãos do agregado, ponderado pela quantidade de grãos de cada fração granulométrica que o compões, fator esse que contribui na qualidade das peças para assentamento.

Na avaliação do ângulo de inclinação das peças conforme preconiza a ABNT NBR 9.781 (2013), todas as peças obtiveram o valor de 90° em sua medição. Portanto o resultado desse parâmetro é algo que melhora o fator de homogeneização das peças e facilita o funcionamento do intertravamento.

6.3 ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA

A seguir na Tabela 5 os resultados obtidos no ensaio de determinação de absorção de água nos blocos amostrais conforme ABNT NBR 9.781 (ABNT, 2013).

Tabela 5 - Resultado do ensaio de absorção de água

Corpo de prova	Peso saturado (kg)	Peso seco (kg) 110 ± 5 (°C)	Absorção (%)
1^a	15,16	15,02	0,91
1B	15,75	15,32	2,81
2^a	15,79	15,13	4,39
2B	15,14	14,87	1,82
3^a	15,96	15,42	3,45
3B	14,84	14,53	2,11
4^a	15,87	15,66	1,37
4B	16,80	16,41	2,38
Média	15,66	15,30	2,40

Fonte: Autor (2024).

Segundo o DNIT (2006), a porosidade do agregado é avaliada por intermédio de ensaios de absorção de água, que por sua vez, indica a quantidade de água que um agregado é capaz de absorver. Os resultados do ensaio evidenciam que todos os blocos amostrais estão dentro dos limites de absorção de água indicados na norma (ABNT, 2013), que é inferior a 7%.

É importante registrar que segundo informações dos moradores mais antigos do local em estudo, os agregados utilizados na confecção dos blocos foram extraídos dos rios passam pela cidade, como o Rio Maravilha e o Rio das Balsas. Dessa forma, acredita-se que a areia utilizada foi uma mistura de areia fina e grossa extraídas das margens desses rios e os agregados graúdos trata-se de seixos, observados anteriormente na Figura 34, esse por sua vez, foram extraídos dos rios da região.

Essa prática de utilizar agregados extraídos de rios da região para a fabricação de pisos intertravados de concreto é comum em vários lugares, como afirma (Costa *et al.*, 2014). Essa mistura de areia fina e média melhora a resistência, diminui a absorção de água e diminui o consumo de pasta de cimento segundo Fernandes (2016). Dessa forma, a baixa capacidade de absorção observada nesse ensaio pode estar vinculada as propriedades mecânicas dos agregados e não devido ao desgaste dos blocos intertravados. Entretanto, para comprovar essa afirmação, seria necessária uma análise mecânica completa nos agregados utilizados na confecção dos blocos intertravados.

6.4 ENSAIO DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESSÃO (f_{pk}).

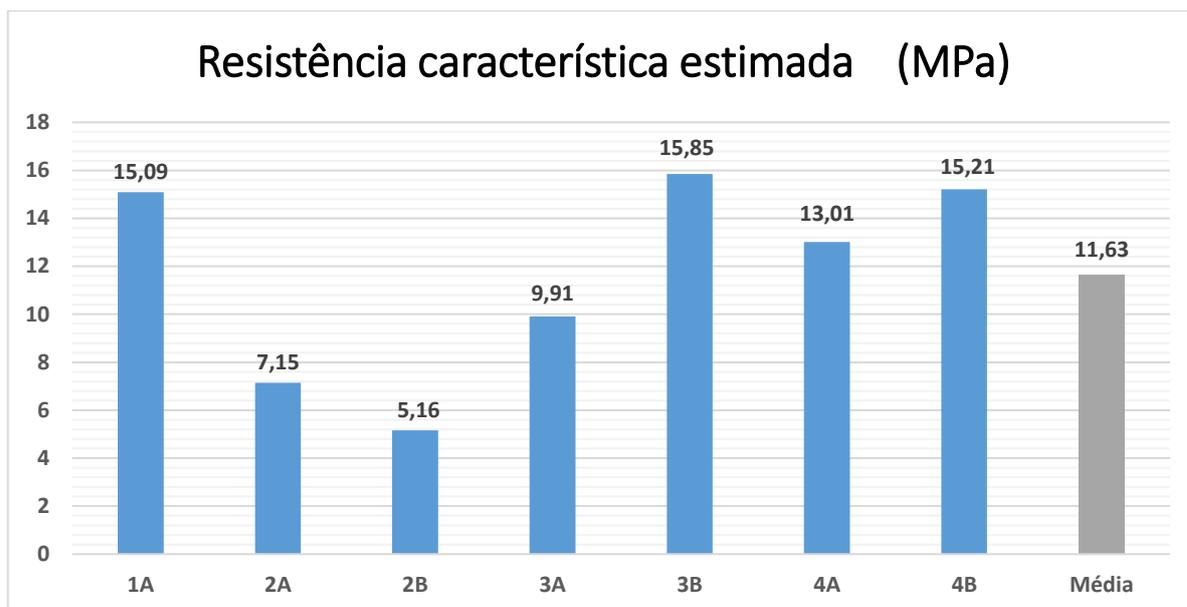
Esta seção apresenta os resultados obtidos nos ensaios de determinação da resistência característica à compressão nos blocos amostrais coletados, conforme preconiza a ABNT (ABNT, 2013). Nos ensaios realizados, apenas o bloco 1B atingiu a resistência característica esperada em norma, sendo o seu valor de carga no ensaio, 32,90 tf e resistência característica de 43,10 MPa. Devido a discrepância observada em relação aos demais CPs, a amostra 1B será removida para o cálculo da resistência média estimada e o desvio padrão das outras amostras. Os resultados do ensaio estão apresentados a seguir na Tabela 6 e para melhor clareza na Figura 35 em um gráfico de barras verticais.

Tabela 6 – Resultado do ensaio de resistência a compressão

Corpo de prova	Carga suportada (tf)	Conversão da carga em (kN)	Área da placa auxiliar (cm ²)	Fator P	Resistência característica f_{pk} (MPa)	Resistência característica estimada $f_{pk, est}$ (MPa)
1 ^a	14,44	141,51	78,54	1,05	18,92	15,09
1B	32,90	322,42	78,54	1,05	43,10	
2 ^a	8,38	82,12	78,54	1,05	10,98	7,15
2B	6,86	67,23	78,54	1,05	8,99	5,16
3 ^a	10,49	102,80	78,54	1,05	13,74	9,91
3B	15,02	147,20	78,54	1,05	19,68	15,85
4 ^a	12,85	125,93	78,54	1,05	16,84	13,01
4B	14,53	142,39	78,54	1,05	19,04	15,21
				Média	15,46	11,63
				Desvio padrão	4,27	

Fonte: Autor (2024).

Figura 35 – Resultado do ensaio de determinação da resistência característica a compressão



Fonte: Autor (2024).

Observa-se que, apenas um dos blocos amostrais atingiu o valor mínimo de 35 MPa exigido pela norma brasileira (ABNT, 2013), ou seja, há evidências fortes de que a resistência dos blocos à compressão, já está comprometida, após todos esses anos de existência do pavimento. Uma vez que em outros países o intervalo de resistência a compressão individual dessas peças fica entre 45 MPa e 55 MPa como apontado por Shackel (1990). Essa atual capacidade de carga do pavimento, baseada na resistência a compressão obtida, nesse ensaio, aponta Godinho (2009), a distribuição das cargas concentradas não funcione mais com eficiência e isso é sua função básica.

Portanto, nesse ensaio fica claro que os blocos intertravados de concreto do pavimento em estudo estão no final de sua vida útil, ou seja, com sua durabilidade e eficiência comprometida para os próximos anos. Sendo assim, é necessário se repensar os próximos passos para o prolongamento da vida útil do pavimento em questão, ou mesmo uma possível substituição total do pavimento.

6.5 PERCEPÇÕES DOS USUÁRIOS DAS VIAS - QUESTIONÁRIO

Nesta seção será apresentado o resultado da pesquisa qualitativa referente as percepções dos usuários das vias em estudo, que foram coletados via formulário eletrônico.

A pesquisa ocorreu na cidade de Balsas nos dias 15, 16 e 17 de maio, com o objetivo de coletar dados e informações sobre as percepções dos usuários, moradores, e transeuntes em relação as vias pavimentadas com blocos intertravados de concreto do local em estudo. Durante o período em que o formulário da pesquisa ficou disponível para as respostas, foram coletadas 205 respostas, onde os dados foram tratados, tabulados e representados por meio de tabelas e gráficos estatísticos.

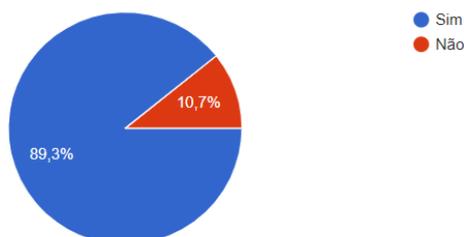
Após essas etapas, realizou-se a análise das respostas obtidas a fim de se compreender as percepções visuais e qualitativas dos usuários e confrontar com os resultados quantitativos obtidos das amostras nos ensaios em laboratório. Dessa forma, avaliar a durabilidade do pavimento por meio de ensaios em laboratório e considerar as percepções dos usuários das vias do local em estudo é uma metodologia que permite além de conhecer a real situação do pavimento em estudo, se utilizar dessas percepções dos usuários para apontar melhorias necessárias e urgentes, tanto pelo poder público municipal, que é o responsável pela manutenção e conservação do pavimento, como por outros interessados nesse tema tão importante.

QUESTIONÁRIO E RESULTADOS

1ª pergunta: Você costuma utilizar com frequência as vias pavimentadas com blocos intertravados de concreto “bloquetes” que dão acesso à praça Eloy Coelho "praça do Banco do Brasil" no centro da cidade de Balsas-MA?

Figura 36 - Resultado da Questão 1

205 respostas



Fonte: Autor (2024).

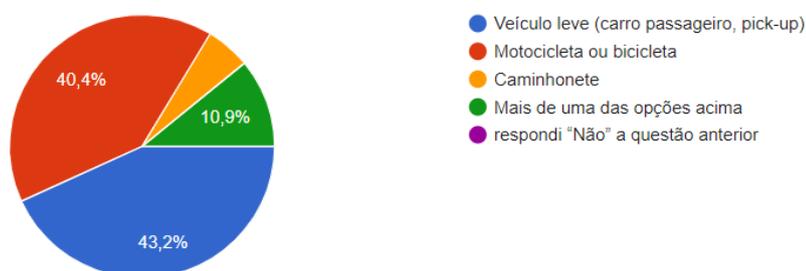
Nessa questão, observa-se que 9 a cada 10 de um total de 205 participantes da pesquisa costumam utilizar essas vias com frequência, ou seja, a pesquisa atingiu um número significativo de participantes que utilizam de as vias em estudo.

A partir da próxima questão, serão tratadas apenas as respostas dos usuários, que responderam à questão inicial com “Sim”, ou seja, foi analisado apenas as respostas dos usuários que de fato usam a via em estudo, totalizando 183 respondentes.

2ª pergunta: Se você respondeu “Sim” a questão anterior, qual o meio de transporte que você mais utiliza, quando passa pelas vias mencionadas “bloquetes” que dão acesso a praça Eloy Coelho "praça Banco do Brasil" no centro da cidade de Balsas-MA?

Figura 37 - Resultado da Questão 2

183 respostas



Fonte: Autor (2024).

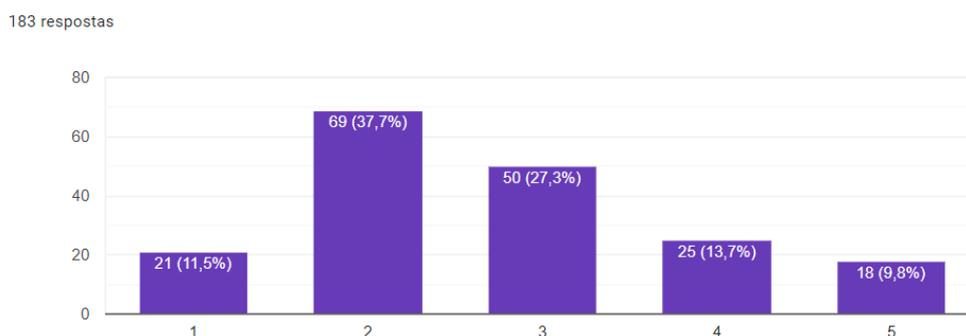
Nesse resultado, observa-se que a maioria dos participantes da pesquisa utilizam veículos leve como carro passageiro e pick-up, em seguida tem-se os

usuários de veículos com duas rodas. É importante ressaltar que todos os tipos de veículos que trafegam pelas vias em estudo são importantes, porém os usuários de moto ou bicicleta que são 40,4% na pesquisa, por terem seus corpos mais expostos ao ambiente acabam apreciando melhor as condições como conforto térmico, luminosidade, qualidade da pista de rolamento e etc.

3ª pergunta: Como você classifica as vias pavimentadas com blocos intertravados de concreto “bloquetes” que dão acesso a praça Eloy Coelho no centro da cidade “praça do Banco do Brasil” ?

pontuação (1 → ruim; 2 → regular; 3 → bom; 4 → muito bom; 5 → excelente)

Figura 38 - Resultado da Questão 3



Fonte: Autor (2024).

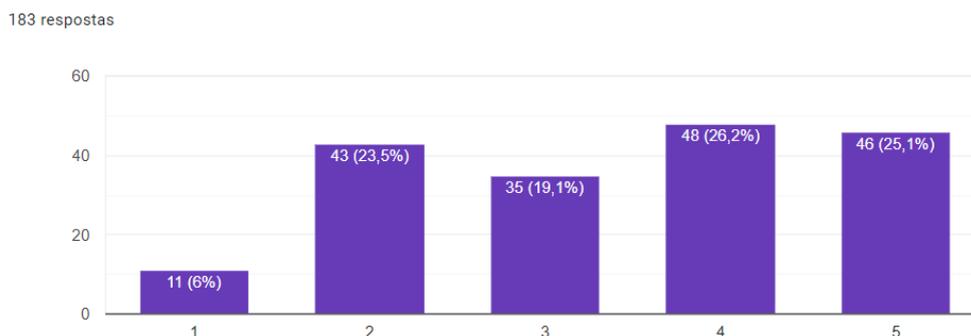
O resultado dessa questão, revela que mais metade dos participantes, optaram pela classificação do pavimento como bom, muito bom e excelente, ou seja, os usuários, nesse quesito revelam que o pavimento intertravado de concreto é uma opção confiável, porém a outra parte dos respondentes classificaram o pavimento como ruim ou regular. Percebe-se que o percentual de respostas regular nessa pergunta quase que coincide com os percentuais de usuários de moto ou bicicleta da via, ou seja, em torno de 40%.

4ª pergunta: Como usuário das vias pavimentadas com blocos intertravados de concreto que dão acesso a praça Eloy Coelho no centro de Balsas-MA “praça do

Banco do Brasil” , você considera esse tipo de pavimento durável, ou seja, que não se deteriora em pouco tempo?

pontuação (1 → ruim; 2 → regular; 3 → bom; 4→ muito bom; 5 → excelente)

Figura 39 - Resultado da Questão 4



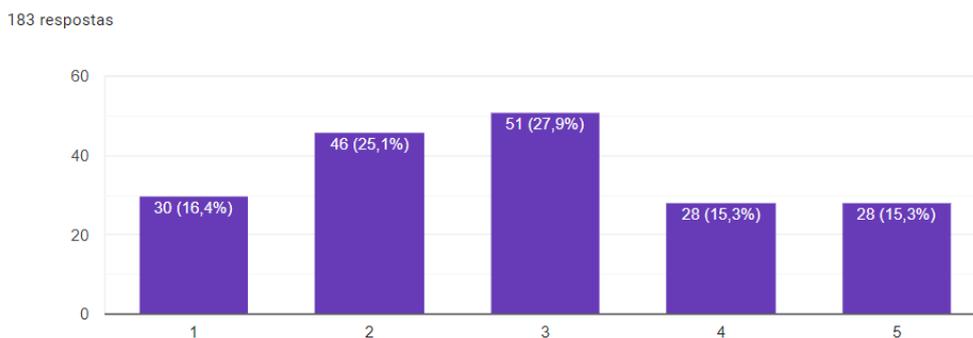
Fonte: Autor (2024).

Nessa questão quase que de forma unânime, os usuários das vias consideraram o pavimento intertravado de concreto como durável, ou seja, o mesmo não se deteriora facilmente com o tempo. Apenas 6,0% dos participantes não consideram o pavimento durável em algum grau. Observa-se aqui que, os usuários percebem a durabilidade do pavimento por conta do seu longo tempo de existência do pavimento, acredita-se que esse seja um fator bem observado.

5ª pergunta: Como usuário das vias pavimentadas com blocos intertravados de concreto que dão acesso a praça Eloy Coelho no centro de Balsas-MA “praça do Banco do Brasil” , você considera que esse tipo de pavimento desempenha de forma eficiente, ou seja, permite que todos os usuários utilizem as vias sem nenhum problema?

pontuação (1 → ruim; 2 → regular; 3 → bom; 4→ muito bom; 5 → excelente)

Figura 40 - Respostas da Questão 5



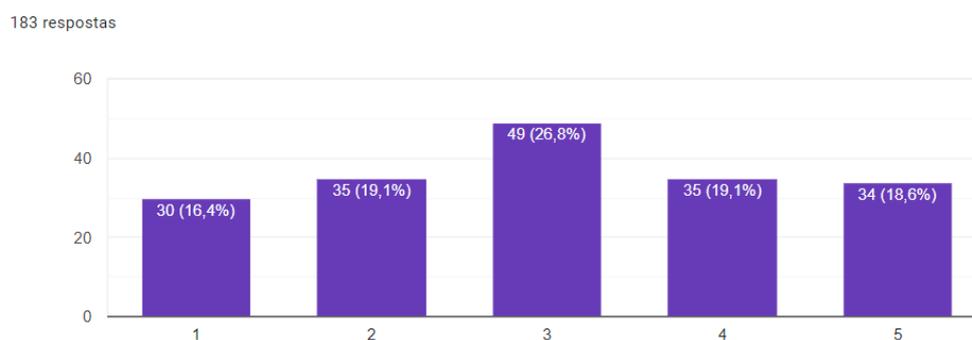
Fonte: Autor (2024).

Nessa questão 41,50% dos participantes não concorda que o pavimento desempenha seu papel, de forma eficiente, no contexto atual. Desta forma, pode-se compreender que os usuários ainda, em sua maioria acreditam que o pavimento intertravado de concreto encontra-se de forma eficiente, porém é importante que as manutenções corretivas e preventivas sejam executadas, a fim de melhorar a percepção dos usuários nesse quesito. Acredita-se ainda, que o tipo de veículo do usuário, em uso na via possa ter alguma influência nessa resposta, pois os usuários de motocicleta ou bicicleta, estão mais expostos a intempéries nas vias.

6ª pergunta: Como usuário das vias pavimentadas com blocos intertravados de concreto que dão acesso a praça Eloy Coelho no centro de Balsas-MA “praça do Banco do Brasil”, você considera que esse tipo de pavimento é adequado, mesmo em dias de chuva forte, permitindo o escoamento superficial da água da chuva sem muitos problemas para a trafegabilidade?

pontuação (1 → ruim; 2 → regular; 3 → bom; 4→ muito bom; 5 → excelente).

Figura 41 - Respostas da Questão 6



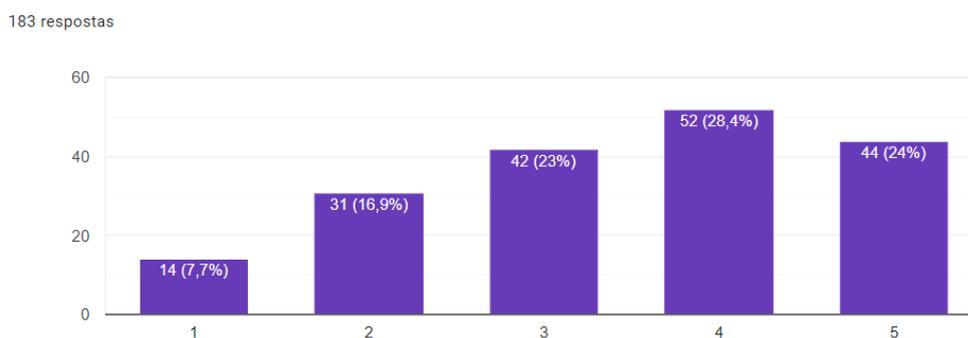
Fonte: Autor (2024).

Observa-se que 64,50% dos usuários classificaram as condições de trafegabilidade do pavimento em dias de chuva como bom, muito bom ou excelente. Porém, é preocupante o resultado de 16,40% dos participantes, ao escolherem a opção “ruim” nesse quesito, uma vez que esse tipo de pavimento permite que o escoamento superficial funcione bem. Segundo Godinho (2009), o pavimento intertravado proporciona um melhor nível de infiltração das águas no pavimento, o que não ocorre por exemplo em outros tipos como o asfáltico que é muito pouco permeável. Acredita-se, que o tipo de veículo utilizado na via, pode ter influenciado na resposta do usuário nessa questão, pois a maioria dos usuários das vias trafegam em veículos fechados como por exemplo em veículos leves ou pick-up.

7ª pergunta: Como usuário das vias pavimentadas com blocos intertravados de concreto que dão acesso a praça Eloy Coelho no centro de Balsas-MA “praça do Banco do Brasil”, você considera que nesse tipo de pavimento, o conforto térmico em dias de muito de calor é melhor que em outros tipos de pavimento como por exemplo o asfáltico?

pontuação (1 → ruim; 2 → regular; 3 → bom; 4 → muito bom; 5 → excelente)

Figura 42 - Respostas da Questão 7



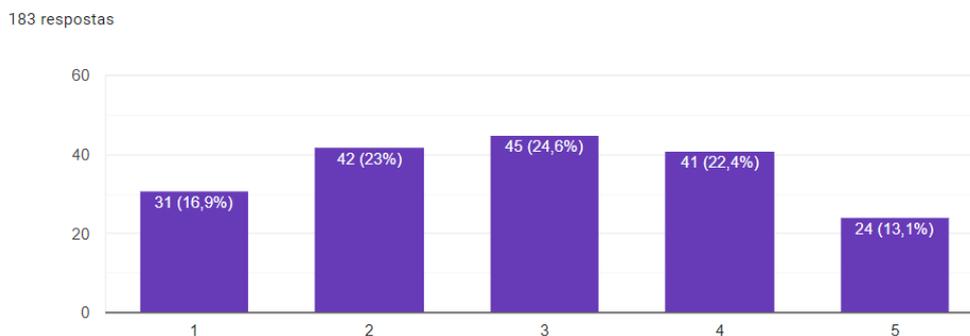
Fonte: Autor (2024).

Nessa questão, apenas 8,3% dos participantes, não concordam que o pavimento intertravado de concreto proporciona um conforto térmico melhor que outros tipos de pavimentos. Porém a maioria dos participantes, em torno de 73% concordam que o conforto térmico nesses tipos de pavimentos é “Bom”, “Muito bom” ou “Excelente”, ou seja, a percepção da maioria dos participantes estabelece um ponto de convergência com os estudos, sobre o conforto térmico em pavimentos (ACBP, 2004; Rodrigues *et al.*, 2010). Nesse sentido, é possível que os usuários de motocicleta ou bicicleta, por estarem mais expostos que os outros, tenham sido influenciados nessa resposta. Conforme estudos de Filgueiras (2019), a temperatura em um pavimento intertravado de concreto é bem menor em relação ao pavimento asfáltico. Portanto, esses usuários foram favorecidos em relação a temperatura nesse ambiente, mesmo em dia de muito calor.

8ª pergunta: Como usuário das vias pavimentadas com blocos intertravados de concreto que dão acesso a praça Eloy Coelho no centro de Balsas-MA “praça do Banco do Brasil”, você considera que nesse tipo de pavimento, a iluminação à noite é melhor que em outros tipos de pavimento como por exemplo o asfáltico?

pontuação (1 → ruim; 2 → regular; 3 → bom; 4 → muito bom; 5 → excelente)

Figura 43 - Resultado da Questão 8



Fonte: Autor (2024).

Apenas 16,90% dos participantes, optaram em dizer que a iluminação das vias com esse tipo de pavimento é insuficiente. E uma grande maioria, 60,10% classificou como “Bom”, “Muito bom” ou “Excelente”. É importante ressaltar que o nível de luminância nesse tipo de pavimento no período noturno é melhor que em outros tipos como por exemplo o asfáltico, pois apresenta melhor refletância segundo (Godinho, 2009). Portanto, a maioria dos usuários pesquisados conseguem perceber essa vantagem que o pavimento intertravado apresenta em relação ao pavimento asfáltico.

7 CONCLUSÃO

Neste trabalho, o objetivo principal foi avaliar um pavimento intertravado de concreto construído, sem muito rigor técnico no centro da cidade de Balsas-MA há quase quatro décadas, com enfoque predominante, na durabilidade e eficiência do mesmo. A partir de uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, de ensaios realizados em laboratório com amostras do pavimento e um levantamento qualitativo das percepções dos usuários das vias sobre o pavimento em questão, foi possível com clareza, formular uma conclusão.

No caso específico da durabilidade e eficiência de um pavimento intertravado de concreto, foi possível constatar que o mesmo, depende dos materiais utilizados e das manutenções necessárias ao pavimento. Nesse caso, foi possível observar durante o manuseio das peças, por ocasião da avaliação dimensional, que os blocos amostrais apresentam materiais como agregados finos “areia fina e média” e agregados grossos “brita de seixos”. Pode-se constatar ainda, que o processo de confecção dos blocos na época foi meramente artesanal, isto é, sem o rigor de qualidade, no que se refere à produção das peças.

No que diz respeito à inspeção do pavimento, muitos problemas foram identificados, tais como: fissuras e trincas nas peças, afundamento e levantamento de peças, descontinuidade de contenção lateral, desgaste excessivo das peças e etc. Em seguida foi sugerido soluções para os problemas apresentados, conforme orienta o manual técnico da (ABCP, 1999).

Ressalta-se que os resultados dos ensaios realizados, evidenciam alguns parâmetros do pavimento em estudo, sendo que os mesmos, não estão de acordo com a norma brasileira vigente, (ABNT 2013). A título de exemplo, cita-se o ensaio de resistência característica a compressão, onde apenas uma das oito peças passou no teste com resistência superior a 35 MPa exigido pela norma vigente, apresentando a média da resistência, característica estimada muito abaixo do limite mínimo da norma brasileira. Sabe-se que a resistência característica a compressão é um parâmetro fundamental, para se determinar a durabilidade e eficiência de um pavimento intertravado, por garantir a qualidade de um produto com excelente acabamento. É importante lembrar que em muitos países como Inglaterra e Holanda esse parâmetro está numa faixa entre 45 MPa e 55 MPa.

Outro ponto observado foi o desgaste das peças registrado no ensaio de avaliação dimensional, em que, verificou-se uma altura média das peças inferior à sua altura de fabricação estimada de 10 cm. O fator tempo pode ter contribuído para o desgaste das peças, ou ainda, as condições de tráfego de veículos no pavimento, bem como a qualidade dos materiais empregados, ou mesmo pela ausência de manutenção apropriada durante esses anos.

No ensaio de absorção de água, todas as peças apresentaram um valor final dentro do parâmetro normativo que é inferior a 7%. Esse parâmetro é importante, pois para que o concreto melhore sua capacidade de resistir às agressões associadas à penetração de água é fundamental que a dosagem dos materiais em sua fabricação seja adequada e isso influencia diretamente na sua resistência e qualidade final.

Com base na realização do questionário qualitativo, acerca das percepções dos usuários, referente às condições das vias em estudo, constatou-se que eles observaram, algumas vantagens, nesse tipo de pavimento, como por exemplo a durabilidade e o conforto térmico. Porém, os referidos usuários, sinalizam que o pavimento, já não oferece a segurança necessária e apresenta um comprometimento. Convém destacar que, em se tratando do conforto térmico e a iluminação das vias com blocos intertravados, os usuários de motocicleta e bicicleta podem ter sido influenciados, em suas respostas, uma vez que eles estão em maior exposição ao ambiente, que outros usuários, os quais utilizam as vias por meio de veículos fechados.

Portanto, o pavimento intertravado de concreto apresentou uma certa durabilidade e eficiência durante todos esses anos, entretanto, em se tratando dos dados apresentados na presente pesquisa, torna-se necessário um plano de manutenção eficiente, a partir da escolha dos materiais a serem utilizados na fabricação das peças de concreto, de modo a garantir a durabilidade e eficiência do pavimento, possibilitando o atendimento das necessidades básicas exigidas, para garantir a segurança dos usuários, até que o poder público municipal planeje e execute uma futura substituição total do pavimento, de preferência do mesmo tipo, de forma a preservar sua relevância histórica e seu caráter sustentável.

REFERÊNCIAS

ABCP, Associação Brasileira de Cimento Portland. **Construção de Pavimentos de Blocos de Concreto BT-135**. São Paulo, 1999. Disponível em: <https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2019/03/BT-135_Construcao_Pavimentos_Blocos_Concreto.pdf> Acesso em: 25 mar. 2024.

ABCP, Associação Brasileira de Cimento Portland. **Pavimentação: Execução peça a peça**. PIV 01-V3, Versão 3.0, Setembro 2004.

ABCP, Associação Brasileira de Cimento Portland. **Manual de Pavimento Intertravado: Passeio Público**. 1. ed. São Paulo: ABCP, 2010. Disponível em: <<https://abcp.org.br/download/?search=Passeio%20p%C3%BAblico>> Acesso em: 25 mar. 2024.

ABCP, Associação Brasileira de Cimento Portland. **Melhores Práticas: Pavimento Intertravado Permeável**. São Paulo: ABCP, 2011. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/publicacoes/melhores-praticas-pavimento-intertravado-permeavel>. Acesso em: 03 de jun. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT. NBR 15953** - Pavimento intertravado com peças de concreto Execução. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT. NBR 9781** - Peças de concreto para pavimentação Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

ARY JUNIOR, I. J. **Pavimento intertravado como ferramenta de moderação do tráfego nos centros comerciais de travessias urbanas** – estudo de caso Guaiúba, CE. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/4880/1/2007_dis_ijaryjunior.pdf. Acesso em 30 de março de 2024.

BEATY, A.N.S.; RAYMOND, G.P. (1995) *“Concrete block road paving”*. Concrete International, Michigan, v.17, n.5, p.36-41, May 1995. Disponível em: <https://trid.trb.org/View/483510>. Acesso em: 20 de maio de 2024.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P. e SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica, Formação Básica para Engenheiros**. 1 ed. Rio de Janeiro: Petrobrás, 2022.

BLOCOCASA, e-commerce. **Pisos Intertravados**. Disponível em: <<https://www.blocasapre.com.br/pisos-intertravados-raquete/>> Acesso em: 06 de abr. de 2024.

CARVALHO, D. B. A.; **Considerações sobre a utilização de pavimentos intertravados e betuminosos em áreas urbanas**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/4295>. Acesso em 21 de maio de 2024.

CNT, Confederação Nacional dos Transportes. **Relatório de Pesquisa Rodoviária**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.itl.org.br/jspui/handle/123456789/147>>. Acesso em: 05 de jun. de 2024.

COSTA, A. V.; GUMIERI, A. G.; BRANDÃO, P. R. G. **Piso intertravado produzido com rejeito de sinter feed**. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 1-16, abr. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/riem/a/7bQRPjPQGfWVrpXVyCvg6bR/>. Acesso em: 20 junho 2024.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT. IPR-719 - Manual de Pavimentação**. 2ª ed. Brasília, 2006.

FERNANDES, I. D. **Blocos e Pavers: produção e controle de qualidade**. 7º ed. Ribeirão Preto, São Paulo: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais LTDA, 2016. 200 p.

FERREIRA, R. **Pavimento intertravado de concreto x pavimento asfáltico**. PINI, São Paulo, Edição 125, 2011. Disponível em: <https://repositorio2.uniftc.edu.br/bitstreams/696efc22-d65c-4074-9872-8826fcbd1409/download>. Acesso em 23 de março de 2024.

FILGUEIRAS, G. C. **Comparação entre os projetos de pavimento asfáltico e pavimento intertravado para fins de execução do sistema viário de um condomínio horizontal em Senador Canedo**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFGO), Goiânia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ifg.edu.br/handle/prefix/378>. Acesso em: 13 de março de 2024.

LIMA FILHO, J. M. D. L. F., COSTA JUNIOR, G. N.; **Pavimentação Asfáltica com utilização de borracha como agregado sob uma visão teórica**. Brazilian Journal Of Development, 19533. Curitiba, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/8788> . Acesso em 05 de abril de 2024.

FIORITTI, C. F. **Pavimentos Intertravados de Concreto Utilizando Resíduos de Pneu como Material Alternativo**. 2007. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-27092007-184727/pt-br.php/en.php>. Acesso em: 28 de março de 2024.

GATTI, B. A. **Estudos quantitativos em educação**. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.30, n.1, p. 11-30, jan./abr. 2004.

GODINHO, D. P. **Pavimento Intertravado: Uma Reflexão sob a Ótica da Durabilidade e Sustentabilidade**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/MMMD-8PDDFY/1/disserta__o__dalter.pdf> Acesso em: 20 de março de 2024.

HALLACK, A. **Dimensionamento de pavimentos com revestimento de peças pré-moldadas de concreto para áreas portuárias e industriais. 1998.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo. São Paulo. 1998.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (**IBGE**). Central do maranhão – PIB . Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/central-do-maranhao/pesquisa/38/47001?tipo=ranking>>. Acesso em: 02 de maio de 2024.

LIMA, B. dos S. **Análise de custos dos materiais entre pavimentos asfálticos e intertravados com peças de concreto Pré-moldadas.** Trabalho de conclusão de Curso (TCC) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, (UTFPR), Campo Mourão, 2023.

MARCHIONI, M.; SILVA, C. O. **Pavimento Intertravado Permeável - Melhores Práticas.** São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), 2011.

MINAYO, M. C. **O desafio do conhecimento.** São Paulo: HUCITEC-ABRASCO 1994.

OLIVEIRA, C. S. de. **Análise comparativa técnico-econômica entre os pavimentos de concreto asfáltico e blocos intertravados de concreto.** 2018. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – UNISINOS, São Leopoldo, 2018.

PEDRAS DELIVERY, e-commerce **Piso Intertravado sextavado.** Disponível em: <<https://www.pedrasdelivery.com.br/piso-intertravado-sextavado>> Acesso em: 06 de abr. de 2024.

SANTANA, H. **A Filosofia dos Calçamentos na Pavimentação Urbana.** In: Reunião de Pavimentação Urbana da Associação Brasileira de Pavimentação, 4. Anais, ABPC, Maceió, 1993.

SHACKEL, B.; **Design an construction of interlocking concrete block pavements.** London, Elsevier. 1990. Disponível em: <https://catalog.loc.gov/vwebv/search?searchCode=LCCN&searchArg=90045489&searchType=1&permalink=y>. Acesso em 26 de março de 2024.

SILVA, E. M C.; DEUS, L. A.; SANTOS, H. DOS.; SANTOS, C. B. Pavimentação intertravada com bloquete sextavado. **Revista Ibero - Americana de Humanidades, Ciências e Educação- REASE**, São Paulo, set. 2023.

SOARES, G. C. de S.; BRITO, D. R. do N.; DINIZ, J. N. M.; JÚNIOR, G. M. G.; NASCIMENTO, C. V. P.; COSTA, A. V. PAULA, L. E. S. de.; OLIVEIRA, W. C. de. Avaliação de manifestações patológicas em blocos de pavimento intertravado em uma via na cidade de Imperatriz – MA: estudo de caso. **Revista Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, V.16, n.12. 2023. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/3713>. Acesso em 10 de mar de 2024.

VAKS; G. L.; **Métodos de Dimensionamento de Pavimento Permeável – Estudo de caso de estacionamento comercial.** 2018. Projeto de Graduação apresentado ao

curso de Engenharia Civil – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10025407.pdf>. Acesso em 16 de mar. de 2024.

RIBEIRO, T. P.; **Estudo Descritivo das Principais Patologias em Pavimento Flexível**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Edição 04. Ano 02, Vol. 01. pp 733-754, Julho de 2017. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/pavimento-flexivel>. Acesso em: 18 de jun. de 2024.

RODRIGUES, A. S.; GANDRA, C. P.; TAKEUCHI, F. A.; VASCONCELOS, S. C. de. **Efeitos da Pavimentação asfáltica em comparação ao concreto quanto às ilhas de calor**. *Revista Ciências do Ambiente*, v. 6, n. 3, 2010. Disponível em: <http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/nova/index.php/be310/article/viewFile/257/200>. Acesso em: 06 jun. 2024.

ROJAS, G. M.; RODRIGO, C. R.; **Metodologia de diseño y colocacion de mezclas drenantes**. Temuco - Chile: Laboratorio Nacional de Vialidad, 1999. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/60823330/248065286-METODOLOGIA-DE-DISENO-Y-COLOCACION-DE-MEZCLAS-DRENANTES-pdf20191007-32950-11s9dfx.pdf> Acesso em: 05 de jun. de 2024.

APÊNDICE A – Questionário aplicado

Modelo do questionário qualitativo aplicado sobre as percepções dos usuários das vias pavimentadas com blocos intertravados de concreto “bloquetes” que dão acesso a praça Eloy Coelho no centro de Balsas/MA.

Q.1 – Você costuma utilizar com frequência as vias pavimentadas com blocos intertravados de concreto “bloquetes” que dão acesso à praça Eloy Coelho "praça do Banco do Brasil" no centro da cidade de Balsas-MA?

() Sim () Não

Q.2 – Se você respondeu “**Sim**” a questão anterior, qual o meio de transporte que você mais utiliza, quando passa pelas vias mencionadas “bloquetes” que dão acesso a praça Eloy Coelho "praça Banco do Brasil" no centro da cidade de Balsas-MA?

() Veículo leve (carro passageiro, pick-up)

() Motocicleta ou bicicleta

() Caminhonete

() Mais de uma das opções acima

() respondi “Não” a questão anterior

Q.3 – Como você **classifica** as vias pavimentadas com blocos intertravados de concreto “bloquetes” que dão acesso a praça Eloy Coelho no centro da cidade “praça do Banco do Brasil”?

pontuação (1 → ruim; 2 → regular; 3 → bom; 4→ muito bom; 5 → excelente)

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Q.4 – Como usuário das vias pavimentadas com blocos intertravados de concreto que dão acesso a praça Eloy Coelho no centro de Balsas-MA “praça do Banco do Brasil”, **você considera esse tipo de pavimento durável, ou seja, que não se deteriora em pouco tempo?**

pontuação (1 → ruim; 2 → regular; 3 → bom; 4→ muito bom; 5 → excelente)

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Q.5 – Como usuário das vias pavimentadas com blocos intertravados de concreto que dão acesso a praça Eloy Coelho no centro de Balsas-MA “praça do Banco do Brasil”, **você considera que esse tipo de pavimento desempenha de forma eficiente, ou seja, permite que todos os usuários utilizem as vias sem nenhum problema?**

pontuação (1 → ruim; 2 → regular; 3 → bom; 4→ muito bom; 5 → excelente)

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Q.6 – Como usuário das vias pavimentadas com blocos intertravados de concreto que dão acesso a praça Eloy Coelho no centro de Balsas-MA “praça do Banco do Brasil”, ***você considera que esse tipo de pavimento é adequado, mesmo em dias de chuva forte, permitindo o escoamento superficial da água da chuva sem muitos problemas para a trafegabilidade?***

pontuação (1 → ruim; 2 → regular; 3 → bom; 4→ muito bom; 5 → excelente)

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Q.7 – Como usuário das vias pavimentadas com blocos intertravados de concreto que dão acesso a praça Eloy Coelho no centro de Balsas-MA “praça do Banco do Brasil”, ***você considera que nesse tipo de pavimento, o conforto térmico em dias de muito de calor é melhor que em outros tipos de pavimento como por exemplo o asfáltico?***

pontuação (1 → ruim; 2 → regular; 3 → bom; 4→ muito bom; 5 → excelente)

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Q.8 – Como usuário das vias pavimentadas com blocos intertravados de concreto que dão acesso a praça Eloy Coelho no centro de Balsas-MA “praça do Banco do Brasil”, ***você considera que nesse tipo de pavimento, a iluminação à noite é melhor que em outros tipos de pavimento como por exemplo o asfáltico?***

pontuação (1 → ruim; 2 → regular; 3 → bom; 4→ muito bom; 5 → excelente)

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5