

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**BARBARA DOS SANTOS LIMA**

**ANÁLISE DE CUSTOS DOS MATERIAIS ENTRE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS E  
INTERTRAVADOS COM PEÇAS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADAS**

**CAMPO MOURÃO**

**2023**

**BÁRBARA DOS SANTOS LIMA**

**ANÁLISE DE CUSTOS DOS MATERIAIS ENTRE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS E  
INTERTRAVADOS COM PEÇAS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADAS**

**COST ANALYSIS OF MATERIALS BETWEEN ASPHALT PAVEMENTS AND  
INTERLOCKED WITH PRECAST CONCRETE PIECES**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para a obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr.a. Eliana Fernandes dos Santos.

**CAMPO MOURÃO**

**2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

# **ANÁLISE DE CUSTOS DOS MATERIAIS ENTRE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS E INTERTRAVADOS COM PEÇAS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADAS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr.a. Eliana Fernandes dos Santos.

Data de aprovação:  
09/11/2023

---

Eliana Fernandes dos Santos  
Doutorado em Infraestrutura de Transportes  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Ewerton Clayton Alves da Fonseca  
Doutorado em Geotecnia  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

José Wilson dos Santos Ferreira  
Doutorado em Geotecnia  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**CAMPO MOURÃO**

**2023**

Dedico este trabalho a Deus,  
que foi meu sustento até aqui,  
e à minha família,  
meu primeiro milagre.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por não desistir de mim, mesmo quando nem eu mesma acreditava que podia continuar.

Aos meus pais, Rogério e Vivian Lima, por todos estes anos de amor infinito, apoio e me fazerem compreender que a família é o bem mais precioso que tenho na vida. Ao meu pai, que com sua sabedoria me enche de orgulho e sua determinação me ensinou a nunca desistir. A minha mãe, que me ensinou o que é amor verdadeiro, exemplo de mulher e fé.

Ao irmão Thiago, inspiração para se tornar engenheira civil, e a lembrança viva de que podemos nós superar a cada dia, e sua amada esposa Mayara, por ser a irmã e amiga em todas as horas.

Agradeço aos meus amigos que me auxiliaram nesta caminhada, Amanda Dalla Pria, Gabriel Simões, Harley Hernandes, Hellen Fernanda Paulino, José Roberto Alves, Osmar (Chaves) Junior, Thaysla Borges. Espero que entendam o quão eu amo vocês e agradeço por me ensinarem o verdadeiro significado da palavra amizade.

Agradeço a minha orientadora Prof.(a) Dr.(a) Eliana Fernandes dos Santos me guiou nesta trajetória com paciência e sabedoria.

Aos membros da banca avaliadora Prof. Dr. Ewerton Fonseca e Prof. Dr. José Ferreira, pela disposição em participar deste trabalho, contribuindo com a sua melhoria.

A todos que me auxiliaram a chegar até aqui.

“Não fui eu que ordenei a você?  
**Seja forte e corajoso!**  
Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus,  
estará com você por onde você andar”.  
(JOSUÉ 1:9)

## RESUMO

Este trabalho teve por objetivo realizar uma análise de custos entre pavimentos asfálticos e intertravados com blocos de concreto pré-moldados dimensionados para diferentes níveis de tráfego, a partir de estudos anteriores acerca do dimensionamento de pavimentos flexíveis pelo método DNER, foram dimensionados pavimentos intertravados pelo método concebido pela Associação Brasileira de Cimento Portland para diferentes valores de tráfego. Para o levantamento de custos das estruturas foi utilizada a tabela do Sistema Nacional de Custos. Após a análise dos custos, verificou-se que os pavimentos asfálticos apresentaram valores mais elevados do que os pavimentos intertravados. Essa diferença revelou que os custos dos pavimentos intertravados são de aproximadamente 30% dos custos dos pavimentos flexíveis. Isto ocorreu em função do emprego do concreto asfáltico na camada de revestimento, que aumentou consideravelmente os valores das estruturas. Conclui-se que os pavimentos intertravados pode ser uma alternativa à pavimentação asfáltica, quando a aplicação desses se torna inviável, seja por motivo técnico ou motivos econômicos.

**Palavras-chave:** Blocos Intertravados. Concreto Asfáltico. Método. Pavimento. Tráfego.

## **ABSTRACT**

The objective of this work was to perform a cost analysis between asphalt pavements and interlocked pavements with precast concrete blocks designed for different levels of traffic. Based on previous studies regarding the flexible pavement design using the DNER method, interlocked pavements were designed using the method conceived by the Brazilian Portland Cement Association for different traffic values. The National Cost System table was used for the cost assessment of the structures. After the cost analysis, it was found that asphalt pavements had higher values compared to interlocked pavements. This difference revealed that the costs of interlocked pavements are approximately 30% of the costs of flexible pavements. This occurred due to the use of asphalt concrete in the surface layer, significantly increasing the values of the structures. It is concluded that interlocked pavements can be an alternative to asphalt pavement when the application of the latter becomes unfeasible, either for technical or economic reasons.

**Keywords:** Interlocked Blocks. Asphaltic. Concrete. Method. Pavement. Traffic.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Disposição das camadas de pavimento tipo flexível .....	20
Figura 2 - Distribuição das tensões nos três tipos de pavimentos.....	22
Figura 3 - Estrutura de um pavimento intertravado com peças de concreto pré- moldadas .....	26
Figura 4 - Formato mais comuns de blocos.....	28
Figura 5 - Padrões de arranjo mais comuns de blocos.....	29
Figura 6 - Efeito relativo de diversas cargas por eixo simples.....	34
Figura 7 - Espessura necessária de sub-base .....	35
Figura 8 - Espessura necessária para camada de base .....	36
Figura 9 - Estrutura do Pavimento Asfáltico 1 para N igual a $2,5 \times 10^6$ .....	38
Figura 10 - Estrutura do Pavimento Asfáltico 2 para N igual a $7,5 \times 10^6$ .....	38
Figura 11 - Estrutura do Pavimento Asfáltico 3 para N igual a $2,5 \times 10^7$ .....	39
Figura 12 - Espessuras de sub-base em função do valor N .....	43
Figura 13 - Espessura necessária da base para N igual a $2,5 \times 10^7$ .....	44
Figura 14 - - Estrutura do pavimento PI1 .....	45
Figura 15 - Estrutura do pavimento .....	46
Figura 16 - Estrutura do pavimento .....	46
Figura 17 - Comparação do valor entre os pavimentos asfático PA1 e intertravado PI1 por $m^3$ .....	50
Figura 18 - Comparação do valor entre os pavimentos PA2 e intertravado PI2 por $m^3$ .....	50
Figura 19 - Comparação do valor entre os pavimentos PA3 e intertravado PI3 por $m^3$ .....	51
Figura 20 - Correlação quantitativa entre os pavimentos .....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores do número N empregados.....	37
Tabela 2 - Valores de CBR para os dimensionamentos.....	38
Tabela 3 - Espessura e Resistência dos Blocos de Revestimento .....	42
Tabela 4 - Nomenclatura dos Pavimentos.....	45
Tabela 5 - Custo total da execução do pavimento asfáltico PA1 por m <sup>3</sup> .....	47
Tabela 6 - Custo total da execução do pavimento asfáltico PA2 por m <sup>3</sup> .....	48
Tabela 7 - Custo total da execução do pavimento asfáltico PA3 por m <sup>3</sup> .....	48
Tabela 8 - Custo total da execução do pavimento intertravado PI1 por m <sup>3</sup> .....	49
Tabela 9 - Custo total da execução do pavimento intertravado PI2 por m <sup>3</sup> .....	49
Tabela 10 - Custo total da execução do pavimento intertravado PI3 por m <sup>3</sup> .....	49

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível
BDI	Benéficos e Despesas Indiretas
CBR	California Bearing Ratio
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CAP	Cimento Asfáltico de Petróleo
CNT	Confederação Nacional do Transporte
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte
IBP	Instituto Brasileiro do Petróleo e Gás
MeDiNa	Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos
N	Número N
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisas de custo e Índice da Construção Civil

## LISTA DE SÍMBOLOS

cm	Centímetros
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
m <sup>3</sup>	Metros Cúbicos

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
2.1	Objetivo geral.....	18
2.2	Objetivos específicos.....	18
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>19</b>
3.1	Pavimentos: Conceitos Fundamentais.....	19
3.2	Pavimentos Asfálticos .....	22
3.3	Revestimentos de Peças de Concreto Pré-Moldadas .....	26
3.4	Formato dos Blocos .....	27
3.5	Espessura dos Blocos .....	28
3.6	Padrão de Arranjo .....	28
3.7	Processo Executivo .....	30
3.8	Vantagens Técnicas dos Pavimentos Intertravados .....	30
3.9	Pavimentos Intertravados em Rodovias.....	31
3.10	Dimensionamento dos Pavimentos: Tráfego.....	32
3.11	Dimensionamento dos Pavimentos Intertravados .....	33
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>37</b>
4.1	Número N .....	37
4.2	Dimensionamentos dos Pavimentos Asfálticos .....	37
4.3	Dimensionamentos dos Pavimentos Intertravados .....	39
4.4	<b>Materiais Constituintes das Camadas dos Pavimentos.....</b>	<b>40</b>
4.4.1	Materiais constituintes das camadas dos pavimentos asfálticos .....	40
4.4.2	Materiais constituintes das camadas dos pavimentos intertravados .....	40
4.5	<b>Levantamentos de Custo pela Tabela da SINAPI .....</b>	<b>40</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>42</b>
5.1	<b>Dimensionamento dos Pavimentos de Blocos Intertravados .....</b>	<b>42</b>
5.1.1	Espessura dos blocos de concreto e camada de assentamento.....	42
5.1.2	Camada de sub-base dos pavimentos intertravados.....	43
5.1.3	Camada de base das dos pavimentos intertravados .....	44
5.1.4	Pavimento Intertravado PI1 com $N 2,5 \times 10^6$ .....	45
5.1.5	Pavimento Intertravado PI2 com $N 7,5 \times 10^6$ .....	45
5.1.6	Pavimento Intertravado PI3 com $N 2,5 \times 10^7$ .....	46
<b>5.2</b>	<b>Análises de Custos .....</b>	<b>46</b>
5.2.1	Cálculo dos custos dos pavimentos asfálticos.....	47

5.2.2	Cálculo dos Pavimentos de Blocos Intertravados.....	48
5.3	<b>Análise Comparativa Quantitativa dos Pavimentos .....</b>	<b>49</b>
6	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>54</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>56</b>
	<b>APÊNDICE A: TABELAS DE REFERÊNCIA DE PREÇOS DE CUSTOS .....</b>	<b>58</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o transporte rodoviário destaca-se diante dos demais modais em prol da movimentação de cargas e pessoas, contribuindo diretamente e significativamente para o desenvolvimento socioeconômico nacional. Entretanto, de acordo com a pesquisa realizada pela Confederação Nacional do Transporte (CNT) em 2021, o Brasil apresenta 213.453 quilômetros de rodovias pavimentadas, o que equivale a apenas 12,4% da extensão total da malha rodoviária nacional.

Os pavimentos são estruturas constituídas por camadas de diferentes materiais, de forma a suportar os esforços oriundos do tráfego proporcionando segurança, conforto e economia aos usuários. Conforme os materiais que os compõem, podem ser classificados como flexíveis, rígidos ou semi-rígidos. A escolha do tipo de pavimento a ser executado é determinada por uma série de fatores que inclui disponibilidade de materiais, mão de obra, capital, e limitações técnicas.

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP (1999), o pavimento rígido é mais durável e requer menos intervenções de manutenção durante seu ciclo de vida em comparação com o pavimento flexível, que pode ter uma construção inicial vantajosa em termos de custos. Já com relação aos pavimentos intertravados, o ligante utilizado nos revestimentos asfálticos apresenta valores muito superiores às peças de concreto, tornando o processo de implantação com grandes diferenças quantitativas finais.

A pavimentação com peças de concreto pode ser vista como uma solução alternativa entre os pavimentos flexível e rígido, com vantagens qualitativas e construtivas, com o baixo custo de manutenção, visto que aproximadamente 95% dos blocos retirados podem ser reutilizados. O valor das peças, a facilidade do controle de qualidade dos blocos, a variabilidade com relação à estética e a facilidade na colocação das peças podem ser considerados atrativos para a utilização deste tipo de pavimento em pátios, vias e estacionamentos de empreendimentos de pequeno e grande porte, sendo o intuito do presente trabalho a quantificação de custos entre as soluções de pavimento flexível e com blocos intertravados.

## 2 OBJETIVOS

Nesta seção serão apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho.

- **Objetivo geral**

Realizar uma análise de custos entre pavimentos asfálticos e intertravados com blocos de concreto pré-moldados dimensionados para diferentes níveis de tráfego.

- **Objetivos específicos**

- a. Para que se cumpra o objetivo geral, se estabelecem como objetivo dimensionar pavimentos intertravados para os níveis de tráfego utilizados em estudo anterior de referência.
- b. Realizar o levantamento de custos para as estruturas de pavimentos flexíveis e intertravados;



### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão abordados os principais conceitos necessários para o entendimento do estudo realizado.

#### • Pavimentos

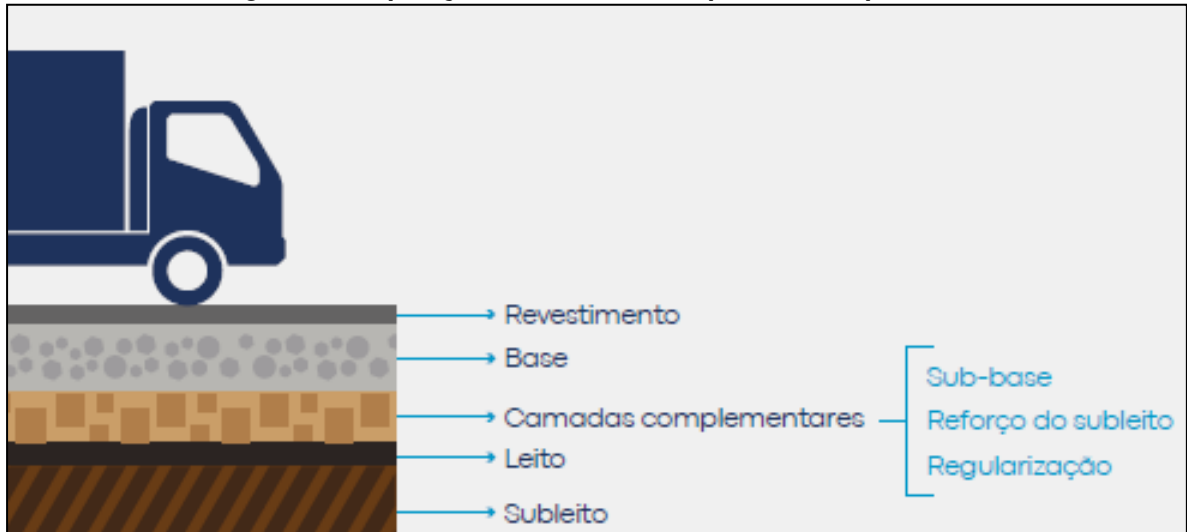
Os pavimentos são estrutura -executadas em camadas, constituídas de diferentes materiais, após os procedimentos de terraplenagem, possibilitando conforto, segurança e economia ao usuário. Para isto, as exigências mais relevantes que um pavimento deve atender são a resistência às cargas verticais e horizontais, resistência ao desgaste, baixo ruído, coeficiente de atrito que permita boa frenagem, visando menor consumo de combustível (MASCARÓ, 2016).

As camadas que compõem os pavimentos possuem densidades específicas, localizadas acima de um plano considerado hipoteticamente semi-infinito (DNIT, 2006). Considerando um determinado tráfego, a estrutura de um pavimento dependerá da densidade de cada uma das camadas, da sua resistência, das características do subleito, além da interação entre as mesmas. Logo, a seleção dos materiais empregados está associada às suas propriedades quando compactados (BERNUCCI et al., 2007).

Segundo a Confederação Nacional dos Transportes – CNT (2021), os pavimentos são construídos em camadas para minimizar os esforços verticais induzidos pela ação do tráfego e, conseqüentemente, oferecer proteção ao subleito. Esses pavimentos devem possuir pelo menos duas camadas: o revestimento e a base e, quando necessário, conforme requisitos de projeto, devem ser construídas camadas complementares à base, como: a sub-base, a de reforço do subleito e/ou a camada de regularização

A Figura 1 ilustra a disposição das camadas de uma estrutura de pavimento.

**Figura 1 - Disposição das camadas de pavimento tipo flexível**



Fonte: CNT (2021, p,46)

Destacando-se as quatro principais camadas de um pavimento (subleito, sub-base, base e revestimento) entende-se como cada uma age e qual sua função:

- **Subleito:** Resultado do estudo da topografia e terraplanagem local, sendo preparado para receber o tipo de pavimento projetado. É essencial que essa camada seja nivelada e adequadamente compactada de acordo com a cota de projeto e resultada de ensaios de laboratório. A camada está pronta para receber a consecutiva quando o *California Bearing Ratio* (CBR), índice que mede a capacidade de suporte dos materiais, for igual ou superior a 2% e a expansão volumétrica for igual ou inferior a 2%. Caso o CBR do subleito não seja atendido é necessária a substituição do material. Em algumas situações, em função do alto volume de tráfego e com o objetivo de reduzir custos, inclui-se camadas complementares (DNIT, 2006).

- **Sub-base:** Camada requerida por imposição técnico-econômica, situada entre o subleito ou reforço do subleito e a base. De acordo com alguns autores, como Shackel (1991 apud Cruz, 2003), a construção da sub-base deve ocorrer conforme necessário. Sua finalidade é semelhante à base, tendo como objetivo aumentar a resistência geral da estrutura.

- **Base:** Essa camada tem como objetivo absorver os esforços provenientes do tráfego nas vias e distribuí-los de forma a não afetar diretamente o subleito, garantindo assim sua estabilidade. Geralmente, é construída com misturas estabilizadas granulometricamente, como brita graduada simples, misturas de solo brita, etc., no caso dos pavimentos flexíveis, ou com brita graduada tratada com

cimento, solo cimento, etc., podendo formar uma baixa permeabilidade e com elevada resistência mecânica no caso dos pavimentos semi-rígidos (Cruz, 2003).

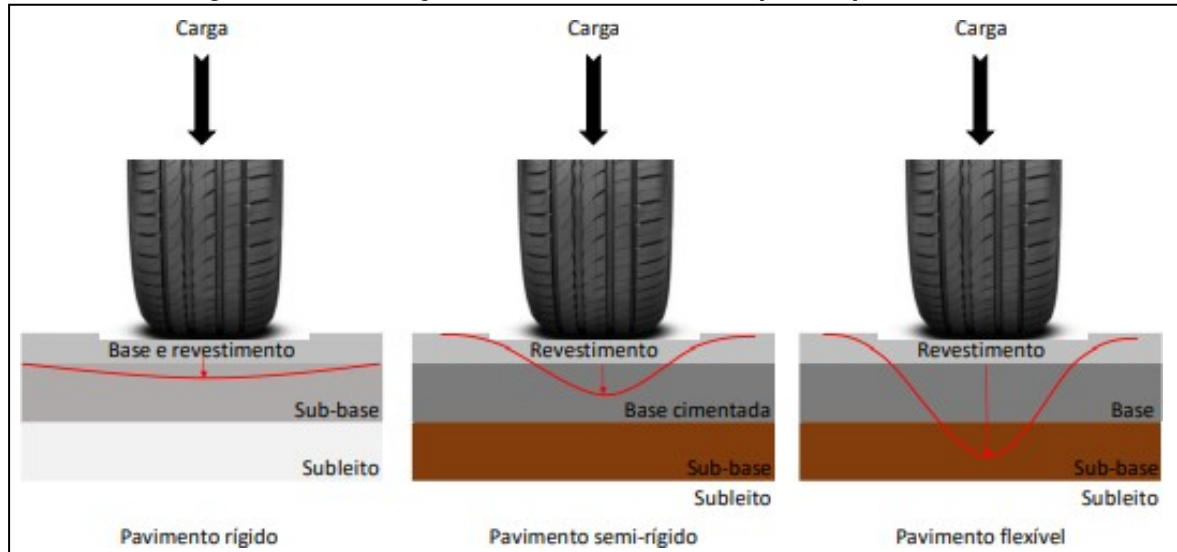
- **Revestimento:** Camada situada sobre a base, constituindo a superfície de rolamento para os veículos. Recebe diretamente a ação das cargas provenientes do tráfego. No caso dos pavimentos flexíveis ou semirrígidos, pode ser constituído por tratamentos superficiais ou concreto asfáltico. No caso dos pavimentos rígidos, o revestimento pode ser executado com placas de concreto de cimento Portland simples, armado ou protendido, interligadas por juntas longitudinais e transversais. As juntas longitudinais têm por função combater a tensões geradas por variações de temperatura e umidade. As juntas transversais combatem a fissuração gerada pela retração do concreto. A pavimentação com revestimento em peças pré-moldadas de concreto de cimento Portland constitui-se em alternativa estrutural de pavimento de modelo flexível (Cruz, 2003).

Tradicionalmente, por simplificação, a estrutura dos pavimentos é classificada em flexíveis, rígidos e semirrígidos. Os pavimentos flexíveis normalmente são formados por um revestimento betuminoso sobre camadas puramente granulares. Nesta categoria são incluídos os pavimentos de peças ou blocos de concreto intertravados instalados como revestimento (Cruz, 2003).

Os pavimentos rígidos, são feitos por revestimento executado com placas de concreto de cimento Portland, com ou sem barras de transferência, podendo ser armado ou não. Os semirrígidos apresentam camadas localizadas abaixo do revestimento (normalmente base ou sub-base) compostas de materiais cimentados como por exemplo solo cimento ou brita graduada tratada com cimento (Cruz, 2003). Entretanto, é importante ressaltar que a divergência entre os tipos de pavimentos não se restringe apenas aos materiais envolvidos em sua construção, mas também inclui a maneira da distribuição das solicitações impostas pelo tráfego ao longo de sua estrutura. Enquanto nos pavimentos rígidos as tensões são quase que totalmente absorvidas pela placa rígida de concreto, nos pavimentos flexíveis a distribuição dessas tensões ocorre de maneira gradativa, pois todas as camadas sofrem deformações elásticas significativas. Nos semirrígidos, grande parte é absorvida pela camada cimentada, a depender do material utilizado, sendo uma situação intermediária entre os rígidos e os flexíveis (PINTO & PREUSSLER, 2002).

A Figura 2 mostra a diferença de distribuição de tensões entre os três tipos de pavimentos.

**Figura 2 - Distribuição das tensões nos três tipos de pavimentos**



Fonte: Moura (2011, p.07)

De acordo com a Figura 2, uma dada carga atuante sobre um pavimento flexível impõe na estrutura um campo de tensões bastante concentrado nas proximidades do ponto de aplicação dessa carga. Em um pavimento rígido, verifica-se um campo de tensões bem mais disperso, com os efeitos da carga distribuídos de maneira semelhante em toda a dimensão da placa. Para pavimentos que possuem uma camada cimentante, as tensões e, por conseguinte, os deslocamentos apresentam-se intermediários (MOURA, 2011).

- **Pavimentos Asfálticos**

Os pavimentos flexíveis asfálticos possuem revestimento constituído por uma camada contínua de rolamento executada com concreto asfáltico ou ainda outros tipos de misturas asfálticas como, por exemplo, pré-misturados a frio e tratamentos superficiais. A espessura do revestimento, segundo o método de dimensionamento do CBR é determinado de acordo com o tráfego da região podendo ser obtidas segundo a tabela do DNIT (2006, p. 147).

Segundo Bernucci, et al. (2007), o asfalto utilizado na camada de rolamento é um ligante betuminoso derivado da destilação do petróleo, caracterizado por sua impermeabilidade e baixa reatividade. Em grande parte dos países ao redor do mundo, a pavimentação asfáltica é a opção preferencial, e o Brasil não foge à estatística, com aproximadamente 95% das vias, sejam rodovias ou ruas, sendo pavimentadas com revestimento asfáltico.

Conforme mencionado por Nakamura (2011), o CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado à Quente) ou CAUQ (Concreto Asfáltico Usinado à Quente) continua sendo a opção predominante para pavimentação. Este produto é o resultado da combinação de agregados de diferentes tamanhos e Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), que são aquecidos juntos, em usina apropriada, à uma temperatura específica, imposta pelo CAP utilizado.

A aplicação do concreto asfáltico em obras de pavimentação ocorre por diversas razões, dentre as quais se destaca sua capacidade de proporcionar uma forte adesão entre os agregados que o compõem, conferindo certa flexibilidade ao pavimento, além de ter uma boa durabilidade e impermeabilidade (Nakamura, 2011).

- **Pavimentos com Peças Pré-moldadas de Concreto**

Autores como Oliveira (2018), Silva (2016), Godinho (2009), Müller (2005), Cruz (2003), Knapton (1996), dentre outros, apresentaram em seus respectivos trabalhos uma vasta abordagem histórica descrevendo a evolução dos pavimentos intertravados através dos séculos. Assim sendo, neste item será narrado um breve histórico baseado nos relatos dos referidos pesquisadores.

Os primeiros caminhos utilizados com fins de transporte de pessoas e cargas entre as vilas e colônias são creditados aos povos Etruscos (800 a 350 a.C) que visavam vencer distâncias, preocupando-se em garantir certo nível de conforto e resistência. Para alcançar este objetivo, esses povos, através da utilização de materiais disponíveis e conhecidos na época, buscavam uma superfície o mais plana possível para poderem trafegar. Conforme Godinho (2009), as ruas das cidades Etruscas chegavam a 15 metros de largura e no seu revestimento eram adicionadas pedras de mão juntamente com um material mais fino, objetivando permitir às pessoas maior segurança quanto ao escorregamento na presença de água na superfície.

Os romanos herdaram vários dos conhecimentos sobre a construção de caminhos dos Etruscos. Com a necessidade de construir ligações entre todo o Império Romano e permitir um rápido deslocamento das tropas militares, os caminhos romanos foram construídos de diversas formas, de acordo com a importância, expectativa de utilização, disponibilidade de material, clima e topografia. Geralmente, eram constituídos por solo arenoso misturados a pedras naturais do tipo seixo rolado, já os caminhos mais utilizados eram revestidos por pedras talhadas manualmente em forma retangular. O revestimento de pedras talhadas foi o preferido

pelos Romanos, quando era exigida grande resistência ao desgaste, entretanto, sua utilização estava vinculada à disponibilidade de materiais (Godinho 2009).

Dentre as vias romanas construídas na antiguidade, a Via Ápia se destaca, sendo assim nomeada em homenagem ao político romano Appius Cláudio que iniciou sua construção em 312 a.C. Posteriormente foi ampliada para passar por províncias como Benevento, Taranto chegando até Brindisi em 264 a.C. atingindo uma extensão de 600 quilômetros. Infelizmente, grande parte desta obra foi encoberta por pavimentos modernos, porém, ainda são encontrados vestígios da mesma em alguns locais da Europa (Godinho 2009).

Já no século XVI, quando os espanhóis invadiram o Império Inca, seus expedicionários ficaram maravilhados com o sistema de estradas que encontraram ao qual é creditado um total de 40.000 quilômetros construídos. Estes se estendiam entre a Colômbia até o Chile e Argentina. Ao longo dos anos, a utilização dos caminhos para fins comerciais tornaram-se mais frequentes, exigindo mais do revestimento. A natureza das peças utilizadas na sua execução variava em função da oferta dos materiais locais (Godinho 2009).

O processo evolutivo das peças utilizadas no revestimento pode ser representado basicamente por quatro tipos de materiais; blocos de tijolos, pedra talhada, blocos de madeira e peças de concreto. Os revestimentos destes caminhos variavam entre o de pedra, para locais muito chuvosos, e o de terra batida em locais com clima seco (PREGO, 2001).

No Brasil, durante a construção do primeiro caminho pavimentado, foi utilizada a técnica análoga àquela empregada pelos romanos. A “Calçada do Lorena” que ligava São Paulo à Santos, foi construída em 1792 por iniciativa da capitania de São Paulo (SILVA, 2016).

Segundo a ABCP (2010), os antigos caminhos evoluíram inicialmente com o uso de pedras talhadas, resultando em pavimentos conhecidos como paralelepípedos. As dificuldades da produção artesanal dessas pedras (paralelepípedos) e a falta de conforto de rolamento impulsionaram o desenvolvimento das peças de concreto pré-fabricadas. Após a Segunda Guerra Mundial, os blocos passaram a ser produzidos em fábricas maiores e com grande produção na Alemanha, tomando grande impulso nos anos 70, quando chegaram ao Brasil.

No final da década de 1970, os sistemas de fabricação de peças pré-moldadas

de concreto para emprego em pavimentos proliferaram pelo mundo e cerca de 200 tipos de formas e diversos equipamentos de fabricação eram comercializados. No início da década de 1980, a produção anual ultrapassava 45 milhões de metros quadrados. A indústria mundial de fabricação dessas peças, no final da década de 1990 chegou à produção de 100m<sup>2</sup> por segundo durante os dias úteis de trabalho (MÜLLER, 2005).

- **Características dos Pavimentos Intertravados**

Segundo SHACKEL (1990), os pavimentos intertravados constituídos de peças ou blocos de concreto podem ser considerados pavimentos flexíveis, devido às suas características, que se assemelham às dos pavimentos asfálticos, tais como de distribuição de cargas, deflexões, entre outras.

O pavimento intertravado é constituído por peças de concreto, assentadas sobre camada de areia e travadas entre si. 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, sendo fundamental para o desempenho e durabilidade do pavimento.

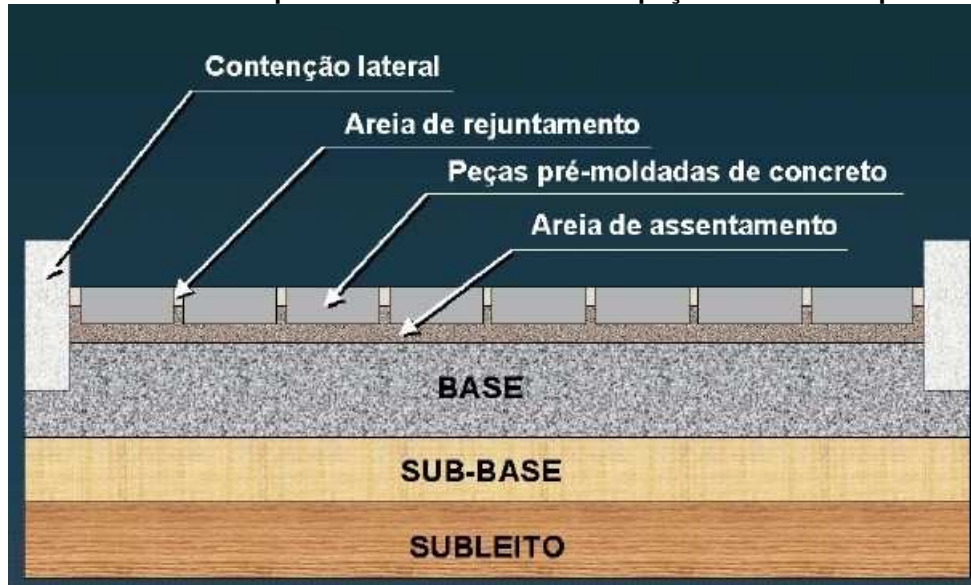
Para que alcançar o intertravamento são indispensáveis que ocorra a contenção lateral e preenchimento das juntas entre as peças com areia (ABCP, 2010).

A contenção lateral impossibilita o deslocamento lateral dos blocos da camada de rolamento enquanto a areia de selagem garante a transferência de esforços entre as peças de concreto, de maneira que eles trabalhem juntos e suportem as cargas solicitantes (ABCP, 2010).

Segundo o Estudo Técnico 37 (ET-37) da ABCP (2010), a estrutura final acabada do pavimento intertravado é composta, no máximo, dos seguintes elementos: subleito; sub-base, base, camada de assentamento e camada de revestimento. A Figura 3 representa a seção transversal típica de um pavimento intertravado, abstraídos eventuais abaulamentos ou caimentos e dispositivos de drenagem.

A camada de revestimento é formada por peças pré-moldadas que são assentadas sobre uma camada delgada de areia, devendo ser capaz de suportar as cargas e as tensões provocadas pelo tráfego, protegendo a camada de base do desgaste por abrasão e a mantendo com baixos níveis de umidade proporcionando melhor estabilidade (HALLACK, 1998; ABCP, 1999).

**Figura 3 - Estrutura de um pavimento intertravado com peças de concreto pré-moldadas**



Fonte: Müller (2005, p.19)

A base recebe as tensões distribuídas pela camada de revestimento tendo como principal função resistir e distribuir os esforços ao subleito, cerceando as deformações permanentes e a deterioração precoce da estrutura. Segundo SHACKEL (1990), dependendo da magnitude das cargas geradas pelo tráfego e das características dos materiais envolvidos na construção do pavimento, o dimensionamento poderá requerer, uma estrutura com camada de sub-base, suplementar à base, executada diretamente sobre o leito regularizado ou o reforço de subleito. Logo, as camadas constituintes de um pavimento intertravado possuem a função de distribuir a tensão normal vertical aplicada na superfície, de tal maneira que o subleito receba uma parcela muito inferior desta tensão, o que caracteriza um pavimento flexível. Contudo, vale a pena lembrar que nem todo pavimento intertravado poderá ser generalizado como sendo flexível, pois isto irá depender dos materiais empregados em suas camadas de base e sub-base. Segundo Balbo (2007), o pavimento será flexível quando além do revestimento ser constituído por misturas asfálticas, sua base e sub-base apresentarem materiais granulares. Ao empregar-se materiais cimentados nessas camadas, o pavimento terá tendência de se comportar como semirrígido, pois o modo de distribuição das tensões irá modificar.

- **Revestimentos de Peças de Concreto Pré-Moldadas**

Assim como nos demais tipos de pavimentos, a camada de revestimento



composta de peças de concreto pré-moldadas deve oferecer conforto, segurança e durabilidade ao usuário, além de suportar as tensões provenientes do tráfego, o que é alcançado por meio de suas características de intertravamento (GODINHO, 2009).

A capacidade de distribuição dos esforços da camada de revestimento depende do formato, espessura e padrão do arranjo das peças de concreto (HALLACK, 1998).

- **Quanto a o formato dos Blocos**

Existem várias opções de formatos para os blocos intertravados, sendo que alguns modelos são mais comumente utilizados. Blocos com maior quantidade de lados e pontas oferecem um intertravamento mais eficiente, uma vez que, durante o deslocamento, os lados se apoiam uns nos outros, dificultando a movimentação.

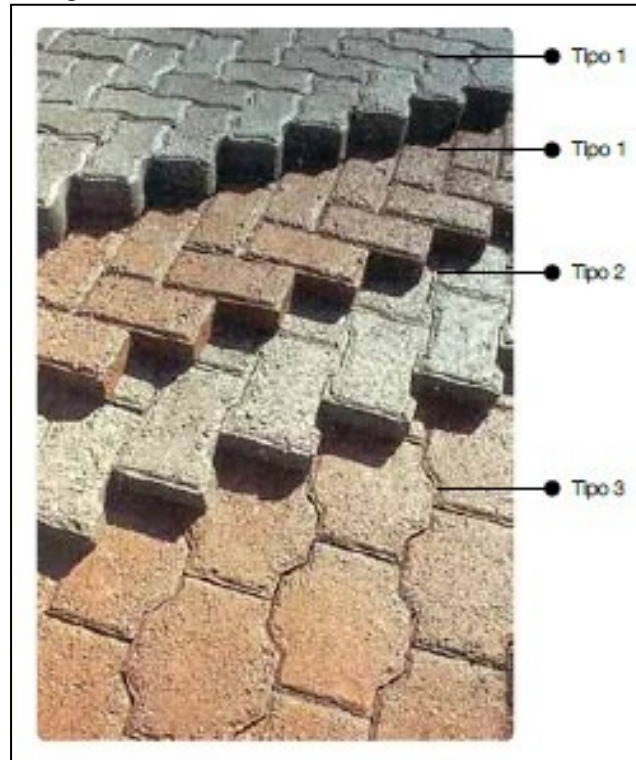
Conforme Silva (2016), blocos segmentados (com 16 faces) tendem a ter melhor desempenho sob o tráfego do que os retangulares.

O Manual de Pavimento Intertravado da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), define três tipos básicos de formatos de blocos, sendo eles:

- a) Tipo I: Constituído por formas retangulares, apresenta facilidade de produção e implantação em obra, além de facilitar a construção de detalhes nos pavimentos. Suas dimensões são, usualmente de 20 cm de comprimento por 10 cm de largura e as suas faces laterais podem ser retas, curvilíneas ou poliédricas.
- b) Tipo II: Apresenta o formato "I" e somente pode ser montado em fileiras travadas. As suas dimensões são, usualmente, 20 cm de comprimento por 10 cm de largura.
- c) Tipo III: É o bloco que, pelo seu peso e tamanho, não pode ser apanhado com uma mão só (suas dimensões são de, pelo menos, 20 x 20 cm).

A Figura 4 ilustra os três tipos mais comuns de blocos

**Figura 4 - Formato mais comuns de blocos**



Fonte: ABCP (2010, p.11)

- **Espessura dos Blocos**

Segundo Shackel (1990), um aumento na espessura das peças, dentro de um intervalo de 60 mm a 100 mm, é benéfico ao desempenho do pavimento quanto à deformação permanente. A partir de ensaios efetuados com o simulador de veículos pesados, na África do Sul, o autor verificou que as deformações permanentes eram consideravelmente menores com o aumento da espessura das peças pré-moldadas de concreto num mesmo nível de solicitação, mesmas espessuras de base.

- **Padrões de Arranjo**

Há uma variedade no padrão de arranjo de assentamento dos blocos que podem ser alcançados em função dos tipos de blocos utilizados e suas combinações.

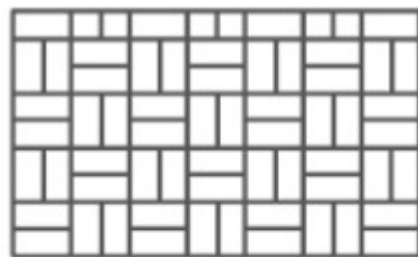
Segundo o Manual de Pavimentos Intertravados da ABCP (2010), cada padrão de assentamento deve obedecer à uma determinada sequência de montagem dos blocos, de modo a atingir o máximo rendimento. Esta sequência deve permitir o trabalho simultâneo de mais de um colocador, deslocando-se lateralmente. Para conseguir a necessária coordenação, deve-se iniciar a colocação de uma maneira

bem definida, a qual varia de acordo com o padrão de posicionamento e com o alinhamento escolhido.

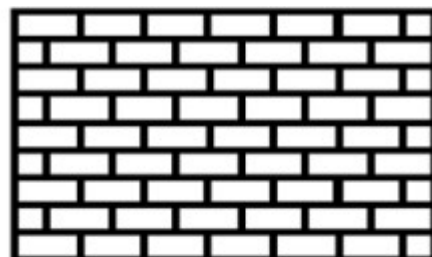
De acordo com Shackel (1990), o modelo de assentamento em forma de "espinha de peixe" é considerado o mais eficiente em termos de desempenho, pois apresenta a menor taxa de deformação permanente. O modelo de assentamento em forma de fileira mostra a maior taxa de deformação, principalmente quando ocorre no sentido do tráfego.

A Figura 5 ilustra os padrões de arranjo mais comuns em função de sua aplicabilidade e tráfego esperado.

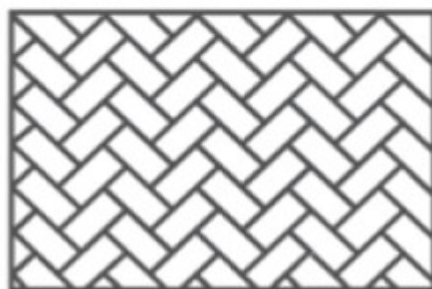
**Figura 5 - Padrões de arranjo mais comuns de blocos**



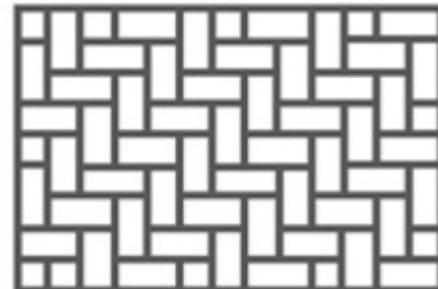
Trama (tráfego de pedestre)



Fileiras (tráfego de pedestre)



Espinha de peixe 45<sup>o</sup> (tráfego de veículos)



Espinha de peixe 90<sup>o</sup> (tráfego de veículos)

Fonte: Silva (2016, p.41)

#### • Processo Executivo

As peças de concreto necessitam ter dimensões uniformes para atingir assentamento apropriado, compactação adequada de todo o conjunto e juntas em torno de 3 milímetros preenchidas com areia fina (ABCP, 2010)

Autores como Shackel (1990), ABCP (2010) fornecem detalhadamente os procedimentos de construção de manutenção de pavimentos intertravados com blocos de concreto, porém resumidamente têm-se as seguintes etapas:

- a) Preparação do subleito: Regularização e compactação e implantação da drenagem subterrânea.

- b) Base e Sub-base: Construção conforme a definição dos materiais obtidos partir do dimensionamento. Nesta etapa ocorre implantação da contenção lateral.
- c) Camada de assentamento: Espalhamento e nivelamento da areia para o assentamento das peças de concreto e drenagem superficial.
- d) Revestimento: Colocação das peças de concreto, compactação inicial e ajustes, espalhamento da areia de selagem, compactação final, limpeza e liberação do tráfego.

Segundo Ferreira (2011), a pavimentação com blocos intertravados é amplamente escolhida devido à sua alta durabilidade, superfície plana e antiderrapante, além de sua estrutura apresentar uma cor mais clara, o que resulta em economia nas despesas de iluminação pública quando aplicados em pavimentos urbanos. Além disso, destaca-se a permeabilidade dessas vias, permitindo que a água da superfície seja absorvida e retorne aos lençóis freáticos. A implantação dos blocos intertravados pode ser feita manualmente ou através de equipamentos automatizados. Ao realizar o assentamento dos blocos de concreto, é essencial garantir seu intertravamento. Para alcançar essa condição, é necessário realizar a contenção por meio da instalação prévia de meios-fios, devidamente ancorados para resistir às forças horizontais.

O intertravamento do pavimento caracteriza-se pela resistência ao deslocamento em direções rotacionais, verticais e horizontais de cada bloco em relação a seus vizinhos sendo fundamental para o desempenho e durabilidade da estrutura e depende da contenção lateral e areia de selagem. Enquanto a contenção lateral impede o deslocamento lateral dos blocos da camada de rolamento, promovendo o intertravamento, a areia de selagem que proporciona a transferência de esforços entre os blocos, permitindo que eles trabalhem juntos, uns com os outros, e suportem as cargas solicitantes provenientes do tráfego (ABCP, 2010; SILVA, 2016).

- **Vantagens e desvantagens dos Pavimentos Intertravados**

Uma das vantagens deste tipo de pavimentos é que sua camada de rolamento é constituída de peças pré-moldadas de concreto, que podem ser produzidas tanto com máquinas simples e de pequeno porte, como também em grandes unidades automatizadas de produção. Desta maneira, a produção dos blocos pode ficar restrita à escala do pequeno produtor comercial, do grupo comunitário, de uma administração

municipal ou, no outro extremo, ficar a cargo da grande escala industrial de produção. Para a execução do revestimento destes pavimentos, não se requer muitos equipamentos sendo necessário basicamente uma placa vibro-compactadora e bastante mão-de-obra local (ABCP, 1999).

Como os blocos de concreto não são colados entre si, mas ficam soltos e permanecem apenas travados pelo atrito entre as suas faces laterais, a manutenção do pavimento é fácil. Com isto, a vida útil do pavimento pode ser prolongada consideravelmente (até 40 anos) e as peças substituídas podem ser reutilizadas em pavimentos secundários, o que significa ter pavimentos muito econômicos (ABCP, 1999).

Devido à disposição e à constituição dos blocos, esses pavimentos acabam por ter uma superfície antiderrapante, o que proporciona maior segurança aos veículos e também aos pedestres mesmo em condições de pisos molhados (ABCP, 1999).

Outro fator a ser considerado é o conforto térmico, pois as peças de concreto com pigmentação mais clara proporciona menor absorção de calor. Ressalta-se que as peças de concreto podem ser fabricadas com uma diversidade de cores e texturas o que acaba tornando-se outra vantagem, pois podem ser aplicados em ciclovias e outros tipos de vias onde se pretende destacá-las pela cor ou facilitar a sinalização (ABCP, 1999).

Como os produtos à base de cimento podem ser totalmente reciclados e reutilizados na produção de novos materiais, isto ajuda na preservação de jazidas de calcário e evita a saturação de aterros, sendo este tipo de pavimento considerado como ecológico (ABCP, 2010).

Por fim, todos os materiais necessários para a construção de um pavimento de blocos de concreto já chegam prontos na obra para o seu uso imediato, o que significa que o fornecimento dos insumos, a execução da obra e a colocação do pavimento em serviço podem ocorrer, praticamente, dentro do mesmo dia. Conforme a ABCP (1999), esta característica permite desenvolver um programa de execução por etapas sucessivas que evolui na medida da disponibilidade de recursos.

Apesar dos inúmeros benefícios associados ao uso de pavimentos intertravados, é importante salientar que isso não implica na necessidade de cobrir toda a extensão do terreno com esse tipo de revestimento. A seleção cuidadosa dos blocos, sua disposição, e a decisão de utilizar ou não o modelo vazado devem ser

direcionadas às áreas específicas destinadas a deslocamentos internos, possibilitando, assim, a preservação de áreas para cobertura vegetal em outros locais. Optar por uma cobertura excessiva resulta em custos de execução mais elevados e compromete a eficácia do sistema de drenagem (PEREIRA, 2018).

De acordo com Pereira (2018) culturalmente no Brasil, ao abordar o revestimento de ruas urbanas, a tradição associa o pavimento asfáltico ao progresso. Embora o "asfalto" desempenhe um papel crucial em rodovias e áreas de tráfego intenso, está longe de representar a solução ideal para ambientes urbanos. Contudo, a consideração "eleitoreira" muitas vezes favorece a utilização desproporcional dessa solução, apesar de suas limitações, como menor flexibilidade, vida útil mais curta e qualidade inferior, em comparação com o piso intertravado.

Os blocos com interior vazado devem ser restritos a áreas não destinadas à circulação, como vagas de estacionamento e passeios. Em locais de baixo tráfego, como ocorre em ruas ou calçadas, de maneira análoga aos pavimentos de paralelepípedos de rocha, é possível observar o desenvolvimento de vegetação entre os blocos preenchidos (não vazados). Essa característica pode ser considerada inconveniente para os usuários que preferem uma aparência totalmente pavimentada, levando a necessidade de manutenções adicionais ( PEREIRA, 2018).

- **Pavimentos Intertravados em Rodovias**

A utilização de pavimentos intertravados em vias urbanas é bastante conhecida e divulgada conforme apresenta Godinho (2009) e Oliveira (2018). Todavia, Müller (2005), comenta acerca da utilização deste tipo de pavimento em calçadas, ruas, caminhos, pisos industriais, portos, aeroportos e também em rodovias de vários locais do mundo. O referido autor, relata que a virtude principal de se construir estradas com pavimentos intertravados reside na possibilidade de ter, pelo menos durante as obras em uso intensivo de mão de obra, em torno de um dia pelo menos. Adicionalmente, ganha-se a capacitação de pessoas para este trabalho e a possibilidade de melhorar a renda das comunidades em vários serviços. Obtém-se, também, qualidade de vida, com o estímulo para uma sensação de orgulho e participação da comunidade, além, é claro, da melhoria da própria estrada.

Pavimentos rodoviários intertravados podem ser projetados para qualquer nível de tráfego (desde muito leve até muito pesado), usando o mesmo tipo de revestimento: blocos, camada de areia para assentamento e areia de rejuntamento.

Segundo Müller (2005), países como Nicarágua, Costa Rica, Colômbia lideram o

uso de pavimentos intertravados em rodovias. Na África do Sul, o referido autor, ressalta que ao centro industrial de Phuthditijhaba, em Qwa-Qwa, cerca de 300km ao sul de Johannesburgo. A estrada, em formato de “T”, possui dois trechos com extensão total de 10,9 Km de largura de 8m. Esta obra foi executada inteiramente com pavimento intertravado e foi concebida a partir de uma proposta alternativa ao projeto original que previa pavimento de concreto asfáltico. Na fase de projeto, o pavimento intertravado custava cerca de 13% a mais que a opção mais barata em concreto asfáltico, porém foi possível reduzir o custo no desenvolvimento do projeto e da obra. O projeto oferecia, também, uma alta geração de empregos, maior durabilidade e a possibilidade de produção dos blocos ao longo da rodovia, por meio de fabricantes locais. Quando vistoriado após 8,5 anos da finalização da obra, o pavimento não apresentava afundamentos ou vazios.

No Brasil são exemplos de rodovias com pavimentos intertravados a CE-176 entre Icaraizinho – Amontada, a CE-010 e CE-025, todas no estado do Ceará. Conforme a Agência Estadual de Notícias do Estado do Paraná, há um programa Estradas da Integração para implantação de estradas rurais com baixo volume de tráfego com este tipo de pavimento que irá beneficiar mais de 200 cidades como Guaporema, Loanda, Nova Aliança do Ivaí, etc.

- **Tráfego**

O tráfego desempenha um papel fundamental no dimensionamento de pavimentos, seja ele flexível rígido ou semirrígido. Para estimar o tráfego ao longo da vida útil do pavimento (período de projeto), é necessário considerar diversos fatores, como diferentes cargas, configurações de eixo e de rodas, velocidades variadas, entre outros. Na pavimentação rodoviária, é comum utilizar o parâmetro N, definido pelo número equivalente de operações de eixo simples padrão durante período de projeto selecionado.

Para determinação do número “N” utiliza-se contagens de tráfego, pesquisas da região buscando obter o tipo de veículos e porcentagem de crescimento anual da frota.

- **CBR**

Outro ponto relevante em alguns métodos de dimensionamento, como por exemplo, o dimensionamento de pavimentos com peças de concreto intertravadas, é

o CBR, utilizado para obter a resistência de materiais granulares, obtido através do ensaio *California Bearing Ratio* (CBR) sendo amplamente utilizado para estudar o comportamento do solo na pavimentação.

O CBR, por tradução Índice Suporte California (ISC), pode ser definido como a relação percentual entre a pressão necessária para fazer penetrar, de maneira padronizada, um pistão numa amostra de solo convenientemente preparada e a pressão para fazer penetrar o mesmo pistão, à mesma profundidade, numa amostra padrão de pedra britada, ou material equivalente, exigindo a pressão de 1.000 psi para a penetração de 0,1" ou 1.500 psi para a penetração de 0,2 (Senço, 2007).

No Brasil, o ensaio de CBR segue procedimentos estabelecidos por normas técnicas como a do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006) e da Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 9895:2016 (ABNT,2016). Essas normas, embora apresentem diferenças na quantidade de leituras realizadas nos ensaios, resultam em valores consistentes entre si. Elas padronizam a aparelhagem a ser utilizada, os procedimentos de coleta da amostra, a realização do ensaio e os cálculos necessários.

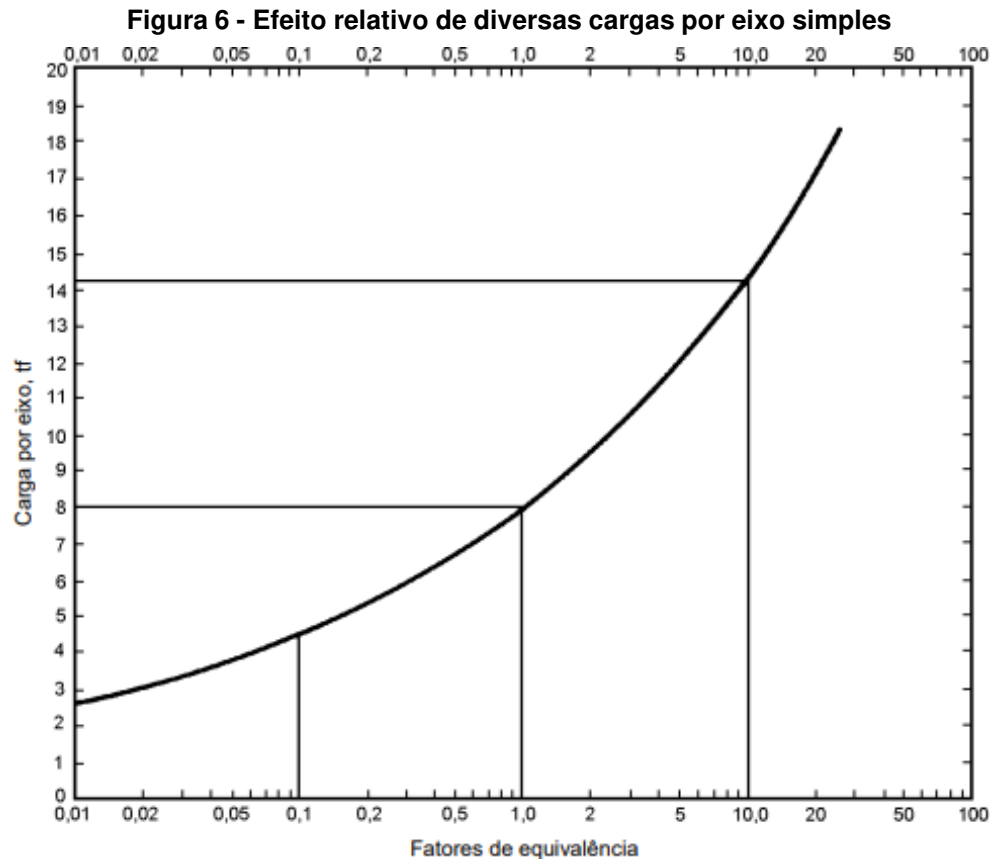
#### • **Dimensionamento dos Pavimentos Intertravados**

As espessuras das camadas constituintes dos pavimentos intertravados, como nos pavimentos asfálticos, irão depender das seguintes características: Intensidade do tráfego que circulará sobre o pavimento, características do terreno de fundação, qualidade dos materiais constituintes das demais camadas.

Conforme Carvalho (1998), o procedimento de dimensionamento sugerido pela especificação técnica ET-27 da ABCP, 1999, é uma adaptação do método concebido por A. A. Lilley e B. J. Walker, aplicando-se à pavimentos submetidos ao tráfego de veículos comerciais.

A primeira etapa está relacionada ao número equivalente de solicitações diárias de carga que permite a transformação do número previsto de solicitações de certa carga por eixo, no número de solicitações equivalentes de uma carga padrão de 8,2 tf por eixo simples. A Figura 6 ilustra o gráfico que fornece o fator de equivalência que multiplicado pelo número de solicitações diárias previstas para determinada carga, leva ao número equivalente de solicitações diárias de carga padrão. No caso de eixos tandem duplos ou triplos, considera-se a carga total como dividida por 2 ou 3 eixos simples, respectivamente (CARVALHO, 1998).



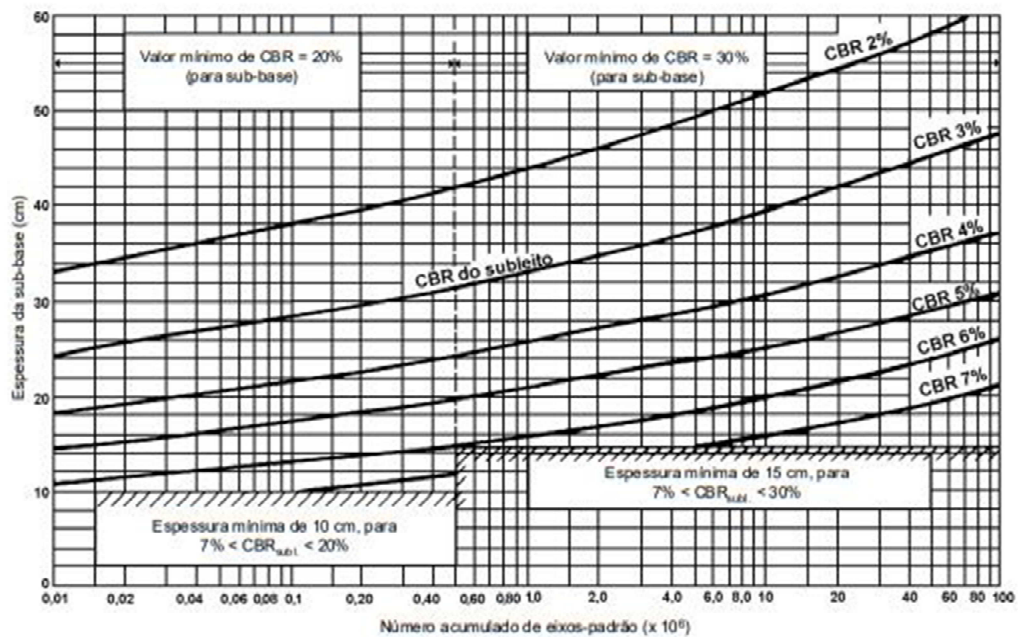


Fonte: Carvalho (1998, p. 21)

A espessura necessária de sub-base é determinada em função do valor de CBR do subleito e do número de solicitações do eixo padrão (N) conforme apresentado por Carvalho (1998). A Figura 7 mostra o ábaco para a determinação das espessuras da camada de sub-base levando em conta as seguintes observações:

- 1) Quando  $N \geq 0,5 \times 10^6$ , o material de sub-base deve apresentar um CBR mínimo de 30%.
- 2) Quando  $N < 0,5 \times 10^6$ , o material de sub-base deve apresentar um CBR mínimo de 20%.
- 3) Quando  $N < 0,5 \times 10^6$  e o subleito apresentar um CBR igual ou superior a 20%, não é necessária a camada de sub-base.
- 4) Quando  $N \geq 0,5 \times 10^6$  e o subleito apresentar um CBR igual ou superior a 30%, não é necessária a camada de sub-base.

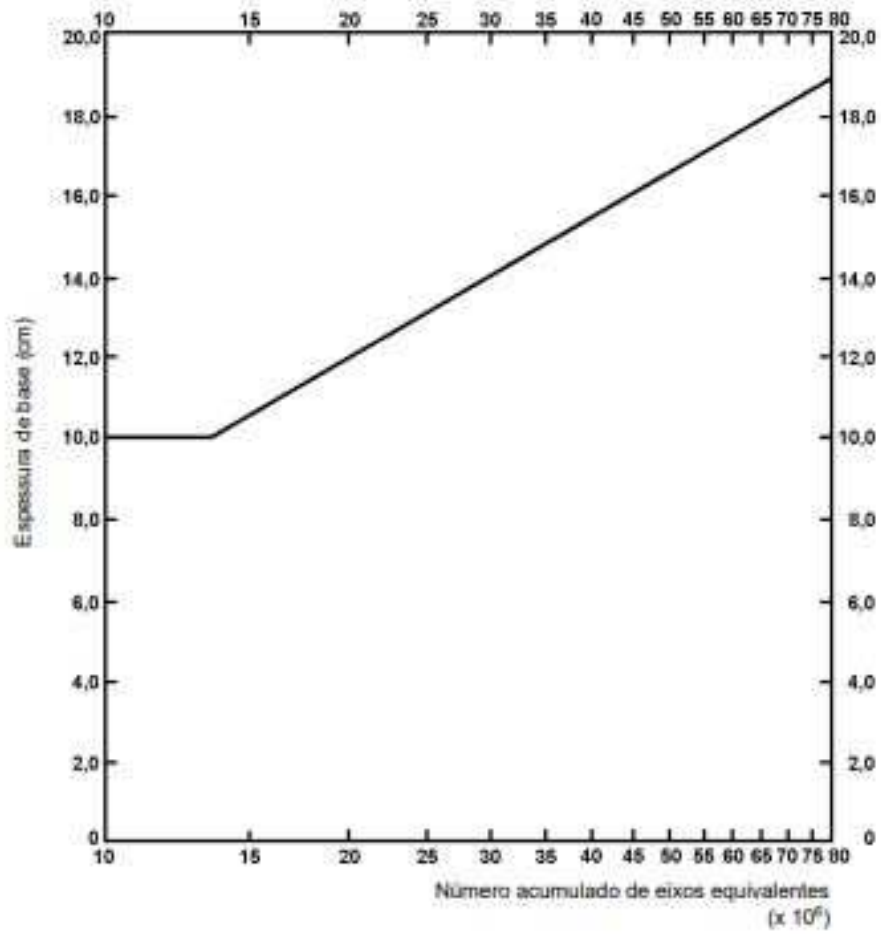
Figura 7 - Espessura necessária de sub-base



Fonte: Carvalho (1998, p. 22)

A espessura necessária para camada de base pode ser obtida por meio da Figura 8, cujo gráfico apresenta a espessura necessária de base de concreto rolado ou solo-cimento, em função do número de solicitações do eixo padrão.

É importante observar que, quando o número de solicitações do eixo padrão (N) for inferior a  $1,5 \times 10^6$ , a camada de base não será necessária. No entanto, Carvalho (1998) recomenda o emprego dessa camada com espessura mínima de 10 cm.

**Figura 8 - Espessura necessária para camada de base**

Fonte: Carvalho (1998, p. 23)

## 5. METODOLOGIA

Neste trabalho foram analisadas seis estruturas de pavimentos distintas, considerando diferentes condições de tráfego, sendo três delas de pavimentos asfálticos e três de blocos intertravados de concreto.

Para a análise, procedeu-se uma investigação bibliográfica de forma a coletar dados de pavimentos flexíveis já dimensionados que serviram como orientação para o estudo. A referência utilizada de um trabalho de conclusão de curso, de um estudo que visou analisar estruturas de pavimentos flexíveis, dimensionadas pelos métodos empírico do DNER e empírico-mecanicista MeDiNa. Três níveis de tráfego foram considerados, com parâmetros obtidos por pesquisa bibliográfica para representar Campo Mourão, Paraná. O método empírico considera volume de tráfego e CBR, enquanto o empírico-mecanicista avalia propriedades mecânicas, deformação permanente e trincas por fadiga. Resultados indicaram diferenças nas espessuras das camadas para o mesmo tráfego e materiais. O MeDiNa revelou camadas de revestimento mais espessas (50%-100%) que o método do DNER, este último mais propenso a trincas por fadiga, com estimativa de 99% de área trincada e maiores deformações permanentes. O novo método, em fase de implantação, exige análise de materiais por ensaios mecânicos, destacando a necessidade de adaptação e desenvolvimento de laboratórios e profissionais técnicos de acordo com Noda (2022).

Para o dimensionamento dos pavimentos intertravados foi empregado método adaptado daquele concebido por A. A. Lilley e B. J. Walker, descrito na Especificação Técnica ET-27 da Associação Brasileira de Cimento Portland por Carvalho (1998).

### 4.1 Número N

A determinação dos métodos de dimensionamento é influenciada pelos valores de eixo padrão, representados por N, que são utilizados para estabelecer as espessuras adequadas das camadas nos cálculos dos pavimentos. A Tabela 1, apresenta os valores de N utilizados no dimensionamento dos pavimentos estudados neste trabalho.

Estes valores foram determinados baseados no trabalho referencial de Noda (2022), por meio que essa pré-determinação veio oriunda dos valores respresentarem indicés de tráfego leve, médio e intenso.

**Tabela 1 – Valores do número N empregados**

<b>Pavimentos</b>	<b>Número N</b>
1	$2,5 \times 10^6$
2	$7,5 \times 10^6$
3	$2,5 \times 10^7$

Fonte: Noda (2022, p. 34)

#### 4.2 Dimensionamentos dos Pavimentos Asfálticos

Os pavimentos asfálticos selecionados como referência para este estudo foram dimensionados pelo método do DNER por Noda (2022), em seu trabalho de conclusão de curso.

Conforme Noda (2022), o dimensionamento dos pavimentos pelo método do DNER baseou-se no valor do CBR determinado para o solo pertencente ao da UTFPR em Campo Mourão, valor este igual a 7%. O resultado do ensaio de expansão encontrado para o referido material foi de 0,2%. Assim, tanto o resultado de CBR como de expansão atenderam aos critérios estabelecidos pelo manual de pavimentação do DNIT (2006) para o emprego em obras de pavimentação.

A Tabela 2 apresenta os valores de CBR utilizados no dimensionamento dos pavimentos asfálticos para cada uma das camadas.

**Tabela 2 - Valores de CBR para os dimensionamentos**

<b>Camadas</b>	<b>CBR (%)</b>
Subleito – Solo local - Energia Normal	6,9
Reforço do Subleito – Solo local - Energia Intermediária	10,0
Sub-base – Solo brita	20,0
Base – BGS	80,0

Fonte: Noda (2022, p. 35)

Em seu trabalho de conclusão de curso, Noda (2022), obteve três estruturas de pavimentos asfálticos, dimensionadas pelo Método do CBR, para os níveis de tráfego mencionados na Tabela 1. As Figuras 09, 10 e 11 ilustram respectivamente os três pavimentos determinados pela referida autora. Para facilitar a execução do processo construtivo, optou-se por utilizar uma camada de base de 20,00 cm, eliminando assim a necessidade de aplicar a camada de sub-base. Essa decisão foi validada ao recalcular os parâmetros, pois a espessura adicional na camada de

reforço compensou a ausência da camada de subbase.

**Figura 9 - Estrutura do Pavimento Asfáltico 1 para N igual a  $2,5 \times 10^6$**

CAMADAS DO PAVIMENTO 1	ESPESSURA (cm)
REVESTIMENTOS	5
BASE	20
REFORÇO DE SUBLEITO	30
SUBLEITO	$\infty$

Fonte: Noda (2022, p. 39)

**Figura 10 - Estrutura do Pavimento Asfáltico 2 para N igual a  $7,5 \times 10^6$**

CAMADAS DO PAVIMENTO 2	ESPESSURA( cm)
REVESTIMENTOS	7,5
BASE	20
REFORÇO DE SUBLEITO	30
SUBLEITO	$\infty$

Fonte: Noda (2022, p. 40)

**Figura 11 - Estrutura do Pavimento Asfáltico 3 para N igual a  $2,5 \times 10^7$**

CAMADAS DO PAVIMENTO 3	ESPESSURA (cm)
REVESTIMENTOS	10
BASE	20
REFORÇO DE SUBLEITO	30
SUBLEITO	$\infty$

Fonte: Noda (2022, p. 41)

### 4.3 Dimensionamentos dos Pavimentos Intertravados

Os valores de N e do CBR do subleito utilizados, para os dimensionamentos dos pavimentos intertravados apresentam-se nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Com os valores de N pré-estabelecidos, o dimensionando dos pavimentos intertravados prosseguiu determinando-se as espessuras da sub-base pelo ábaco retratado na Figura 7.

O menor valor de N utilizado foi de  $2,5 \times 10^6$ . Conforme as especificações da ET-27 de 1998, as seguintes afirmações sobre o dimensionamento da espessura da sub-base foram consideradas:

- $N \geq 0,5 \times 10^6$ , o material de sub-base deve apresentar um CBR mínimo de 20% quando o CBR do subleito for inferior a 30%.

- $N \geq 0,5 \times 10^6$  e o subleito apresentar um CBR igual ou superior a 30%

Destaca-se que o valor do CBR do subleito dos pavimentos dimensionados neste estudo foi de 7% sendo essencial para definição das camadas de sub-base de cada pavimento dimensionado.

Procedeu-se ao cálculo da espessura da camada de base do pavimento, utilizando a referência fornecida na Figura 8. Conforme as diretrizes ET-27 da ABCP (1998), a presença da camada de base é sugerida sempre que o valor de N for superior a  $1,5 \times 10^6$ . Nesse sentido, considerando que os tráfegos empregados possuem N superiores ao referido valor, pode-se inferir que todos os dimensionamentos de pavimentos intertravados incluirão a camada de base.

**Tabela 3- Espessura e Resistência dos Blocos de Revestimento**

Tráfego	Espessura do Revestimento	Resistencia à Compressão Simples
$N \leq 5 \times 10^5$	6 cm	35 Mpa
$5 \times 10^5 < N < 10^7$	8 cm	35 a 50 MPa
$N > 10^7$	10 cm	50 Mpa

Fonte: Carvalho (1998, p.21)

#### 4.4 Materiais Constituintes das camadas dos pavimentos

A fim de estimar os custos das diversas camadas dos pavimentos asfálticos e pavimentos intertravados, é imprescindível detalhar os materiais que compõem cada camada no processo de dimensionamento.

##### 4.4.1 Materiais constituintes das camadas dos pavimentos asfálticos

Os pavimentos asfálticos dimensionados por Noda (2022), possuem a camada de rolamento de concreto asfáltico usinado à quente, a base de brita graduada simples e o reforço do subleito constituído por solo local compactado na Energia Intermediária de forma a obter um CBR superior ao do subleito. Ressalta-se que o subleito deve ser compactado na Energia Normal. Nestes casos não houve necessidade de empregar camada de sub-base.

##### 4.4.2 Materiais constituintes das camadas dos pavimentos intertravados

Os pavimentos intertravados possuem camada de revestimento constituída por blocos de concreto pré-moldados assentadas sobre areia com granulometria pré-definida conforme a ET-27 da ABCP (2010), base composta por solo melhorado com

cimento e subleito do solo local compactado.

#### **4.5 Levantamentos de Custos pela Tabela da SINAPI**

Os orçamentos são projeções de custo para produtos ou serviços, levando em consideração as condições necessárias para sua realização. Ao elaborar um orçamento para uma obra, é fundamental realizar um levantamento completo dos materiais e mão de obras essenciais. Em seguida, é imprescindível pesquisar os preços de mercado a fim de quantificar o custo unitário de cada item. Por fim, é importante calcular a mão de obra e o custo total de cada etapa da obra.

Com os materiais determinados, é possível realizar o levantamento dos serviços, compreendendo mão de obra e insumos para a execução das camadas de ambos os tipos de pavimentos.

Para efeito comparativo, não se foi necessário realizar o levantamento de custo da camada de subleito dos pavimentos, uma vez que ambos possuem o mesmo serviço e material, não alterando a diferença entre os valores finais para os mesmos.

Para proceder este trabalho os levantamentos de custos foram efetuados com base nas Tabelas do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), com referência em composições de abril de 2023. Estas tabelas apresentam as composições de serviços a serem utilizadas nos orçamentos de obras realizados por engenheiros e arquitetos. As tabelas SINAPI apresentam um descritivo detalhado dos insumos e da mão de obra fundamental para a execução dos serviços. As tabelas apresentadas no Apêndice A, relacionam os insumos, serviços e valores dos diversos materiais empregados na construção dos pavimentos estudados neste trabalho.

Com base nos valores de todos os serviços estabelecidos por unidade de medida e nas dimensões de cada estrutura, é possível calcular o custo total de cada pavimento asfáltico e de cada pavimento intertravado para os diferentes tráfegos.



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No presente capítulo, são apresentados e discutidos os resultados obtidos por meio de levantamento de dados e dos dimensionamentos realizados utilizando as metodologias descritas no Capítulo 4.

### 5.1 Dimensionamento dos Pavimentos de Blocos Intertravados

Neste item, serão fornecidas as espessuras dos blocos de concreto, das camadas de assentamento, bases e sub-bases das estruturas dimensionadas. Serão apresentados detalhes e as dimensões de cada camada, levando em consideração os diferentes valores de “N”.

#### 5.1.1 Espessura dos blocos de concreto e camada de assentamento

Com relação à camada de rolamento composta pelos blocos de concreto pré-moldados, as espessuras geralmente utilizadas variam de 6 a 10 cm, a depender do valor do número N, conforme mostra a Tabela 3.

**Tabela 3- Espessura e Resistência dos Blocos de Revestimento**

Tráfego	Espessura do Revestimento	Resistencia à Compressão Simples
$N \leq 5 \times 10^5$	6 cm	35 MPa
$5 \times 10^5 < N < 10^7$	8 cm	35 a 50 MPa
$N > 10^7$	10 cm	50 MPa

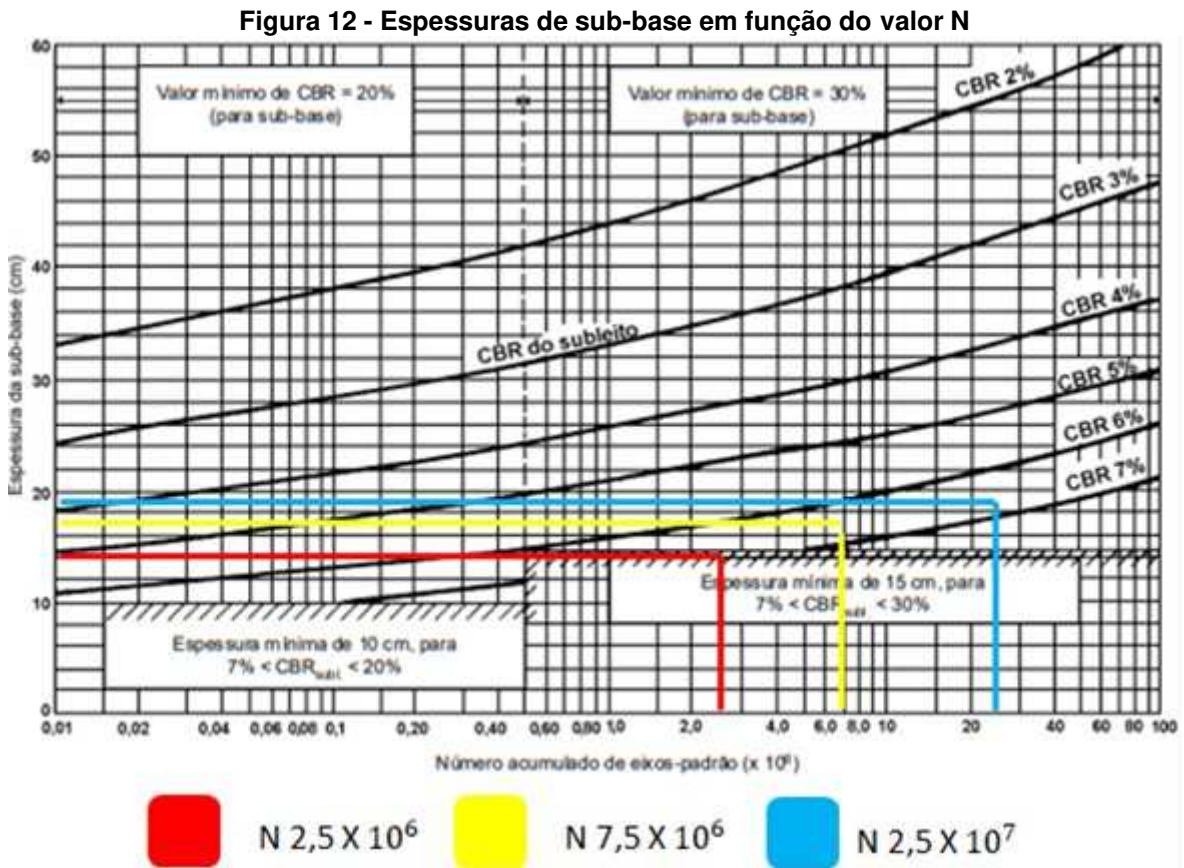
Fonte: Carvalho (1998, p.21)

Segundo a Tabela 3, para os pavimentos com valores de N entre 2,5 e 7,5 x 10<sup>6</sup>, recomenda-se utilizar 8 cm de espessura dos blocos de concreto a serem empregados nas camadas de rolamento. Já para N igual à 2,5 x 10<sup>7</sup>, a camada de rolamento deve possuir 10 cm de espessura, portanto os blocos deverão ter esta dimensão.

Conforme indicado na Especificação Técnica da ABCP, ET-37 (1998), a camada de assentamento para pavimentos de blocos de concreto deve ter uma espessura que pode variar de 3 a 5 cm. Neste trabalho foi empregado 5 cm para todos os pavimentos intertravados estudados neste trabalho.

### 5.1.2 Camada de sub-base dos pavimentos intertravados

Os valores de espessura de sub-base podem ser obtidos a partir da figura que mostra o gráfico utilizado para determinação das espessuras das camadas de sub-base em função do valor de N e do valor do CBR, do subleito para os três pavimentos intertravados. Ressalta-se que, neste estudo o valor considerado para a capacidade de suporte do subleito foi igual a 7%.



Fonte: Adaptado de Carvalho (1998, p. 23)

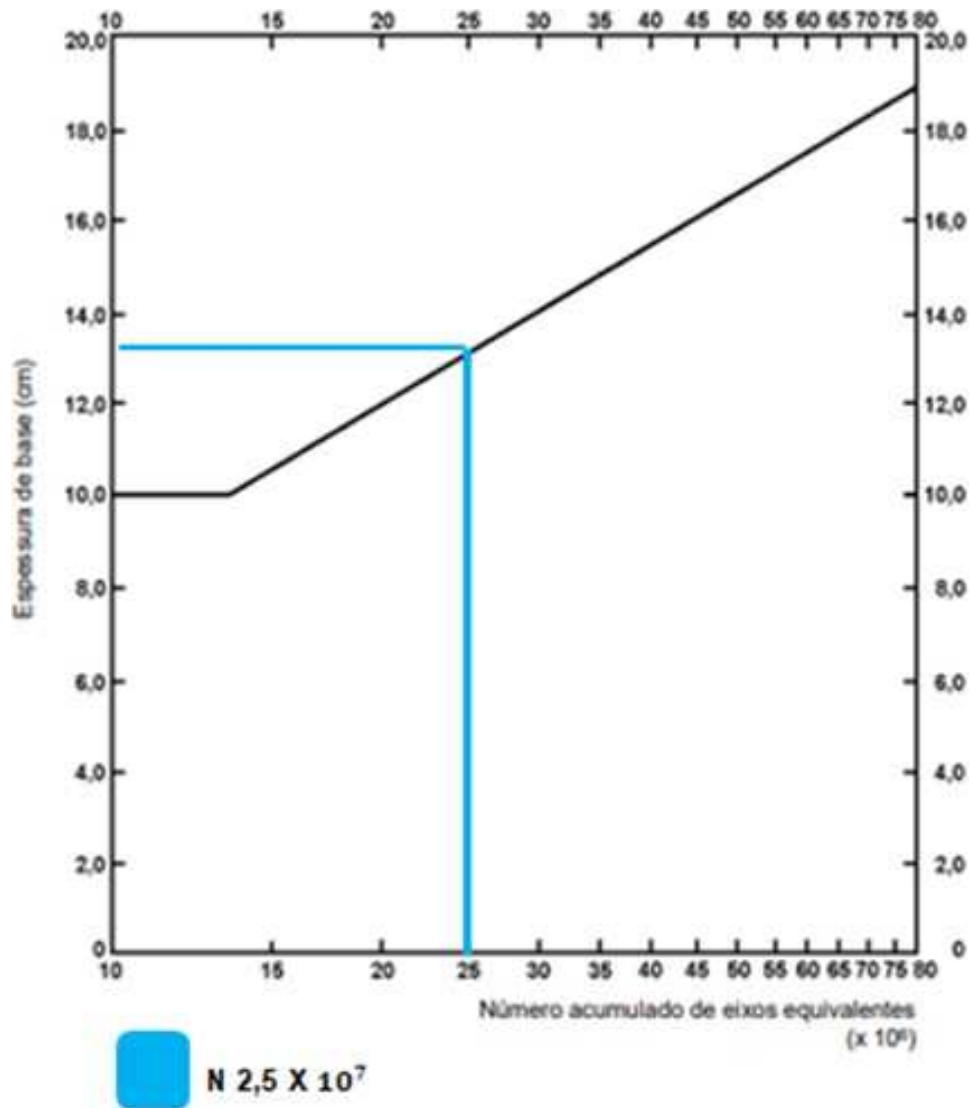
Ao analisar a figura, é possível observar que as espessuras das camadas de sub-base variam em função do valor de N e do CBR do subleito. Para N igual a  $2,5 \times 10^6$ , a espessura empregada foi de 15 cm. Já para N igual a  $7,5 \times 10^6$ , a espessura de sub-base foi de 18 cm e, por fim, para o valor de N igual a  $2,5 \times 10^7$ , a espessura encontrada foi de 20 cm.

### 5.1.3 Camada de base das dos pavimentos intertravados

O gráfico representado pela Figura 8 leva em conta o tráfego para a determinação da espessura da camada de base. Segundo Carvalho (1998), valores

de  $N$  inferiores a  $1,5 \times 10^6$  dispensam a utilização da camada de base, porém, para fins executivos costuma-se empregar uma espessura mínima igual a 10 cm de solo cimento ou concreto rolado. Desta forma, neste trabalho, para os pavimentos com valores de  $N$  iguais a  $2,5 \times 10^6$  e  $7,5 \times 10^6$ , empregou-se a espessura mínima de 10 cm de base de concreto rolado. Para  $N$  igual a  $2,5 \times 10^7$  foi determinada espessura da camada de base igual a 13 cm conforme mostra a Figura 13.

Figura 13 - Espessura necessária da base para  $N$  igual a  $2,5 \times 10^7$



Fonte: Adaptado de Carvalho (1998, p. 24)

Para facilitar a interpretação dos resultados e a comparação entre os pavimentos estudados, a estruturas foram nomeadas em função do tráfego conforme apresentado na Tabela 4.

**Tabela 4 – Nomenclatura dos Pavimentos**

Tráfego	Pavimentos Asfálticos	Pavimentos Intertravados
2,5 x 10 <sup>6</sup>	PA1PA2	PI1PI2
7,5 x 10 <sup>6</sup>	PA3	PI3
2,5 x 10 <sup>7</sup>		

Fonte: Autoria Própria (2023)

#### 5.1.4 Pavimento Intertravado PI1 com N 2,5 x 10<sup>6</sup>

A estrutura obtida para o pavimento PI1 é composta por blocos de concreto pré-moldados com 8 cm de espessura, 5 cm de camada de areia para assentamento, base de concreto rolado com 10 cm, e sub-base de 15 cm de solo melhorado com cimento.

A Figura 14 apresenta a estrutura do pavimento proposto.

**Figura 14 - - Estrutura do pavimento PI1**

CAMADAS	ESPESSURA (cm)
CAMADA DE ROLAMENTO Blocos pré moldados de concreto	8
CAMADA DE ASSENTAMENTO Areia	5
BASE Concreto rolado	10
SUB-BASE Solo melhorado com cimento	15
SUBLEITO Solo local	∞

Fonte: Autoria própria (2023)

#### 5.1.5 Pavimento Intertravado PI2 com N 7,5 x 10<sup>6</sup>

A estrutura dimensionada para o pavimento PI2, apresentou 8 cm de camada de rolamento composta por blocos de concreto pré-moldados, 5 cm de camada de assentamento de areia, 10 cm de base de concreto rolado e 18 cm de sub-base de solo melhorado com cimento.

A Figura 15 ilustra a estrutura do pavimento proposto.

**Figura 15 - Estrutura do pavimento**

<b>CAMADAS</b>	<b>ESPESSURA(cm)</b>
CAMADA DE ROLAMENTO Blocos pré moldados de concreto	8
CAMADA DE ASSENTAMENTO Areia	5
BASE Concreto rolado	10
SUB-BASE Solo melhorado com cimento	18
SUBLEITO Solo local	∞

Fonte: Autoria própria (2023)

### 5.1.6 Pavimento Intertravado PI3 com N 2,5 x 10<sup>7</sup>

A estrutura determinada para o pavimento PI3 apresentou camada de rolamento composta por blocos de concreto pré-moldados com 10 cm de espessura, 5 cm de camada de assentamento de areia, 13 cm de base de concreto rolado e 20 cm de sub-base de solo melhorado com cimento, conforme mostra a Figura 16.

**Figura 16 - Estrutura do pavimento**

<b>CAMADAS</b>	<b>ESPESSURA(cm)</b>
CAMADA DE ROLAMENTO Blocos pré moldados de concreto	10
CAMADA DE ASSENTAMENTO Areia	5
BASE Concreto rolado	13
SUB-BASE Solo melhorado com cimento	20
SUBLEITO Solo local	∞

Fonte: Autoria própria (2023)

## 5.2 Análises de Custos

Nesta etapa da pesquisa, foi realizado o levantamento de custos para as seis estruturas de pavimentos estudadas. Foram determinados os valores unitários de cada camada, de cada estrutura e posteriormente foram confrontadas as diferenças entre os valores dos pavimentos intertravados e asfálticos por m<sup>3</sup>.

Salienta-se que os valores referências para a realização da planilha orçamentaria não incluíram o valor de benefícios e despesas indiretas (BDI). Vale a pena ressaltar que, em seu estudo, Noda (2022) considerou que o subleito dos

pavimentos é o mesmo solo local. Com neste trabalho foi considerado o mesmo subleito para todos os pavimentos sejam asfáltico ou intertravados, determinaram-se apenas os serviços de reforço de subleito (quando aplicável), base, sub-base (quando aplicável) e revestimento dos pavimentos por m<sup>3</sup>, pois os custos de preparação do subleito seria o mesmo para todos os tipos de pavimentos.

Outro ponto relevante é que neste trabalho, não foi levado em conta a mobilização e desmobilização de equipamentos em todas as estruturas de pavimentos, além do que, o tempo de execução dos serviços não foram considerados.

### 5.2.1 Cálculo dos custos dos pavimentos asfálticos

Para a elaboração do custo de cada um dos pavimentos asfálticos, foram utilizados os valores da tabela da SINAPI, apresentada no Apêndice A.

A partir do dimensionamento realizado por Noda (2022) pelo método do CBR, de posse das espessuras e materiais componentes dos pavimentos asfálticos, foram calculados os valores de insumos e serviços para cada camada e por fim o custo total de cada estrutura.

As Tabelas 5, 6 e 7 apresentam os valores dos custos de cada camada e o valor total para execução dos pavimentos PA1, PA2 e PA3 respectivamente.

Ressalta-se que para o revestimento foi considerado Concreto Asfáltico Usinado à Quente (CAUQ) elaborado com Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) convencional 50/70 na Faixa C do DNIT. Para a camada de base empregou-se Brita Graduada Simples (BGS), Faixa B do DNIT, e compactação do solo local na Energia Intermediária para o reforço do subleito.

**Tabela 5 - Custo total da execução do pavimento asfáltico PA1 por m<sup>3</sup>**

<b>CAMADAS DO PA1</b>	<b>ESPESSURA (cm)</b>	<b>CUSTO R\$</b>
REVESTIMENTO	5	R\$ 62,09
BASE	20	R\$ 24,09
REFORÇO DE SUBLEITO	30	R\$ 0,76
SUBLEITO	∞	-
<b>CUSTO TOTAL POR M<sup>3</sup></b>		<b>R\$ 86,93</b>

**Fonte: Autoria própria (2023)**

**Tabela 6 - Custo total da execução do pavimento asfáltico PA2 por m<sup>3</sup>**

<b>CAMADAS DO PA2</b>	<b>ESPESSURA (cm)</b>	<b>CUSTO R\$</b>
REVESTIMENTO	7,5	93,13
BASE	20	24,09
REFORÇO DE SUBLEITO	30	0,76
SUBLEITO	∞	-
<b>CUSTO TOTAL POR M<sup>3</sup></b>		<b>117,98</b>

Fonte: Autoria própria (2023)

**Tabela 7 - Custo total da execução do pavimento asfáltico PA3 por m<sup>3</sup>**

<b>CAMADAS DO PA3</b>	<b>ESPESSURA (cm)</b>	<b>CUSTO R\$</b>
REVESTIMENTO	10	124,18
BASE	20	24,09
REFORÇO DE SUBLEITO	30	0,76
SUBLEITO	∞	-
<b>CUSTO TOTAL POR M<sup>3</sup></b>		<b>149,02</b>

Fonte: Autoria própria (2023)

### 5.2.2 Cálculo dos Pavimentos de Blocos Intertravados

Após o dimensionamento dos pavimentos de blocos intertravados, o custo de cada estrutura foi obtido através da tabela da SINAPI. A questão do subleito aqui também se faz presente, uma vez que este é o próprio solo local, orçando para estes dimensionamentos apenas a camada de rolamento de blocos de concreto, a camada de assentamento, a estrutura de base e de sub-base.

De acordo com a SINAPI, os serviços da camada de rolamento incluem a execução da camada de assentamento, sendo orçada apenas a camada de rolamento para o custo final de cada pavimento por m<sup>3</sup>.

As Tabelas 8, 9 e 10 apresentam os valores dos custos de cada camada e o valor total para execução dos pavimentos PI1, PI2 e PI3 respectivamente.

**Tabela 8- Custo total da execução do pavimento intertravado PI1 por m<sup>3</sup>**

<b>CAMADAS DO PAVIMENTO 1</b>	<b>ESPESSURA (cm)</b>	<b>CUSTO R\$</b>
CAMADA DE ROLAMENTO	8	5,17
CAMADA DE ASSENTAMENTO	5	
BASE	10	26,07
SUB-BASE	15	0,38
SUBLEITO	∞	-
<b>CUSTO TOTAL POR M<sup>3</sup></b>		<b>26,45</b>

Fonte: Autoria própria (2023)

**Tabela 9 – Custo total da execução do pavimento intertravado PI2 por m<sup>3</sup>**

<b>CAMADAS DO PAVIMENTO 1</b>	<b>ESPESSURA (cm)</b>	<b>CUSTO R\$</b>
CAMADA DE ROLAMENTO	8	5,17
CAMADA DE ASSENTAMENTO	5	
BASE	10	26,07
SUB-BASE	18	0,46
SUBLEITO	∞	-
<b>CUSTO TOTAL POR M<sup>3</sup></b>		<b>31,69</b>

Fonte: Autoria própria (2023)

**Tabela 10 - Custo total da execução do pavimento intertravado PI3 por m<sup>3</sup>**

<b>CAMADAS DO PAVIMENTO 1</b>	<b>ESPESSURA (cm)</b>	<b>CUSTO R\$</b>
CAMADA DE ROLAMENTO	10	7,32
CAMADA DE ASSENTAMENTO	5	
BASE	13	33,89
SUB-BASE	20	0,51
SUBLEITO	∞	-
<b>CUSTO TOTAL POR M<sup>3</sup></b>		<b>41,72</b>

Fonte: Autoria própria (2023)

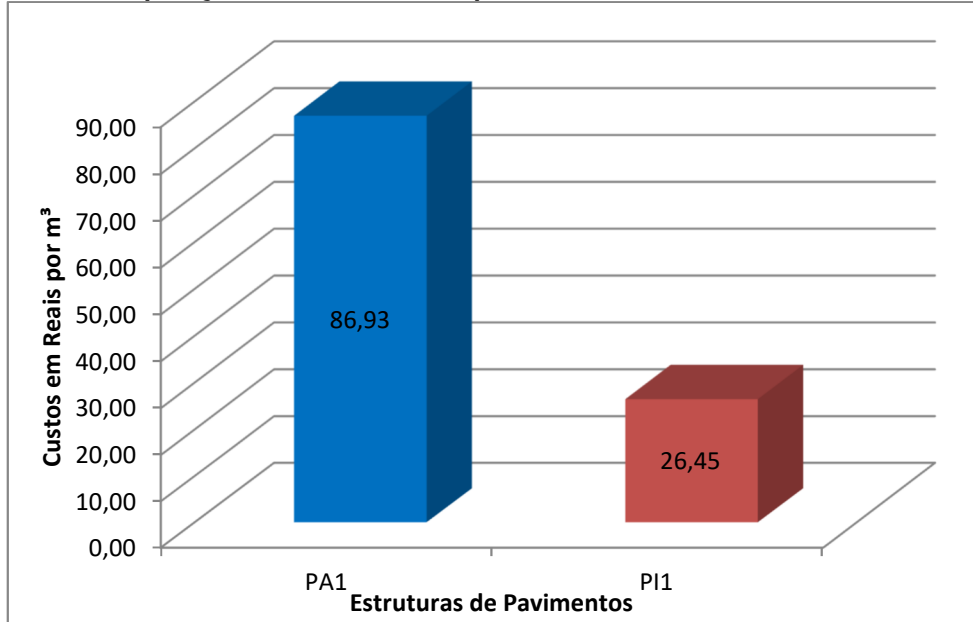
### 5.3 Análise Comparativa Quantitativa dos Pavimentos

Ao comparar os custos obtidos para os dois tipos de pavimentos, verifica-se que as estruturas de pavimentos asfálticos apresentam custos unitários superiores em relação aos blocos intertravados. Esses custos aumentam gradualmente com o aumento os valores de N.



A Figura 17 demonstra o comparativo entre os custos unitários dos dois pavimentos, PI1 e PA1, onde verifica-se a diferença total de 60,48 reais por m<sup>3</sup>.

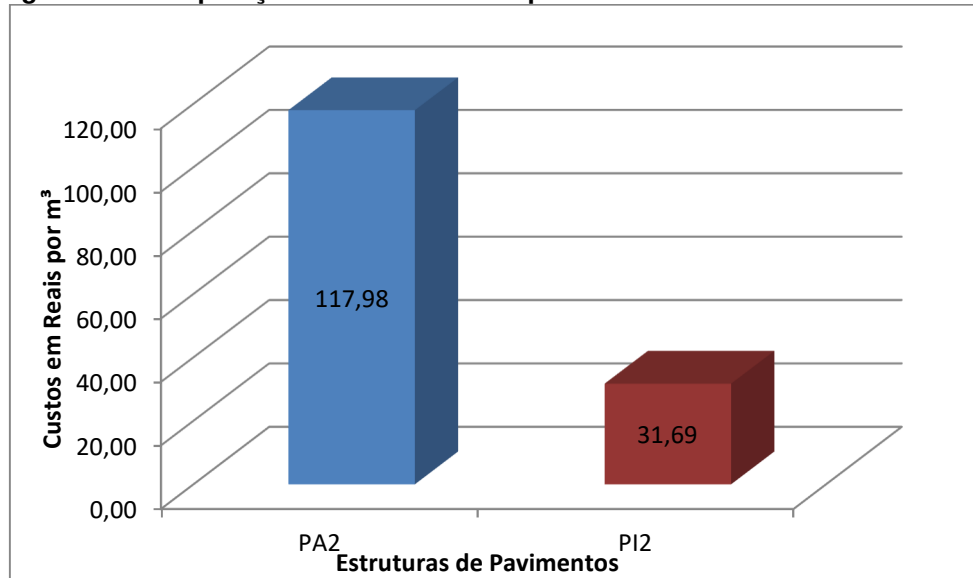
**Figura 17 - Comparação do valor entre os pavimentos asfático PA1 e intertravado PI1 por m<sup>3</sup>**



Fonte: Autoria própria (2023)

A Figura 18 demonstra o comparativo entre os custos unitários dos dois pavimentos, PI2 e PA2, apresentando uma diferença de 86,29 reais por m<sup>3</sup>.

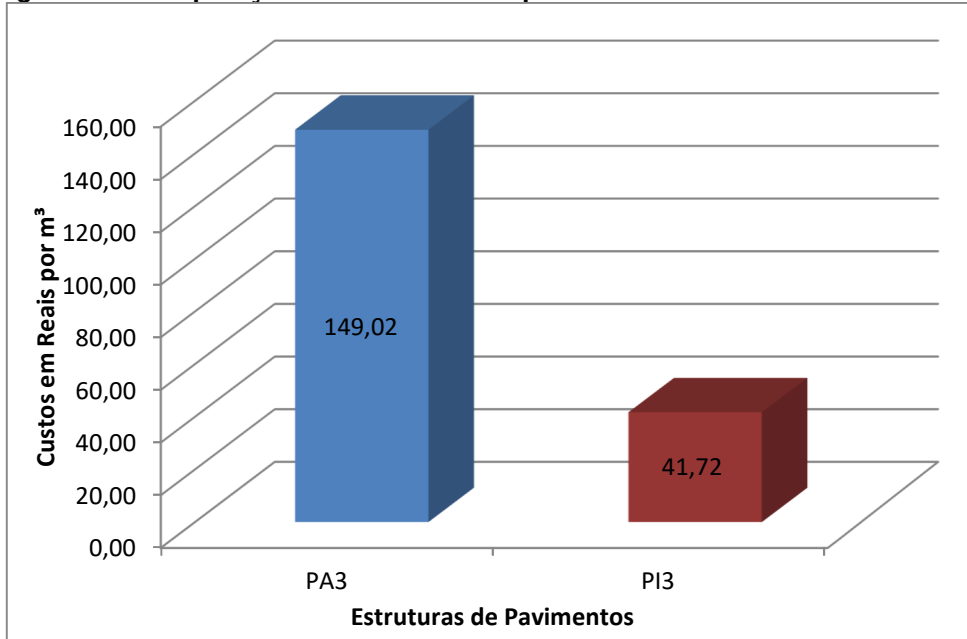
**Figura 18 - Comparação do valor entre os pavimentos PA2 e intertravado PI2 por m<sup>3</sup>**



Fonte: Autoria própria (2023)

A Figura 19 demonstra o comparativo entre os custos unitários dos dois pavimentos, PI3 e PA3, possuindo uma diferença de 107,31 reais por m<sup>3</sup>.

**Figura 19 - Comparação do valor entre os pavimentos PA3 e intertravado PI3 por m³**



Fonte: Autoria própria (2023)

Após as análises comparativas diretas dos pavimentos dimensionados em cada um dos valores de N estipulados, obteve-se os valores dos seis pavimentos orçados, correlacionando os pavimentos asfálticos e intertravados para cada valor de N.

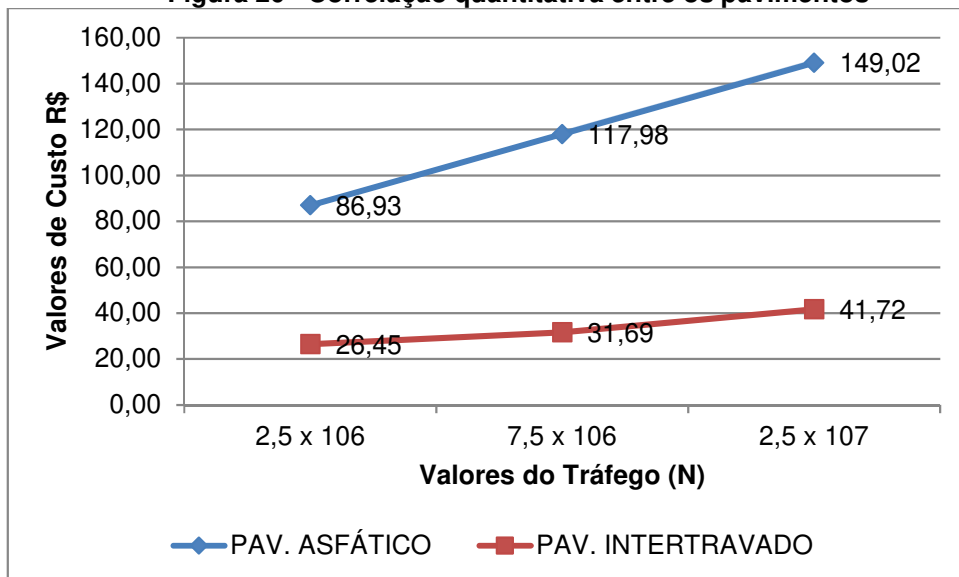
Tráfego (N):

1 –  $2,5 \times 10^6$

2 –  $7,5 \times 10^6$

3 –  $2,5 \times 10^7$

**Figura 20 - Correlação quantitativa entre os pavimentos**



Fonte: Autoria própria (2023)

Analisando a Figura 20, os valores de custo dos pavimentos intertravados apresentam um aumento constante, com pequenas variações entre eles. O mesmo ocorre em relação aos custos dos pavimentos asfálticos, com a diferença apenas no valor absoluto.

Para cada valor de tráfego considerado, as estruturas de pavimentos inteertravados apresentam custos inferiores aos os pavimentos flexíveis da ordem de 30,42%, 26,86% e 27,99%, respectivamente. Isso significa que o custo total dos pavimentos de blocos intertravados é aproximadamente um terço do valor dos pavimentos asfálticos.

Os pavimentos intertravados apresentam uma série de benefícios além do custo. Entre estes, destaca-se a possibilidade de colocar o pavimento em uso imediatamente após a construção, bem como a facilidade de instalação. Além disso, oferece uma ampla variedade estética e uma notável durabilidade, podendo durar até cerca de 20 anos.

Reforça-se, dessa forma, neste estudo, que o pavimento intertravado é uma alternativa ao pavimento asfático se tratando conforto asfático para pequenos empreendimentos. É empregado também em rodovias com baixo volume de tráfego. É uma escolha ideal para locais empregados como condomínios fechados, vias destinadas à circulação de ônibus. Os pavimentos intertravados ainda possuem uma superfície antiderrapante mesmo com o pavimento molhado oferecendo atrito adequado entre pneu-pavimento. Oferece a vantagem de conforto térmico, visto que as peças de concreto são de pigmentação clara proporcionando menor absorção de calor. Pode ser considerado um produto ecológico, uma vez que a sua base de cimento possibilita que este seja totalmente reciclado e reutilizado na produção de novos materiais, evitando a saturação de aterros e preservando jazidas de calcário.

Os pavimentos intertravados têm-se tornado uma escolha primordial em projetos de pavimentação pública e áreas de tráfego como estacionamentos e pátios de manobra de grandes empresas. A adesão à esta alternativa garante uma obra eficiente, com melhor relação custo-benefício e a segurança de uma estrutura duradoura e de qualidade desde que bem dimensionado e executado.

Por outro lado, é importante ressaltar que, ao analisar as tabelas de levantamento de custos, verifica-se que a elevada discrepância de valores entre os pavimentos flexíveis e intertravado deve-se ao emprego do concreto asfáltico nos

revestimentos. Em todos os três pavimentos asfálticos orçados, as camadas de base e reforço de subleito não foram modificadas, e conseqüentemente os valores das mesmas não possuem alteração, permanecendo fixa no valor de 24,85 reais a soma das duas camadas. Este valor faz-se menor que os valores das camadas de base e sub-base dos pavimentos intertravados, dimensionado para todos os valores de N, sendo respectivamente 26,45; 25,522 34,39 reais.

elevada discrepância dos valores entre os pavimentos asfáltico e intertravado ocorre em virtude do emprego de concreto asfáltico na camada de revestimento.

## 6 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise comparativa de custos dos materiais das estruturas entre pavimentos com revestimento de concreto asfáltico e de blocos intertravados de concreto.

Analisando-se as tabelas de orçamento foram determinados custos muito discrepantes entre os pavimentos asfálticos e os pavimentos de blocos intertravado de concreto concluindo-se que os pavimentos asfálticos apresentaram custos mais elevados que os pavimentos intertravados.

Neste trabalho verificou-se que a diferença entre os pavimentos PA1 e PI1 foi de R\$ 60,49 por m<sup>3</sup>, para PA2 e PI2 foi de 86,29 e para os pavimentos dimensionados para trafico intenso PA3 e PI3, foi de 107,31.

Por meio das análises realizadas neste estudo, a relação de custos entre os pavimentos asfálticos e de blocos intertravados de concreto apresentou valores com porcentagens em torno de 30,42%; 26,86%; 27,99% para os tráfegos avaliados.

Vale ressaltar que a diferença de custo em favor dos pavimentos intertravados deve-se a camada de revestimento asfáltico, que eleva o valor final do custo dos pavimentos flexíveis. Entretanto, o tempo de execução de serviço não foi considerado, fator que poderia alterar os valores finais das estruturas.

Considerando o caso analisado neste trabalho, os pavimentos intertravados apresentaram vantagens aos de concreto asfáltico com relação a custos e benefícios, como conforto térmico, além da reutilização dos blocos de concreto, relacionada ao aspecto ambiental, existindo a possibilidade de retirada o reuso dos mesmos.

Conclui-se neste trabalho que a pavimentação com blocos intertravados de concreto pode ser vista como uma solução alternativa à pavimentação de concreto asfáltico, quando a aplicação desses se torna inviável, seja por motivo técnico ou motivos econômicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Construção de pavimentos de blocos de concreto**. São Paulo: BT-135, 1999.

ABCP. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de Pavimento Intertravado: Passeio Público**. Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP, São Paulo, 2010. 36p.

BALBO, J.T. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração**. Oficina de Textos. São Paulo, SP, 2007.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P. e SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro, 2007.

CARVALHO, Marcos D. **Pavimentação com peças pré-moldadas de concreto (ET-27)**. Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) (ET-27). São Paulo, 1998. 53 p.

CRUZ, Luiz M. **Pavimento intertravado de concreto: estudo dos elementos e métodos de dimensionamento**. 2003, 281 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

CNT -CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de rodovias 2019: Relatório gerencial**. Brasília, 2019. Disponível em: <<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/gerencial.pdf>>. Acesso em: 07 de junho de 2023.

CNT -CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de rodovias 2021: Relatório gerencial**. Brasília, 2021. Disponível em: <<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/gerencial.pdf>>. Acesso em: 25 de maio de 2023.

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

FERREIRA, R. **Pavimento intertravado de concreto x pavimento asfáltico**. PINI, São Paulo/SP, Edição 125, 2011.

GODINHO, D.P. **Pavimento Intertravado: Uma Reflexão sob a Ótica da Durabilidade e Sustentabilidade**. Dissertação de Mestrado. Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2009, 157 p.

HALLACK, ABDO. **Dimensionamento de pavimentos com revestimento de peças pré-Moldadas de concreto para áreas portuárias e Industriais**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, Brasil, 1998, 116 p.

IP-06/2004. **Instrução para dimensionamento de pavimentos com blocos intertravados de concreto Instrução de Projetos**. Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras de São Paulo, São Paulo, 2004.

KNAPTON, J. Romans and their roads. **The original small element pavement technologists**. In: Fifth International Concrete Blocks Paving Conference, 5, Tel-Aviv, Israel, 1996, p. 17-52. MASCARÓ, Juan Luis. **Infraestrutura urbana para o século XXI**. 1ª. ed. Porto Alegre: Masquatro Editora LTDA, 2016.

MOURA, E. **Apostila de projeto de pavimento**. Faculdade de Tecnologia de São Paulo (FATECSP), São Paulo, Brasil, 2011.

MULLER, M.R. **Avaliação de transmissão de esforços em pavimentos intertravados de blocos de concreto**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Riode Janeiro, 2005, 234p.

NAKAMURA, J. **Pavimentação asfáltica**. Revista Infraestrutura Urbana. EditoraPini. Edição n.16. São Paulo, 2011.

NODA, T.M. **Análise de estruturas de pavimentos flexíveis dimensionadas pelos métodos DNER e Medina**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade TecnológicaFederal do Paraná. Campo Mourão, PR, 2022, 50p.

OLIVEIRA, C.S. **Análise comparativa técnico econômica entre os pavimentos deconcreto asfáltico e blocos intertravados de concreto**. Dissertação de mestrado. Universidade Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, 2018, 107p.

PEREIRA, Caio. **Piso Intertravado: O que é, principais tipos, vantagens e desvantagens**. Escola Engenharia, 2018. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/piso-intertravado/>. Acesso em: 22 de setembro de 2023.

PINTO, S.; PREUSSLER, E. **Pavimentação rodoviária. Conceitos Fundamentais Sobre Pavimentos Flexíveis**. COPIART, Rio de Janeiro, 2002.

PREGO, A. S. S. **A memória da pavimentação no Brasil: Relatos históricos, recordações e depoimentos**. ABPV, Rio de Janeiro – RJ, 2001.

SHACKEL, B. **Design and Construction of Interlocking Concrete Block Pavement**. 1st Edition. Elsevier, New York and London, 1990.

SHACKEL, B. **A pilot study of the performance of block paving under traffic using a heavy vehicle simulator**. In: Symposium on Precast Concrete, 1979.

SILVA, E.R. **Análise do comportamento estrutural e funcional de um pavimento experimental com blocos pré-moldados de concreto**. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2016, 234p.

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

SINAPI – SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTO E ÍNDICE DA CONSTRUÇÃO CIVIL 1. **Custo de Composição Analítica**. Abrangência Nacional, 2023. Disponível em: <file:///C:/Users/Itautec/Desktop/UTFPR/TCC/TCC2%20-%20PAVIMENTO%20INTERTRAVADO/sinapi/lala/SINAPI\_Custo\_Ref\_Composicoes\_Analitico\_PR\_202304\_NaoDesonerado.pdf>. Acesso em: 19 de maio de 2023.

## APÊNDICE A: TABELAS DE REFERÊNCIA DE PREÇOS DE CUSTOS

Tabela I - Composição de Execução de Pavimento com Aplicação de Concreto Asfáltico, Camada de Rolamento – Exclusive Carga e Transporte. (AF\_11/2019)

Código	Serviço	Unidade	Coefficiente	Valor Unitário	Total
95995	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO COM APLICAÇÃO DE CONCRETO ASFÁLTICO, CAMADA DE ROLAMENTO - EXCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE. AF_11/2019				
1518	CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE (CBUQ) PARA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA, P ADRAO DNIT, FAIXA C, COM CAP 50/70 - AQUISIÇÃO POSTO USINA	T	2,5548	R\$ 440,00	R\$ 1.124,11
5835	VIBROACABADORA DE ASFALTO SOBRE ESTEIRAS, LARGURA DE PAVIMENTAÇÃO 1,90 M A 5,30 M, POTÊNCIA 105 HP CAPACIDADE 450 T/H - CHP DIURNO. AF_11/2014		0,0464	R\$ 381,49	R\$ 17,70
5837	VIBROACABADORA DE ASFALTO SOBRE ESTEIRAS, LARGURA DE PAVIMENTAÇÃO 1,90 M A 5,30 M, POTÊNCIA 105 HP CAPACIDADE 450 T/H - CHI DIURNO. AF_11/2014	CHI	0,0949	R\$ 142,12	R\$ 13,48
88314	RASTELEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,1301	R\$ 20,62	R\$ 23,30
91386	CAMINHÃO BASCULANTE 10 M3, TRUCADO CABINE SIMPLES, PESO BRUTO TOTAL 23.000 KG, CARGA ÚTIL MÁXIMA 15.935 KG, DISTÂNCIA ENTRE EIXOS 4,80 M, POTÊNCIA 230 CV INCLUSIVE CAÇAMBA METÁLICA - CHP DIURNO. AF_06/2014	CHP	0,0464	R\$ 252,34	R\$ 11,70
95631	ROLO COMPACTADOR VIBRATORIO TANDEM, ACO LISO, POTENCIA 125 HP, PESO SEM/COM LASTRO 10,20/11,65 T, LARGURA DE TRABALHO 1,73 M - CHP DIURNO. AF_11/2016	CHP	0,0805	R\$ 229,57	R\$ 18,48
95632	ROLO COMPACTADOR VIBRATORIO TANDEM, ACO LISO, POTENCIA 125 HP, PESO SEM/COM LASTRO 10,20/11,65 T, LARGURA DE TRABALHO 1,73 M - CHI DIURNO. AF_11/2016	CHI	0,0607	R\$ 82,64	R\$ 5,01
96155	TRATOR DE PNEUS COM POTÊNCIA DE 85 CV, TRACÇÃO 4X4, COM VASSOURA MECÂNICA A COPLADA - CHI DIURNO. AF_02/2017	CHI	0,1071	R\$ 50,87	R\$ 5,44
96157	TRATOR DE PNEUS COM POTÊNCIA DE 85 CV, TRACÇÃO 4X4, COM VASSOURA MECÂNICA A COPLADA - CHP DIURNO. AF_03/2017	CHP	0,0341	R\$ 134,22	R\$ 4,57
96463	ROLO COMPACTADOR DE PNEUS, ESTÁTICO, PRESSÃO VARIÁVEL, POTENCIA 110 HP, PESO SEM/COM LASTRO 10,8/27 T, LARGURA DE ROLAGEM 2,30 M - CHP DIURNO. AF_06/2017	CHP	0,0419	R\$ 219,11	R\$ 9,18
96464	ROLO COMPACTADOR DE PNEUS, ESTÁTICO, PRESSÃO VARIÁVEL, POTENCIA 110 HP, PESO SEM/COM LASTRO 10,8/27 T, LARGURA DE ROLAGEM 2,30 M - CHI DIURNO. AF_06/2017	CHI	0,099	R\$ 88,96	R\$ 8,80
<b>Total (m³)</b>					<b>1.241,77</b>

Fonte: SINAPI (2023, p. 3270)



Tabela II – Execução de Pavimento em Piso Intertravado, com Blocos de 16 Faces 22 x 11 m2 cm, Espessura 8 cm. (AF\_10/2022)

Código	Serviço	Unidade	Coefficiente	Valor Unitário	Total
92404	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO EM PISO INTERTRAVADO, COM BLOCO 16 FACES DE 22 X 11 M2 CM, ESPESSURA 8 CM. AF_10/2022				
370	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	M3	0,0568	R\$ 85,00	R\$ 4,82
4741	PO DE PEDRA (POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE)	M3	0,0011	R\$ 62,01	R\$ 0,06
36170	BLOQUETE/PISO INTERTRAVADO DE CONCRETO - MODELO ONDA/16 FACES/RETANGULAR/TIJOLINHO/PAVER/HOLANDES/PARALELEPIEDO, *22 CM X 11* CM, E = 8 CM, RESISTENCIA DE 35 MPA (NBR 9781), COR NATURAL	M2	1,0041	R\$ 48,00	R\$ 48,19
88260	CALCETEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,2632	R\$ 25,75	R\$ 6,77
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,2015	R\$ 22,72	R\$ 4,57
91277	PLACA VIBRATÓRIA REVERSÍVEL COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, FORÇA CENTRÍFUGA DE 25 KN (2500 KGF), POTÊNCIA 5,5 CV - CHP DIURNO. AF_08/2015	CHP	0,0041	R\$ 9,60	R\$ 0,03
91278	PLACA VIBRATÓRIA REVERSÍVEL COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, FORÇA CENTRÍFUGA DE 25 KN (2500 KGF), POTÊNCIA 5,5 CV - CHI DIURNO. AF_08/2015	CHI	0,0967	R\$ 0,57	R\$ 0,05
91283	CORTADORA DE PISO COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, POTÊNCIA DE 13 HP, COM DISCO DE CORTE DIAMANTADO SEGMENTADO PARA CONCRETO, DIÂMETRO DE 350 MM, FURO DE 1" (14 X 1") - CHP DIURNO. AF_08/2015	CHP	0,0038	R\$ 10,31	R\$ 0,03
91285	CORTADORA DE PISO COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, POTÊNCIA DE 13 HP, COM DISCO DE CORTE DIAMANTADO SEGMENTADO PARA CONCRETO, DIÂMETRO DE 350 MM, FURO	CHI	0,097	R\$ 0,87	R\$ 0,08
<b>Total (m³)</b>					<b>R\$ 64,60</b>

Fonte: SINAPI (2023, p. 3228)

Tabela III – Execução de Pavimento em Piso Intertravado, com Blocos de 16 Faces 22 x 11 m2 cm, Espessura 10 cm. (AF\_10/2022)

Código	Serviço	Un	Coefficiente	Valor Unitário	Total
92406	92406 EXECUÇÃO DE PAVIMENTO EM PISO INTERTRAVADO, COM BLOCO 16 FACES DE 22 X 11 M2 CM, ESPESSURA 10 CM. AF_10/2022				
370	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	M3	0,0568	R\$ 85,00	R\$ 4,82
4741	PO DE PEDRA (POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE)	M3	0,0011	R\$ 62,01	R\$ 0,06
40524	BLOQUETE/PISO INTERTRAVADO DE CONCRETO - MODELO ONDA/16 FACES/RETANGULAR/T 1,0041000 56,59 56,82 LJOLINHO/PAVER/HOLANDES/PARALELEPIPEDO, 20 CM X 10 CM, E = 10 CM, RESISTEN CIA DE 35 MPA (NBR 9781), COR NATURAL	M2	1,0041	R\$ 56,59	R\$ 56,82
88260	CALCETEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,2632	R\$ 25,75	R\$ 6,77
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,2015	R\$ 22,72	R\$ 4,57
91277	PLACA VIBRATÓRIA REVERSÍVEL COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, FORÇA CENTRÍFUGA DE 25 KN (2500 KGF), POTÊNCIA 5,5 CV - CHP DIURNO. AF_08/2015	CHP	0,0041	R\$ 9,60	R\$ 0,03
91278	PLACA VIBRATÓRIA REVERSÍVEL COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, FORÇA CENTRÍFUGA DE 25 KN (2500 KGF), POTÊNCIA 5,5 CV - CHI DIURNO. AF_08/2015	CHI	0,0967	R\$ 0,57	R\$ 0,05
91283	CORTADORA DE PISO COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, POTÊNCIA DE 13 HP, COM DISCO DE CORTE DIAMANTADO SEGMENTADO PARA CONCRETO, DIÂMETRO DE 350 MM, FURO DE 1" (14 X 1") - CHP DIURNO. AF_08/2015	CHP	0,0038	R\$ 10,31	R\$ 0,03
91285	CORTADORA DE PISO COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, POTÊNCIA DE 13 HP, COM DISCO DE CORTE DIAMANTADO SEGMENTADO PARA CONCRETO, DIÂMETRO DE 350 MM, FURO	CHI	0,097	R\$ 0,87	R\$ 0,08
<b>Total (m³)</b>					<b>R\$ 73,23</b>

**Fonte: SINAPI (2023, p. 3298)**

Tabela IV – Execução e Compactação de Base e ou Sub-base para Pavimentação de Brita Graduada Simples Tratada m3. (AF\_11/2019)

Código	Serviço	Un	Coefficiente	Valor Unitário	Total
96396	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB BASE PARA PAVIMENTAÇÃO DE BRITA GRADUADA SIMPLES - EXCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE. AF_11/2019	M3			
5684	ROLO COMPACTADOR VIBRATÓRIO DE UM CILINDRO AÇO LISO, POTÊNCIA 80 HP, PESO CHP OPERACIONAL MÁXIMO 8,1 T, IMPACTO DINÂMICO 16,15 / 9,5 T, LARGURA DE TRABA LHO 1,68 M - CHP DIURNO. AF_06/2014	CHP	0,0090000	R\$ 162,17	R\$ 1,45
5685	ROLO COMPACTADOR VIBRATÓRIO DE UM CILINDRO AÇO LISO, POTÊNCIA 80 HP, PESO CHP OPERACIONAL MÁXIMO 8,1 T, IMPACTO DINÂMICO 16,15 / 9,5 T, LARGURA DE TRABA LHO 1,68 M - CHP DIURNO. AF_06/2014	CHI	0,0210000	66,32	1,39
5901	CAMINHÃO PIPA 10.000 L TRUCADO, PESO BRUTO TOTAL 23.000 KG, CARGA ÚTIL MÁX IMA 15.935 KG, DISTÂNCIA ENTRE EIXOS 4,8 M, POTÊNCIA 230 CV, INCLUSIVE TAN QUE DE AÇO PARA TRANSPORTE DE ÁGUA - CHP DIURNO. AF_06/2014	CHP	0,0020000	302,00	0,60
5903	CAMINHÃO PIPA 10.000 L TRUCADO, PESO BRUTO TOTAL 23.000 KG, CARGA ÚTIL MÁX IMA 15.935 KG, DISTÂNCIA ENTRE EIXOS 4,8 M, POTÊNCIA 230 CV, INCLUSIVE TAN QUE DE AÇO PARA TRANSPORTE DE ÁGUA - CHP DIURNO. AF_06/2014	CHI	0,0280000	68,49	1,91
5932	MOTONIVELADORA POTÊNCIA BÁSICA LÍQUIDA (PRIMEIRA MARCHA) 125 HP, PESO BRUTO 13032 KG, LARGURA DA LÂMINA DE 3,7 M - CHP DIURNO. AF_06/2014	CHP	0,0080000	274,93	2,19
5934	MOTONIVELADORA POTÊNCIA BÁSICA LÍQUIDA (PRIMEIRA MARCHA) 125 HP, PESO BRUTO 13032 KG, LARGURA DA LÂMINA DE 3,7 M - CHP DIURNO. AF_06/2014	CHI	0,0220000	103,64	2,28
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,0300000	25,12	0,75
96394	USINAGEM DE BRITA GRADUADA SIMPLES. AF_03/2020	M3	1,0000000	106,60	106,60
96463	ROLO COMPACTADOR DE PNEUS, ESTÁTICO, PRESSÃO VARIÁVEL, POTÊNCIA 110 HP, PE CHI SO SEM/COM LASTRO 10,8/27 T, LARGURA DE ROLAGEM 2,30 M - CHI DIURNO. AF_06/2017	CHP	0,0040000	222,00	0,88
96464	ROLO COMPACTADOR DE PNEUS, ESTÁTICO, PRESSÃO VARIÁVEL, POTÊNCIA 110 HP, PE CHI SO SEM/COM LASTRO 10,8/27 T, LARGURA DE ROLAGEM 2,30 M - CHI DIURNO. AF_06/2017	CHI	0,0260000	91,85	2,38
<b>Total (m³)</b>					<b>R\$ 120,43</b>

Fonte: SINAPI (2023, p. 3206)

Tabela V – Execução de Base e ou Sub-base para Remendo Profundo de Solo Melhorado com Cimento m3. (AF\_12/2020)

Código	Serviço	Unidade	Coefficiente	Valor Unitário	Total
101824	RECOMPOSIÇÃO DE BASE E OU SUB-BASE PARA REMENDO PROFUNDO DE SOLO MELHORADO M3 COM CIMENTO (TEOR DE 4%) - INCLUSO RETIRADA E COLOCAÇÃO DO MATERIAL. AF_12/2020				
1379	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32	KG	93,02	0,70	65,11
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES H C 4,2001000 22,72 95,42	H	4,20	22,72	95,42
91533	COMPACTADOR DE SOLOS DE PERCUSSÃO (SOQUETE) COM MOTOR A GASOLINA 4 TEMPOS, POTÊNCIA 4 CV - CHP DIURNO. AF_08/2015	CHP	0,21	35,77	7,33
91534	COMPACTADOR DE SOLOS DE PERCUSSÃO (SOQUETE) COM MOTOR A GASOLINA 4 TEMPOS, POTÊNCIA 4 CV - CHI DIURNO. AF_08/2015	CHP	0,85	28,83	24,36
<b>Total (m³)</b>					<b>R\$ 192,22</b>

**Fonte: SINAPI (2023, p. 3153)**

Tabela VI Regularização e Compactação de Subleito de Solo Predominantemente Argiloso.  
(AF\_11/2019)

Código	Serviço	Unidade	Coefficiente	Valor Unitário	Total
100576	REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO DE SOLO PREDOMINANTEMENTE ARGILOS M2 O. AF_11/2019				
5901	CAMINHÃO PIPA 10.000 L TRUCADO, PESO BRUTO TOTAL 23.000 KG, CARGA ÚTIL MÁX IMA 15.935 KG, DISTÂNCIA ENTRE EIXOS 4,8 M, POTÊNCIA 230 CV, INCLUSIVE TAN QUE DE AÇO PARA TRANSPORTE DE ÁGUA - CHP DIURNO. AF_06/2014	CHP	0,29	299,18	0,29
5903	CAMINHÃO PIPA 10.000 L TRUCADO, PESO BRUTO TOTAL 23.000 KG, CARGA ÚTIL MÁX IMA 15.935 KG, DISTÂNCIA ENTRE EIXOS 4,8 M, POTÊNCIA 230 CV, INCLUSIVE TAN QUE DE AÇO PARA TRANSPORTE DE ÁGUA - CHI DIURNO. AF_06/2014	CHI	0,007	65,67	0,45
5932	MOTONIVELADORA POTÊNCIA BÁSICA LÍQUIDA (PRIMEIRA MARCHA) 125 HP, PESO BRUT CHP CR 0,0001000 271,00 0,02 O 13032 KG, LARGURA DA LÂMINA DE 3,7 M - CHP DIURNO. AF_06/2014	CHP	0,0001	271	0,02
5934	MOTONIVELADORA POTÊNCIA BÁSICA LÍQUIDA (PRIMEIRA MARCHA) 125 HP, PESO BRUTO 13032 KG, LARGURA DA LÂMINA DE 3,7 M - CHI DIURNO. AF_06/2014	CHI	0,008	99,71	0,79
73436	ROLO COMPACTADOR VIBRATÓRIO PÉ DE CARNEIRO PARA SOLOS, POTÊNCIA 80 HP, PESO OPERACIONAL SEM/COM LASTRO 7,4 / 8,8 T, LARGURA DE TRABALHO 1,68 M - CHP DIURNO. AF_02/2016	CHP	0,002	211,91	0,42
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,008	22,72	0,18
93244	ROLO COMPACTADOR VIBRATÓRIO PÉ DE CARNEIRO PARA SOLOS, POTÊNCIA 80 HP, PESO OPERACIONAL SEM/COM LASTRO 7,4 / 8,8 T, LARGURA DE TRABALHO 1,68 M - CHI DIURNO. AF_02/2016	CHI	0,006	64,97	0,38
<b>Total (m³)</b>					<b>R\$ 2,53</b>

Fonte: SINAPI (2023, p. 3185)

Tabela VII– Execução e Compactação de Base e ou Sub-base para Pavimentação de Concreto Compactado com Rolo. (AF\_11/2019)

Código	Serviço	Unidade	Coeficiente	Valor Unitário	Total
96398	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB BASE PARA PAVIMENTAÇÃO DE CONCRETO M3 COMPACTADO COM ROLO - EXCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE. AF_11/2019				
5684	ROLO COMPACTADOR VIBRATÓRIO DE UM CILINDRO AÇO LISO, POTÊNCIA 80 HP, PESO OPERACIONAL MÁXIMO 8,1 T, IMPACTO DINÂMICO 16,15 / 9,5 T, LARGURA DE TRABA LHO 1,68 M - CHP DIURNO. AF_06/2014	CHP	0,009	159,28	1,43
5685	ROLO COMPACTADOR VIBRATÓRIO DE UM CILINDRO AÇO LISO, POTÊNCIA 80 HP, PESO OPERACIONAL MÁXIMO 8,1 T, IMPACTO DINÂMICO 16,15 / 9,5 T, LARGURA DE TRABA LHO 1,68 M - CHI DIURNO. AF_06/2014	CHI	0,021	63,43	1,33
5901	CAMINHÃO PIPA 10.000 L TRUCADO, PESO BRUTO TOTAL 23.000 KG, CARGA ÚTIL MÁXIMA 15.935 KG, DISTÂNCIA ENTRE EIXOS 4,8 M, POTÊNCIA 230 CV, INCLUSIVE TAN QUE DE AÇO PARA TRANSPORTE DE ÁGUA - CHP DIURNO. AF_06/2014	CHP	0,002	299,18	0,59
5903	CAMINHÃO PIPA 10.000 L TRUCADO, PESO BRUTO TOTAL 23.000 KG, CARGA ÚTIL MÁXIMA 15.935 KG, DISTÂNCIA ENTRE EIXOS 4,8 M, POTÊNCIA 230 CV, INCLUSIVE TAN QUE DE AÇO PARA TRANSPORTE DE ÁGUA - CHI DIURNO. AF_06/2014	CHI	0,028	65,67	1,83
5932	MOTONIVELADORA POTÊNCIA BÁSICA LÍQUIDA (PRIMEIRA MARCHA) 125 HP, PESO BRUTO 13032 KG, LARGURA DA LÂMINA DE 3,7 M - CHP DIURNO. AF_06/2014	CHP	0,01	271,00	2,16
5934	MOTONIVELADORA POTÊNCIA BÁSICA LÍQUIDA (PRIMEIRA MARCHA) 125 HP, PESO BRUTO 13032 KG, LARGURA DA LÂMINA DE 3,7 M - CHI DIURNO. AF_06/2014	CHI	0,02	99,71	2,19
88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES H	H	0,03	22,72	0,68
96395	USINAGEM DE CONCRETO PARA COMPACTAÇÃO COM ROLO. AF_03/2020	M <sup>3</sup>	1,00	247,28	247,28
96463	ROLO COMPACTADOR DE PNEUS, ESTATICO, PRESSAO VARIAVEL, POTENCIA 110 HP, PESO SEM/COM LASTRO 10,8/27 T, LARGURA DE ROLAGEM 2,30 M - CHP DIURNO. AF_06 /2017	CHP	0,004	219,11	0,87
96464	ROLO COMPACTADOR DE PNEUS, ESTATICO, PRESSAO VARIAVEL, POTENCIA 110 HP, PESO SEM/COM LASTRO 10,8/27 T, LARGURA DE ROLAGEM 2,30 M - CHI DIURNO. AF_06 /2017	CHI	0,03	88,96	2,31
<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>					<b>R\$ 260,67</b>

Fonte: SINAPI (2023, p. 3196)