



centro universitário  
**unifacvest**

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST  
ENGENHARIA CIVIL

MAYLE WOLINGER POMMERENING

COMPARATIVO TÉCNICO, ECONÔMICO E AMBIENTAL ENTRE PAVIMENTO  
ASFÁLTICO E INTERTRAVADO DE LAJOTA SEXTAVADA EM VIA URBANA DE  
TRÁFEGO LEVE

Lages  
2020

MAYLE WOLINGER POMMERENING

COMPARATIVO TÉCNICO, ECONÔMICO E AMBIENTAL ENTRE PAVIMENTO  
ASFÁLTICO E INTERTRAVADO DE LAJOTA SEXTAVADA EM VIA URBANA DE  
TRÁFEGO LEVE

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à  
coordenação do curso de Engenharia Civil do  
Centro Universitário Unifacvest, como requisito  
para obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Civil

Orientador: Me. Aldori Batista dos Anjos

Lages  
2020

MAYLE WOLINGER POMMERENING

COMPARATIVO TÉCNICO, ECONÔMICO E AMBIENTAL ENTRE PAVIMENTO  
ASFÁLTICO E INTERTRAVADO DE LAJOTA SEXTAVADA EM VIA URBANA DE  
TRÁFEGO LEVE

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à  
coordenação do curso de Engenharia Civil do  
Centro Universitário Unifacvest, como requisito  
para obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Civil

Lages, 06 de julho de 2020

BANCA EXAMINADORA

---

Me. Aldori Batista dos Anjos  
Centro Universitário Unifacvest

---

Profa. Maria Benta  
Centro Universitário Unifacvest

---

Prof. Pierre W. dos Anjos  
Centro Universitário Unifacvest

Dedico este trabalho primeiramente a minha filha Sophya Louisa, que mesmo tão pequena sempre foi tão compreensível, a Deus por tornar este sonho possível e a minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente eu agradeço a Deus, o qual não me permitiu padecer em momento algum, me deu forças do início ao fim, por diversas vezes eu tive medo de não dar conta, de achar que nada daria certo e parecia que tudo iria desandar, mas surgiam forças, que eu não sabia da onde surgiam, mas no fundo eu sei, que Deus sempre esteve ao meu lado me reerguendo a cada tombo. Agradeço a minha filha amada, que desde tão pequena sempre foi uma criança amável e compreensiva, pois recordo me bem quando iniciei a faculdade e ela ainda era um bebe, e me cortava o coração deixar ela sempre, não foi fácil, mas posso dizer que cada esforço valeu a pena. Agradeço ao pai dela, Sandro que sem ele não seria possível, pois foi ele quem cuidou dela para que eu pudesse estudar. Agradeço a minha família, meus pais, avós, sogros, agradeço a cada amiga que se fez presente nesta trajetória da minha vida, a cada pessoa que torceu pelo meu sucesso, e pela realização deste sonho. Agradeço a todos os professores, mas principalmente ao meu orientador, Aldori que não só neste momento, mas em toda a trajetória da faculdade sempre foi uma pessoa disposta a ajudar. Agradeço aos meus colegas de trabalho, que também sempre se dispuseram a me ajudar. Meu muito obrigada a cada um de vocês que fizeram parte desta trajetória.

"Nenhuma Engenharia constrói caráter, mas com caráter se faz os melhores engenheiros."  
(Jordan Lucas)

## RESUMO

O objetivo principal deste trabalho foi em realizar uma análise comparativa de dimensionamento e orçamentos para pavimentação urbana entre as estruturas de pavimentos flexíveis, sendo um revestimento utilizando no estudo o concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) e o outro revestimento de bloco de concreto intertravado (lajota). Após o estudo das características de cada um dos dois métodos em questão, foi então realizado o dimensionamento de ambos os métodos para a pavimentação da Rua Raulino Almeida, localizada no bairro Água Santa, na cidade de Curitiba/SC. O dimensionamento foi realizado para um trecho de 530 metros. A primeira etapa baseada na análise da CBR, que avalia a resistência do solo e dimensionamento necessário. Definiu-se que para o asfalto, foi utilizado método DNER (atual DNIT) e para a lajota o método ABCP ET-27 (1998). Após esta etapa, foram definidas as atividades a serem realizadas, os materiais a serem utilizados e os levantamentos quantitativos. Baseados na planilha orçamentária utilizamos a tabela de custos do Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil-SINAPI. E por fim realizado uma análise comparativa de custos nos dois métodos empregados. O Qual obtivemos bons resultados com o revestimento em lajota sextava, mostrando sua viabilidade economicamente, tecnicamente e ambientalmente.

**Palavras-chave:** Dimensionamento. Pavimentação. Revestimento.

## ABSTRACT

The main objective of this work was to carry out a comparative analysis of dimensioning and budgets for urban paving between flexible pavement structures, with one coating using hot-machined bituminous concrete (CBUQ) and the other interlocking concrete block coating (tile). After studying the characteristics of each of the two methods in question, the sizing of both methods for paving street Raulino Almeida, located in the Água Santa neighborhood, in the city of Curitiba / SC, was then carried out. The dimensioning was carried out for a stretch of 530 meters. The first stage based on the analysis of the CBR, which assesses the soil resistance and necessary dimensioning. It was defined that for asphalt, the DNER method (current DNIT) was used and for the tile the ABCP ET-27 method (1998). After this stage, the activities to be carried out, the materials to be used and the quantitative surveys were defined. Based on the budget spreadsheet, we use the cost table of the National System of Research on Costs and Indices of Civil Construction-SINAPI. Finally, a comparative cost analysis was performed using the two methods employed. Which we obtained good results with the hexagonal tile coating, showing its viability economically, technically and environmentally.

**Keywords:** Sizing. Paving. Coating.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 — Classificação dos revestimentos . . . . .	19
Figura 2 — Revestimento flexível . . . . .	20
Figura 3 — Revestimento Rígido . . . . .	20
Figura 4 — Classificação das bases e sub-bases flexíveis e semirrígidas . . . . .	23
Figura 5 — Prensa para CBR . . . . .	28
Figura 6 — Curva de pressão-penetração . . . . .	29
Figura 7 — Curva pressão penetração/ Curvas massa específica . . . . .	30
Figura 8 — Fatores de equivalência de operação . . . . .	32
Figura 9 — Coeficiente K . . . . .	33
Figura 10 — Determinação de espessuras do pavimento . . . . .	34
Figura 11 — Fator de equivalência . . . . .	36
Figura 12 — Fator de equivalência . . . . .	37
Figura 13 — Espessura necessária de base (concreto rolado ou solo cimento). . . . .	38
Figura 14 — Impactos diretos e indiretos . . . . .	43
Figura 15 — Ábaco para dimensionamento . . . . .	50
Figura 16 — Ábaco para dimensionamento . . . . .	51
Figura 17 — Seção transversal pavimentação asfáltica . . . . .	52
Figura 18 — Espessura Sub-base . . . . .	53
Figura 19 — Seção transversal pavimentação em lajota . . . . .	54

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 — Comparativo dos processos . . . . .	56
Gráfico 2 — Comparativo de custos entre os pavimentos . . . . .	59
Gráfico 3 — Comparativo de custos entre os pavimentos analisados . . . . .	60

## LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 — Imagem Mapa de Localização do Município De Curitiba . . . . .	44
Imagem 2 — Localização Da Rua Raulino Almeida . . . . .	44
Imagem 3 — Imagem da Rua Raulino Almeida . . . . .	45
Imagem 4 — Parte de Drenagem realizada pela Prefeitura Municipal . . . . .	46
Imagem 5 — Parte da Drenagem realizada pela Prefeitura Municipal . . . . .	47

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 — Espessura mínima do revestimento . . . . .	50
Quadro 2 — Espessura e resistência dos blocos de revestimento . . . . .	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Coeficiente de equivalência estrutural .....	49
Tabela 2 — Orçamento Pavimentação Asfáltica .....	57
Tabela 3 — Orçamento Pavimentação em Lajota Sextavada .....	58
Tabela 4 — Composição 01 .....	58
Tabela 5 — Composição 02 .....	59

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
BDI	Benefícios e Despesas Indiretas
CAUQ	Concreto Asfáltico Usinado a Quente
CBR	Califórnia Bearing Ratio
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CDT	Centro de Desenvolvimento Tecnológico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
ISC	Índice de Suporte Califórnia
PCA	Portland Cement Association
PMSP	Prefeitura Municipal de São Paulo
SC	Santa Catarina
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b>	16
2	<b>OBJETIVO</b>	17
2.1	OBJETIVO GERAL	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
2.3	JUSTIFICATIVA	17
3	<b>PAVIMENTAÇÃO</b>	18
3.1	PAVIMENTAÇÃO DE VIAS URBANAS	18
3.2	CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS	18
3.3	REVESTIMENTOS	19
3.3.1	<b>Revestimentos flexíveis</b>	19
3.3.2	<b>Revestimentos rígidos</b>	20
3.3.3	<b>Revestimentos flexíveis betuminosos</b>	21
3.3.4	<b>Revestimentos flexíveis por calçamento</b>	22
3.3.5	<b>Revestimentos rígidos</b>	22
3.4	CLASSIFICAÇÃO DAS BASES SUB-BASE FLEXÍVEL E SEMI-RÍGIDA	22
3.4.1	<b>Bases e sub-bases granulares e estabilizadas</b>	23
3.4.2	<b>Bases e sub-bases estabilizadas (com aditivos)</b>	23
3.5	BASES E SUB-BASES RÍGIDAS	24
3.6	DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO	25
3.7	CAMADAS SEÇÃO TRANSVERSAL DO PAVIMENTO	25
3.8	CAPACIDADE DE SUPORTE DO SOLO – METODO CBR/METODO DNER	27
3.8.1	<b>C.B.R.: California Bearing Ratio</b>	27
3.9	MÉTODO DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL MÉTODO DNER	30
3.10	DIMENSIONAMENTO PARA PAVIMENTAÇÃO INTERTRAVADA	35
3.10.1	<b>Dimensionamento método B (PCA- Portland Cement Association)</b>	38
3.11	ETAPAS PARA A PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA	39
3.12	ETAPAS PARA A PAVIMENTAÇÃO EM LAJOTA	40
3.13	IMPACTO AMBIENTAL	40
4	<b>ESTUDO DE CASO</b>	44
4.1	DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO DE ESTUDO	48
4.1.1	<b>Capacidade de suporte do subleito</b>	48
4.1.2	<b>Dimensionamento para Pavimentação em CBUQ</b>	49
4.1.3	<b>Dimensionamento em lajota intertravada</b>	52
4.2	IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELOS MATERIAIS	55

UTILIZADOS .....	55
4.3 ORÇAMENTO .....	56
4.3.1 <b>Memorial de Cálculo</b> .....	56
5 <b>CONCLUSÃO</b> .....	61
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	63

## 1 INTRODUÇÃO

As estradas em território nacional surgiram, inicialmente, com o objetivo de impulsionar a mobilidade à população. O fato de serem revestidas fornecem estruturas mais resistentes, além de maior conforto as pessoas que a utilizam.

Segundo CNT (2018) enquanto a frota de veículos segue crescendo rapidamente (aumento de 63,6% entre 2009 e 2017), a malha rodoviária brasileira ainda sofre com deficiências estruturais.

Diariamente necessitamos nos deslocar, para levar filhos na escola, para ir ao trabalho, para passear, e com o aumento da frota no país, mais ainda se vê a necessidade em aumentar a pavimentação das vias. Para o conforto, agilidade e a segurança de seus usuários.

Tendo em vista à necessidade de melhorias na pavimentação das vias urbanas de tráfego leve no município de Curitiba-SC, e com as frotas em grande crescimento há grandes dúvidas sobre qual o método construtivo é mais viável em questão de custo benefício na atualidade.

Dentre as questões se destacam algumas, tais como o consumo dos materiais, vida útil do pavimento, resistência, tempo, custo, impactos ambientais e sociais, segurança e conforto aos usuários.

Em função dessas questões será analisado neste trabalho os seguintes métodos flexíveis, de asfalto (CBUQ) e lajota sextavada, a fim de um comparativo técnico-econômico dos dois tipos. Foi feito um estudo teórico para cada método aqui empregado, para conhecimento das características de cada pavimento. Após estudo da via em estudo, dimensionamento de cada estrutura de pavimento, será feito um quantitativo de materiais e serviços necessários, e um orçamento de cada método empregado, para realizar o comparativo de qual é mais viável.

## 2 OBJETIVO

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal deste trabalho é realizar o dimensionamento e o orçamento da via em pavimento com asfáltico e em lajota intertravada. E comparar os custos de cada uma, e comparar os impactos ambientais.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos para este estudo são:

- Definir os critérios de dimensionamento;
- Dimensionar o pavimento com asfalto;
- Dimensionar o pavimento com lajota;
- Fazer um comparativo técnico e econômico entre os pavimentos analisados;
- Fazer um comparativo ambiental entre os pavimentos.

### 2.3 JUSTIFICATIVA

A via de estudo, Rua Raulino Almeida, é uma rua com pouco fluxo, pela questão de ainda ser uma estrada de chão. Mas futuramente terá mais uso com a implantação do jardim Botânico próximo a ela, e também por ter um colégio próximo. Desse modo se viu a necessidade em pavimentar, e este estudo irá demonstrar qual pavimentação é mais viável.

### 3 PAVIMENTAÇÃO

De acordo com Bernucci et al (2008) Pavimento é uma estrutura de diferentes camadas de espessuras finitas, construídas na superfície final da terraplanagem, designada tecnicamente e economicamente para resistir aos esforços do tráfego de veículos e do clima, e assegurar aos usuários melhoria nas condições de conforto, rolamento, economia e segurança.

#### 3.1 PAVIMENTAÇÃO DE VIAS URBANAS

Segundo Albano (2013) são ruas, avenidas, vielas ou caminhos e similares abertos para a circulação pública, em áreas urbanas nas cidades.

Segundo Balbo (2007) Pavimentar uma via de circulação de veículos é obra civil que enseja, antes de tudo, a melhoria operacional para o tráfego, na medida em que é criada uma superfície mais regular (garantia de melhor conforto no deslocamento do veículo), uma superfície mais aderente (garantia de mais segurança em condições de pista úmida ou molhada), uma superfície menos ruidosa diante da dinâmica dos pneumáticos (garantia de melhor conforto ambiental em vias urbanas e rurais), seja qual for a melhoria física oferecida.

#### 3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS

A classificação dos pavimentos segundo O DNIT (2006) segue desta forma:

- Flexível: O qual em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, desse modo, a carga se distribui em parcelas aproximadamente iguais entre as camadas. Um Exemplo: pavimento constituído por uma base de brita ou por base de solo pedregulhoso, revestida por camada asfáltica.

-Semi - rígido: Se caracteriza-se por uma base de cimento por algum aglutinante com propriedades cimentícias como por exemplo, o solo cimento revestido por uma camada asfáltica.

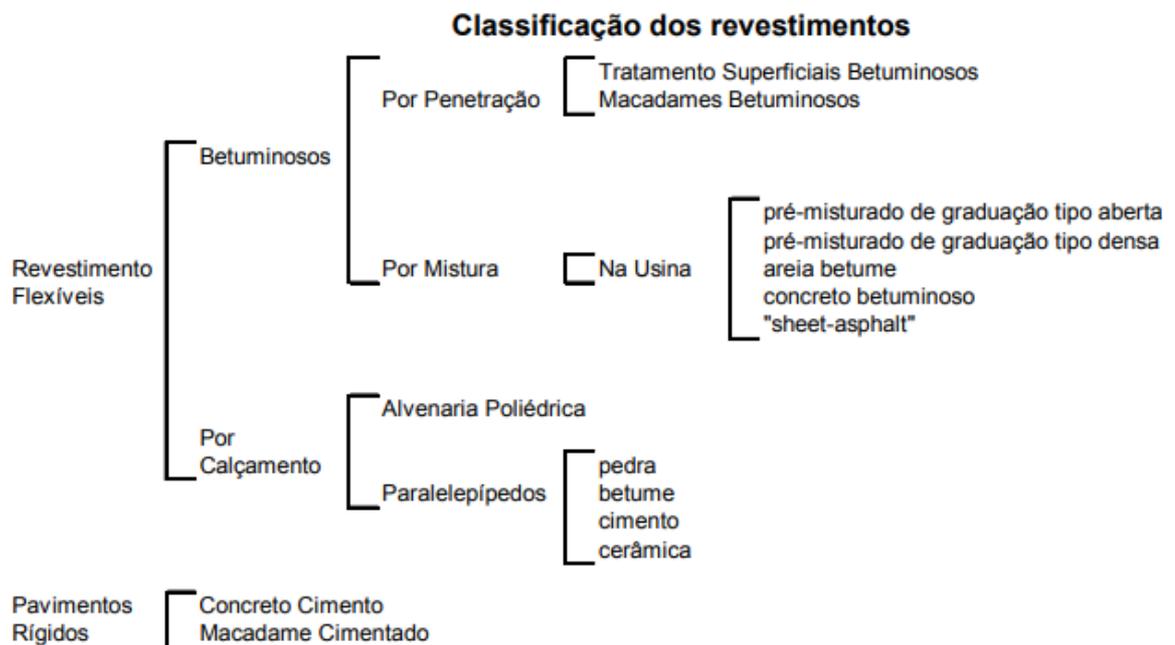
-Rígido: É o revestimento do qual tem uma elevada rigidez em relação as camadas e, desta forma, absorve praticamente todas as tensões vindas do carregamento nela aplicada. Um Exemplo típico é o pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland.

### 3.3 REVESTIMENTOS

Segundo Balbo (2007) o revestimento devera, entre outras demais funções, receber as cargas estáticas ou também dinâmicas, sem vir a sofrer grandes deformações elásticas ou desagregação de materiais aglutinados ou utilizados para vir a evitar a movimentação horizontal.

Segundo DNIT (2006) os revestimentos podem ser divididos em dois grupos, os flexíveis e os rígidos. Conforme demonstra a figura a seguir:

Figura 1 - Classificação dos revestimentos

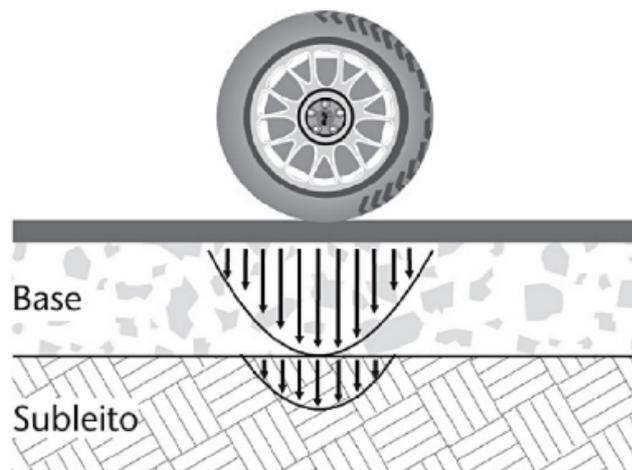


Fonte: DNIT (2006)

#### 3.3.1 Revestimentos flexíveis

Nos revestimentos betuminosos, como o nome já indica, o aglutinante utilizado é o betume, seja asfalto, seja alcatrão. (SENÇO, 2007).

Figura 2 - Revestimento flexível



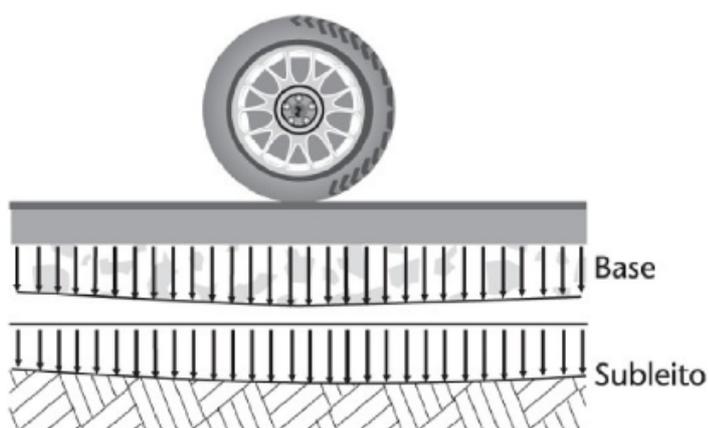
*Resposta mecânica de pavimento flexível: pressões concentradas*

Fonte: Balbo (2007)

### 3.3.2 Revestimentos rígidos

Os materiais constituintes dos revestimentos rígidos são os mesmos das bases rígidas, com disposições de resistir aos esforços horizontais e distribuir esforços verticais à sub-base. (SENÇO, 2007).

Figura 3 - Revestimento Rígido



*Resposta mecânica de pavimento rígido: pressões distribuídas*

Fonte: Balbo (2007)

### 3.3.3 Revestimentos flexíveis betuminosos

Os revestimentos betuminosos são constituídos por associação de agregados e materiais betuminosos. (DNIT, 2006).

Segundo Dnit (2006) esta associação pode ser feita por duas maneiras: por penetração e por mistura.

- Revestimentos por penetração: Essa categoria envolve dois tipos distintos: por penetração invertida e por penetração direta.

- Revestimentos betuminosos por penetração invertida: São revestimentos executados por meio de uma ou mais aplicações de material betuminoso, com sequência de idêntico número de operações de espalhamento e compressão das camadas dos agregados com a adequada granulometria. Conforme o número de camadas tem-se os denominados, tratamento superficial simples, duplo ou triplo.

- Revestimentos Betuminosos por Penetração Direta: São revestimentos executados através do espalhamento e a compactação das camadas de agregados com granulometria adequada, sendo cada camada, após compressão, submetida a uma aplicação de material betuminoso e recebendo, ainda na última camada, uma aplicação final de agregado miúdo.

- Revestimento típico, por "penetração direta", é o Macadame Betuminoso: O Macadame Betuminoso tem o seu procedimento construtivo parecido com o Tratamento Duplo e abrangendo espessuras variadas e bem maiores, em função do número de camadas e das faixas granulométrica. Frequentemente ele é usado como camada de base.

- Revestimentos por Mistura: Nesses revestimentos, betuminosos por mistura, o agregado é pré-envolvido com o material betuminoso, antes da compressão. Quando o pré-envolvimento é feito em usinas fixas, resultam os "Pré-misturados Propriamente Ditos" e, quando são feitos na própria pista, têm-se os "Pré-misturados na Pista" (road mixes).

Ainda segundo DNIT (2006) conforme os seus referentes processos construtivos, são adotadas ainda algumas designações:

- O Pré-misturado a Frio: Que é Quando os tipos de agregados e de ligantes utilizados admitem que o espalhamento seja realizado com à temperatura ambiente.

- Pré-misturado a Quente: É quando o ligante e o agregado são misturados e realizado o espalhamento na pista ainda quente.

### 3.3.4 Revestimentos flexíveis por calçamento

A utilização destes tipos de pavimento, em rodovias caiu consideravelmente, na medida em que se intensificou a utilização de pavimentos asfálticos e de concreto. (DNIT, 2006).

Pequenos inconvenientes, como uma certa lentidão na execução, a trepidação e sonoridade que provocam, são pouco sentidos ou altamente atenuados em locais que, por natureza, não permitem altas velocidades, como devem ser as zonas urbanas. A de mais, esses inconvenientes podem ser muito bem compensados pelas facilidades que esses pavimentos oferecem quando da necessidade de retiradas para serviços no subsolo, inclusive permitindo reaproveitamento praticamente total. (SENÇO, 2007, p.219)

- Alvenaria Poliédrica: É um revestimento de pedras desiguais, assentadas lado a lado sobrepor cima de uma base de solo escolhido, parecendo um autêntico mosaico. O assentamento é iniciado com as pedras-guias, que dão, em intervalos prefixados, o nivelamento do pavimento. (SENÇO, 2007).

- Os Paralelepípedos: são revestimentos formados por blocos regulares, assentes sobre um colchão de regularização constituído de material granular apropriado. As juntas entre os paralelepípedos podem ser tomadas com o próprio material do colchão de regularização, pedrisco, materiais ou misturas betuminosas ou com argamassa de cimento Portland. Os paralelepípedos podem ser fabricados de diversos materiais sendo os mais usuais compostos de blocos de granito, gnaisse ou basalto. (DNIT, 2006)

- Blocos de concreto pré-moldados e articulados: É um pavimento formado por blocos de concreto de dimensões e formas definidas, produzidos em fábricas próprias. Geralmente as formas, dimensões, espessuras e esquemas de articulação são patenteados. As formas mais comuns são de blocos quadrados ou retangulares, Tor-cret, e sextavados, Blokret (SENÇO, 2007).

### 3.3.5 Revestimentos rígidos

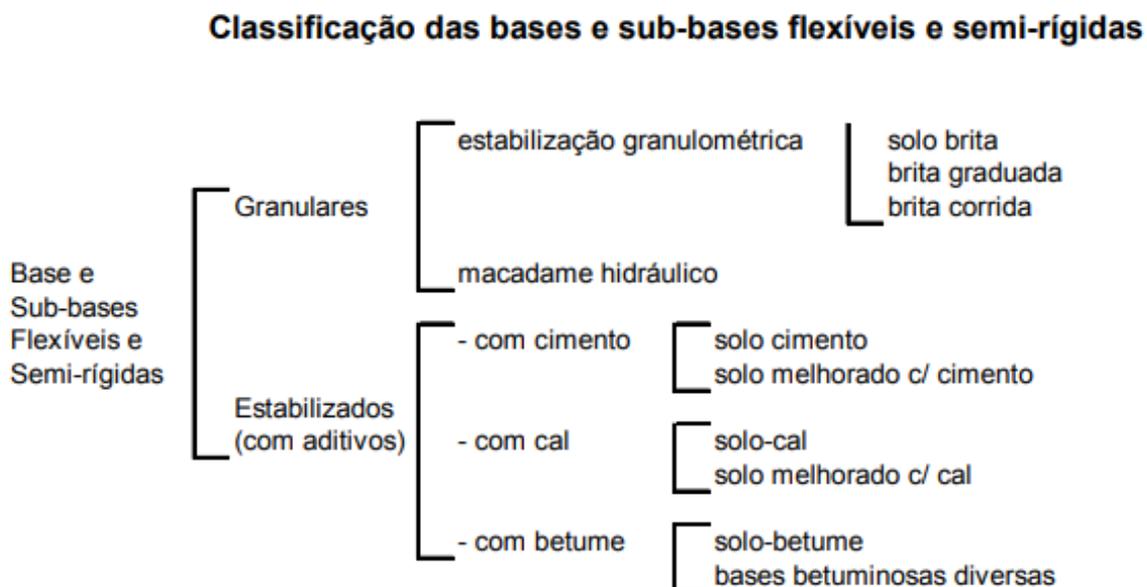
Segundo Dnit (2006) O concreto de cimento, ou simplesmente "concreto" é composto por uma mistura relativamente rica de cimento Portland, areia, agregado graúdo e água, distribuído em uma camada devidamente aglomerada. Essa camada funciona ao mesmo tempo como o revestimento e a base do pavimento.

## 3.4 CLASSIFICAÇÃO DAS BASES SUB-BASE FLEXÍVEL E SEMI-RÍGIDA

Os revestimentos de base e sub-base flexíveis e semirrígidas podem ser

classificados como mostra a figura a seguir:

Figura 4 - Classificação das bases e sub-bases flexíveis e semirrígidas



Fonte: DNIT (2006)

### 3.4.1 Bases e sub-bases granulares e estabilizadas

Segundo o DNIT (2006) as definições para base e sub-base granulares são:

- Estabilização Granulométrica: São as camadas formadas por solos, britas de rochas, de escoria de alto forno, ou ainda, pela mistura de todos esses materiais.
- Solo Brita, Brita Graduada e Brita corrida: É Quando se utiliza uma mistura de material natural e pedra britada e tem-se as sub-bases e bases de solo-brita. Quando se utiliza unicamente produtos de britagem tem se as sub-bases e bases de brita graduada ou de brita corrida.
- Macadame Hidráulico: Consiste de uma camada de brita de graduação aberta de tipo especial (ou brita tipo macadame), que após compressão tem os seus vazios ocupados pelo material de enchimento, constituído por pó de pedra ou mesmo por solos de granulometria e plasticidade apropriadas.

### 3.4.2 Bases e sub-bases estabilizadas (com aditivos)

Ainda segundo DNIT (2006) estas camadas têm, quase todas, processos tecnológicos e construtivos parecidos com às granulares por estabilização

granulométrica, diferente em apenas alguns detalhes.

- Solo-cimento: É uma mistura compactada de solo, cimento Portland e água; a mistura solo-cimento deve atender a certos requisitos de densidade, durabilidade e resistência, tendo como resultado um material duro, cimentado, de acentuada rigidez à flexão.

- Solo Melhorado com Cimento: Esta categoria é atingida mediante a adição de pequenos teores de cimento (2% a 4 %), visando primeiramente à modificação do solo no que se refere à sua plasticidade e sensibilidade à água, sem cimentação acentuada, são consideradas flexíveis.

- Solo- cal: É uma mistura de solo, cal e água e, uma mistura artificial. O teor de cal mais frequente é de 5% a 6%, e o processo de estabilização ocorre:

- Por modificação de solo, quando se refere à sua plasticidade e sensibilidade à água;

- Por carbonatação, a qual é uma cimentação fraca;

- Por pozolanização, a qual é uma cimentação forte.

- Quando, pelo teor de cal usado, pela natureza do solo ou pelo uso do cinza volante, predominam os dois últimos efeitos mencionados, tem-se as misturas solo-cal, consideradas semirrigidas.

- Solo Melhorado com Cal: é a mistura que se obtém quando há predominância do primeiro dos efeitos citados sendo considerada flexível.

- Solo-betume: É uma mistura de solo, água e material betuminoso. É uma mistura classificada como flexível.

- Bases Betuminosas Diversas: Estas camadas são descritas nos itens referentes a revestimentos betuminosos, pois suas técnicas construtivas e os materiais empregados são os mesmos.

### 3.5 BASES E SUB-BASES RÍGIDAS

As bases e sub-bases rígidas são divididas em: concreto de cimento, macadame de cimento e em solo cimento.

Segundo Senço (2007) suas definições ficam da seguinte forma:

- Concreto Cimento: É uma mistura devidamente dosada e uniformizada de agregados, areia, cimento e água nas dimensões calculadas em projeto. É a base mais caracterizada como rígida, o dimensionamento segue a estudos baseados na teoria de Westergaard, sendo capaz ou não ser armada com barras metálicas.

- Macadame de cimento: É uma base de agregado graúdo- diâmetro máximo entre 50 mm e 90mm- cujos vazios são ocupados por um material de granulometria

mais fina, o material de enchimento, misturado com cimento, serve para certificar, além do travamento das pedras, uma ligação entre elas.

- Solo cimento: É uma mistura de solo escolhido, cimento e água, em quantidades antecipadamente já determinadas, mistura essa que, será uniformizada e compactada, a satisfazer as condições exigidas para funcionar como base do pavimento.

### 3.6 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO

Segundo Senço (2007) o dimensionamento de um pavimento representa a sua determinação de camadas de reforço do subleito, sub-base, base e revestimento, de uma forma que estas camadas sejam suficientes para suportar, transmitir e distribuir as pressões resultantes da passagem dos veículos ao subleito, sem que o todo sofra ruptura, deformações ou desgaste superficial excessivo.

Um pavimento é um sistema de camadas em espessuras com um certo limite, assentadas sobre um semi-espaço infinito, o qual é o subleito. O problema do dimensionamento consiste em considerar um ponto qualquer do sistema solicitado por uma carga de roda que gera uma pressão de contato.

### 3.7 CAMADAS SEÇÃO TRANSVERSAL DO PAVIMENTO

Segundo Dnit (2006), a seção transversal do pavimento é constituída da seguinte forma:

a) Pavimento – é a estrutura realizada após a terraplenagem e destinada, econômica e simultaneamente em seu conjunto, para resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais vindos do tráfego; melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e o conforto; resistir aos esforços horizontais (desgaste), tomando mais durável a superfície de rolamento;

b) Subleito - é o terreno que serve de fundação do pavimento;

c) Leito - é a superfície obtida pela terraplenagem adequado ao seu greide e perfis transversais;

d) Greide do leito - é o perfil de apoio longitudinal do leito;

e) Regularização - é a camada colocada sobre o leito, designada a

conformá-lo transversal e longitudinalmente de acordo com os critérios; a regularização não constitui, propriamente uma camada de pavimento, sendo, a rigor, uma operação que pode ser reduzida em corte do leito implantado ou em sobreposição a este, de camada com espessura variável;

f) Reforço do subleito: é uma camada com espessura contínua, que fica acima da de regularização, com características geotécnicas abaixo do material usado na camada que lhe for superior, porém melhores que uma camada de espessura constante, posta por circunstâncias material do subleito;

g) Sub-base: é a camada que complementa à base, quando por motivos técnico-econômicas não for aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização;

h) Base: é a camada determinada a resistir e distribuir os esforços vindos do tráfego e sobre a qual se constrói o revestimento;

i) Revestimento: é a camada, impermeável o quanto possível for, que recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos e destinada a melhorá-la, quanto à comodidade e segurança e a resistir ao desgaste.

Segundo DNER (1996) as definições são da seguinte forma:

Revestimento - Camada designada para resistir diretamente às ações do tráfego, impermeabilizando o pavimento, melhorando as condições do rolamento, no que se refere ao conforto e à segurança.

Base - Camada designada a resistir diretamente às ações dos veículos e a distribuí-las, de forma adequada, ao subleito.

Sub-base - Camada complementar à base, com as mesmas funções desta e executada quando, por razões de ordem técnica-econômica, for conveniente reduzir a espessura da base.

Reforço do subleito - Camada existente, no caso de pavimentos muito espessos, executada com o intuito de reduzir a espessura da própria sub-base. Camada de espessura variante, executada quando se torna Regularização do subleito necessário para o preparo do leito da estrada para receber o pavimento.

### 3.8 CAPACIDADE SE SUPORTE DO SOLO – METODO CBR/METODO DNER

Segundo Senço (2007) nos métodos de dimensionamento de pavimentos, a resistência do subleito é definida de modo variável, de método para método.

No método CBR, a resistência do subleito é entregue em porcentagem e é obtida em um ensaio de laboratório na qual se mede a resistência à penetração de um pistão em uma amostra do solo do subleito, relacionando essa resistência à penetração, com a resistência oferecida por um material considerado padrão, ao qual se atribui um CBR = 100%.

No método de Francis Hveem, essa resistência é determinada por um ensaio triaxial, realizado num aparelho próprio chamado de Estabilômetro de Hveem. No método do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem-DNER essa resistência é a média aritmética entre o CBR e outro índice -derivado do Índice de Grupo - que é função dos resultados dos ensaios de caracterização do solo do subleito, e assim por diante.

#### 3.8.1 C.B.R.: California Bearing Ratio

O Método do CBR segundo Senço(2007) é umas das características mais aceitas para avaliar o comportamento de um solo, quer ele como fundação de pavimento, quer como componente das camadas desse pavimento.

O ensaio CBR foi idealizado por O.J. Porter, diretor da Divisão de Materiais do Califórnia Highway Department, no final dos anos 30, para definir a resistência dos materiais granulares empregados nos serviços de pavimentação. Os resultados eram associados a dois tipos de tráfego (leve e pesado) em curvas que forneciam as espessuras necessárias de pavimento. Assim, o CBR originalmente associado ao método de Porter para dimensionamento de pavimentos desligou-se dessa associação quando o U.S. Corps of Engineers associou os resultados CBR a uma outra família de curvas para dimensionamento de aeroportos e rodovias (SENÇO,2007, página 219)

Segundo DNER(1996) o Índice de Suporte Califórnia (Califórnia Bearing Ratio), o ensaio de CBR consiste na determinação da relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um pistão num corpo-de-prova de solo, e a pressão necessária para produzir a mesma penetração numa brita padronizada.

O valor dessa relação, expressa em percentual, possibilita determinar, por meio de equações, a espessura de pavimento flexível necessária, em função do tráfego.

Em geral a sequência do ensaio (DNER-ME 049/94) é a seguinte:

a) Compacta-se no molde o material, em cinco para subleito), 26 ou 55 (em caso de materiais para sub-base e base), caindo de 45,7 cm, distribuídos igualmente sobre a superfície da camada;

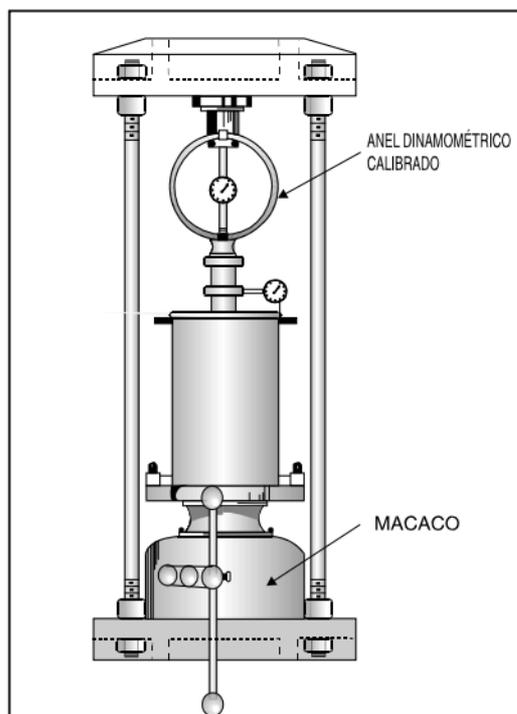
b) Após a compactação, arruma se o material na altura exata do molde e retira-se do material excedente da moldagem uma amostra representativa com cerca de 100 g para determinar sua umidade;

c) Compactam-se outros corpos-de-prova com teores crescentes de umidade, quantas vezes se fizer necessário para caracterizar a curva de compactação;

d) Imerge se os corpos de prova por quatro dias;

e) A penetração dos mesmos é feita em uma prensa, em uma velocidade constante de 0,05 pol/min. Como na figura.

Figura 5 - Prensa para CBR



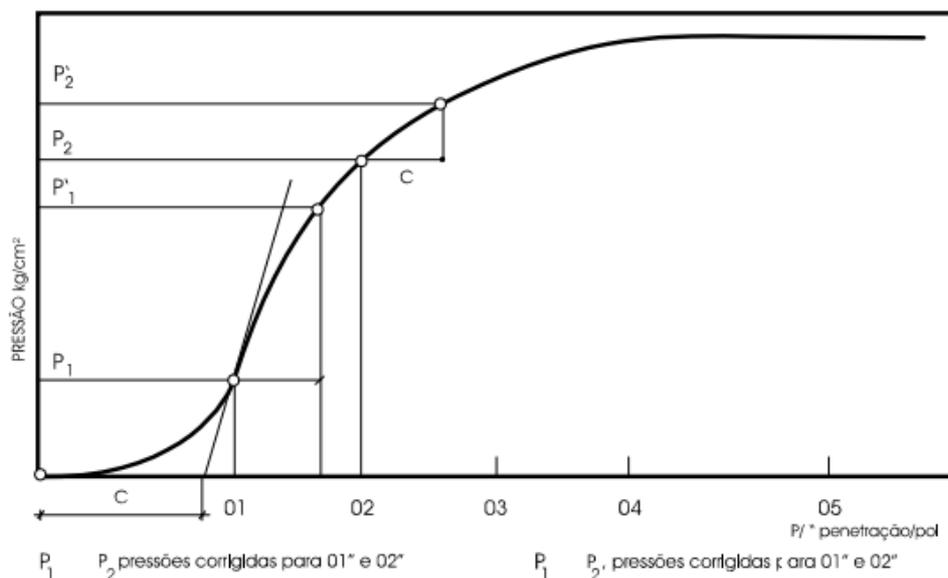
Prensa para Índice de Suporte Califórnia

Fonte: DNER (1996)

f) Traça-se a curva pressão-penetração conforme é mostrado na Figura (. Caso tenha um ponto de inflexão, traça-se então uma tangente à curva nesse ponto até que ela corte o eixo das abscissas; a curva corrigida será então essa tangente

mais a porção convexa da curva original, considerada a origem muda se para o ponto em que a tangente corta o eixo das abscissas. Da distância desse ponto à origem dos eixos. Somando-se as abscissas dos pontos correspondentes às penetrações de 0,1 e 0,2 polegadas a distâncias. Com isso chega-se, na curva traçada, os valores correspondentes das novas ordenadas, que correspondem aos valores das pressões corrigidas para as penetrações referidas.

Figura 6 - Curva de pressão-penetração



### Curva pressão - penetração

Fonte: DNER (1996)

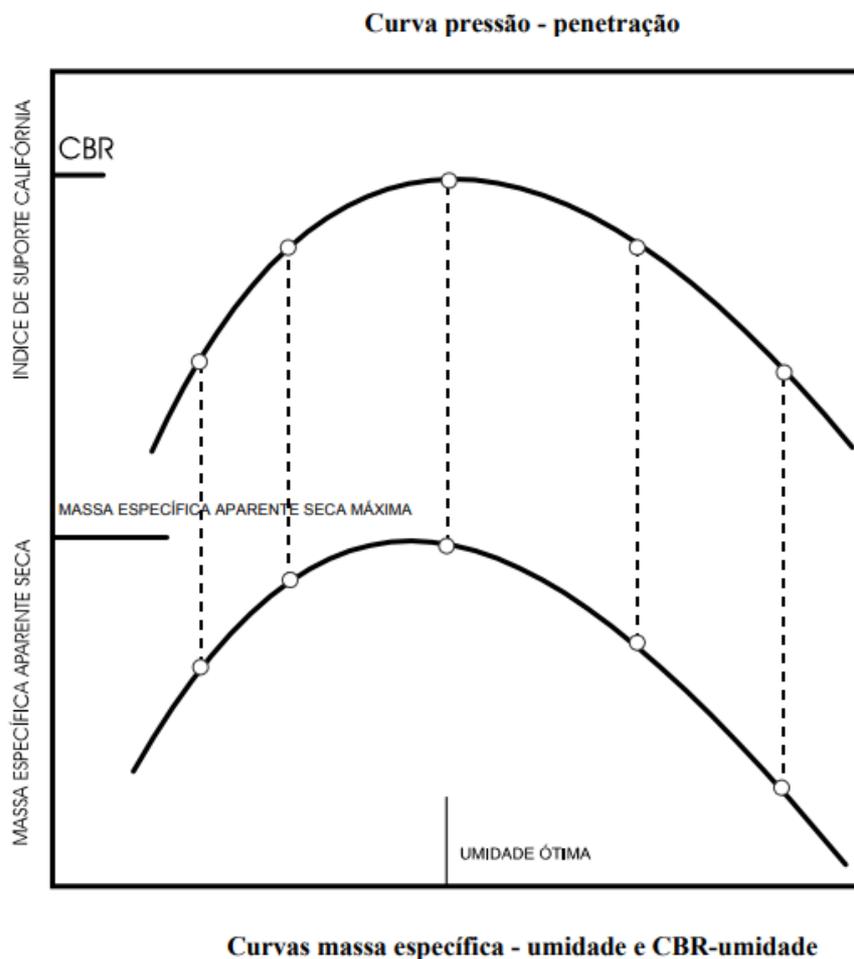
g) O índice de suporte Califórnia (CBR), em porcentagem, para cada corpo-de-prova é encontrado através da fórmula:

$$\text{CBR} = \frac{\text{pressão calculada ou pressão corrigida}}{\text{pressão padrão}}$$

Aplica-se para o índice CBR o maior dos valores obtidos nas penetrações de 0,1 e 0,2.

h) Para o cálculo do Índice de Suporte Califórnia (CBR) final, registram-se preferencialmente, na mesma folha em que se representou a curva de compactação, usando a mesma escala das unidades de moldagem, sobre o eixo das ordenadas, os valores dos índices do Suporte Califórnia (CBR) obtidos, correspondem aos valores das unidades que serviram para a construção da curva de compactação.

Figura 7 - Curva pressão penetração/ Curvas massa específica



Fonte: DNER (1996)

### 3.9 MÉTODO DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL MÉTODO DNER

Este método tem sido baseado no trabalho "Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume", da autoria de W.J. Turnbull, C.R. Foster e R.G. Ahlvin, do Corpo de Engenheiros do Exército dos E.E.U.U. e conclusões obtidas na Pista Experimental da AASHTO. (DNIT,2006).

Segundo Dnit (2006) Antes de qualquer coisa, para o dimensionamento das camadas de um pavimento flexível é necessário saber sua capacidade de suporte, por meio do Ensaio de Capacidade de Suporte Califórnia (CBR). Após isso o pavimento é dimensionado a partir do número de eixos equivalente (N), mas para encontrar o valor de N, é preciso primeiramente calcular o volume médio diário de tráfego (Vm), pela expressão:

$$V_m = V_1 \frac{2 + (P+1)t/100}{2}$$

Aonde:

- $V_m$  = volume médio de tráfego (veículos/h);
- $V_1$  = volume médio de tráfego no ano de abertura da via (veículos/h);
- $P$  = período de tempo (anos);
- $t$  = taxa de crescimento anual (%).

Após o cálculo do volume médio diário é possível determinar o volume de tráfego:

$$V_t = 365 \cdot P \cdot V_m$$

Aonde:

- $V$  = volume de tráfego durante um período (veículos);
- $P$  = período de tempo (anos);
- $V_m$  = volume médio de tráfego (veículos/dia).

E o valor de  $N$  será determinado pela seguinte fórmula:

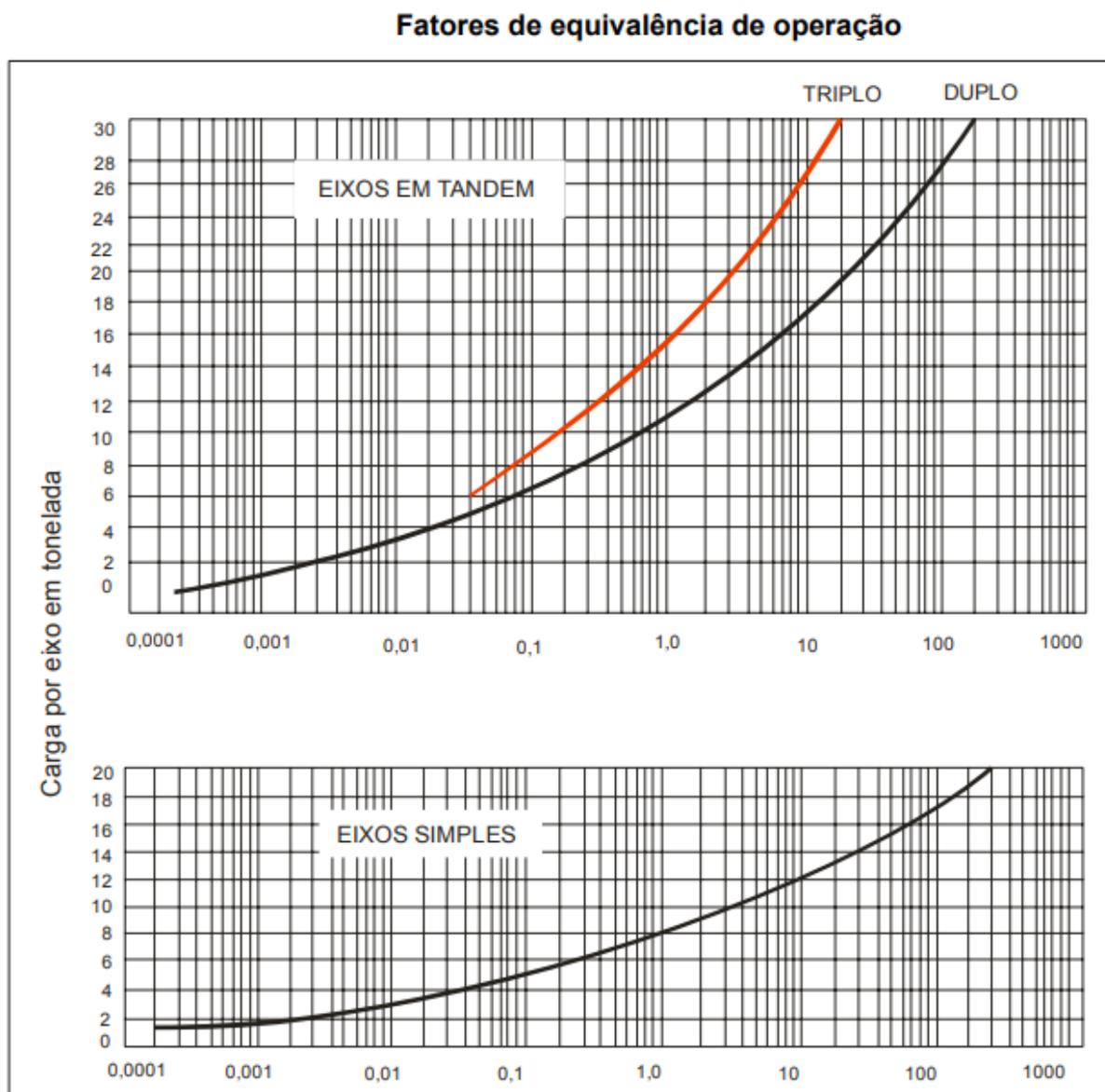
$$N = V_t \cdot FV$$

Aonde:

- $N$  = número de operações de um eixo padrão;
- $V_t$  = volume de tráfego durante um período (veículos);
- $FV$  = o fator de veículo,  $FV = FE \cdot FC$ ;
- $FE$  = fator de eixos;
- $FC$  = fator de carga;

Segundo Dnit (2006), para realizar o cálculo de  $F.E$ ,  $F.C$  e  $F.V$ , é preciso conhecer a composição do tráfego. Por isso, se faz necessário a contagem do trafego na estrada, para o volume total do tráfego, para o período da amostra. Faz contagem de todos os números de eixos  $n$ , e pesa todos eles.

Figura 8 - Fatores de equivalência de operação



Fonte: DNIT (2006)

Segundo o Dnit (2006) O coeficiente de equivalência estrutural (K), mostra a capacidade relativa de um material em distribuir as pressões sobre as demais camadas.

Figura 9 - Coeficiente K

<b>Coeficiente de equivalência estrutural</b>	
<b>Componentes do pavimento</b>	<b>Coeficiente K</b>
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,20
<b>Camadas granulares</b>	
<b>1,00</b>	
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 kg/cm	1,70
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 kg/cm e 28 kg/cm	1,40
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 28 kg/cm e 21 kg/cm	1,20

Fonte: DNIT (2006)

Segundo Dnit (2006) depois de determinadas as espessuras  $H_m$ ,  $H_n$  e  $H_{20}$  e os coeficientes de equivalência estrutural, e o dimensionamento das camadas de reforço do subleito ( $h_n$ ), de sub-base ( $h_{20}$ ) e de base (B) , poderá ser realizado a partir das equações abaixo:

$$RKR+BKB \geq H_{20}$$

$$RKR+BKB+h_{20} \geq H_n$$

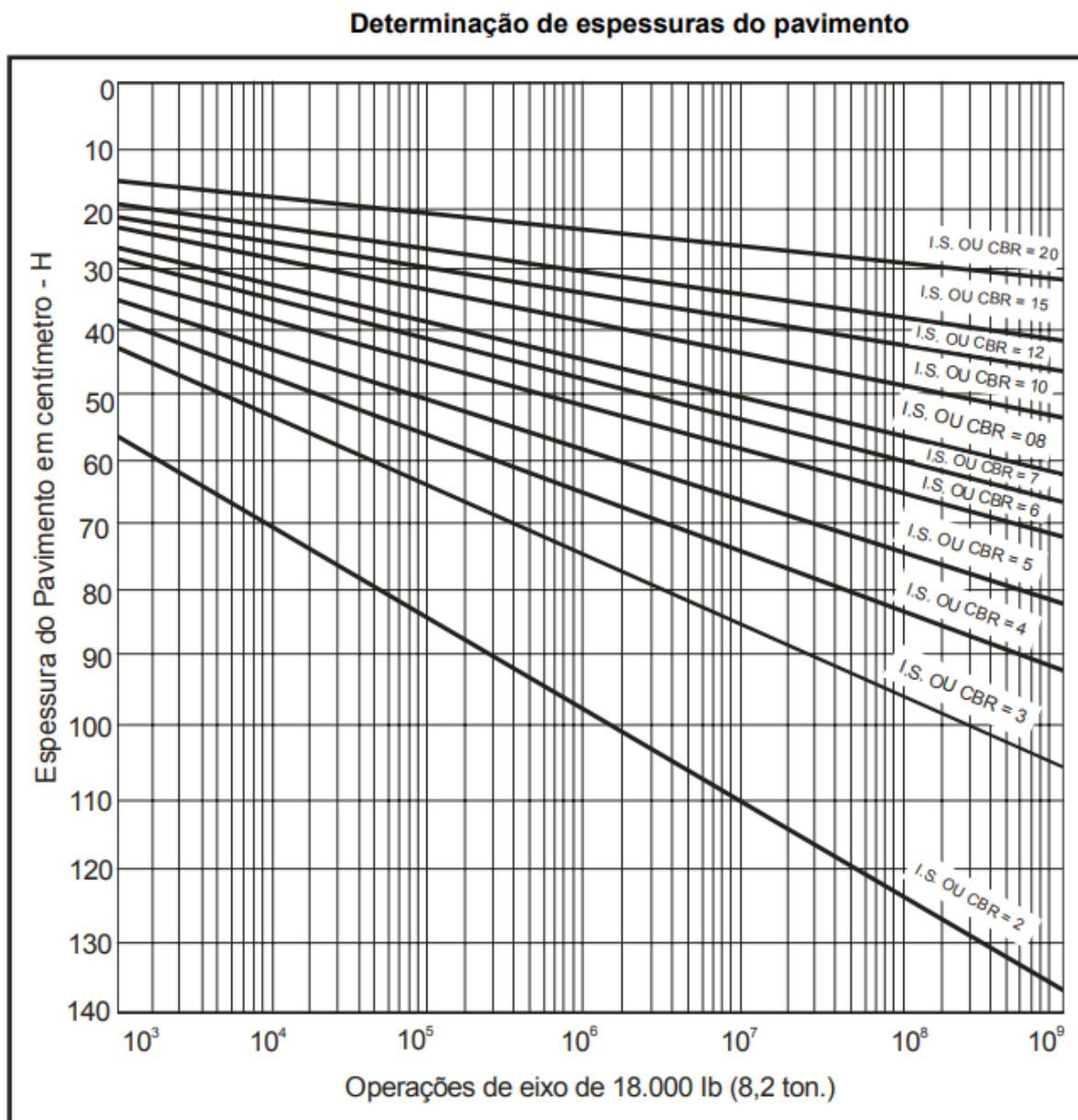
$$RKR+BKB+h_{20}KS+h_nK_{ref} \geq H_m$$

Deve ser levado em consideração as consecutivas representações para os coeficientes estruturais:

- Revestimento: KR
- Base: KB
- Sub-base: KS
- Reforço subleito: KRef

Para dimensionar o pavimento se deve usar o seguinte ábaco da figura a baixo:

Figura 10 - Determinação de espessuras do pavimento



Fonte: DNIT (2006)

Segundo o DNIT (2006) deve se seguir os seguintes parâmetros para o dimensionamento:

Materiais do subleito

- Expansão  $\leq 2\%$
- CBR  $\geq 2$

Materiais do reforço do subleito

- IS ou CBR necessariamente maior que o do subleito
- Expansão  $\leq 2\%$  (sobrecarga de 10 lbs)

Materiais da sub-base

- IS ou CBR  $\geq 20$
- Índice de grupo = 0
- Expansão  $\leq 1\%$  (sobrecarga de 10 lbs)

#### Materiais da base

- CBR  $\geq 80$
- Expansão  $\leq 0,5\%$  (sobrecarga de 10 lbs)
- Limite de liquidez  $\leq 25$
- Índice de plasticidade  $\leq 6$

### 3.10 DIMENSIONAMENTO PARA PAVIMENTAÇÃO INTERTRAVADA

No Brasil temos dois tipos de métodos para os pavimentos intertravados que constam e são propostos pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), aonde podemos encontrar detalhadamente na normativa da Prefeitura De São Paulo IP-06 (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2004).

As vias para pavimentação devem ser classificadas de acordo com a normativa IP-02 (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2004).

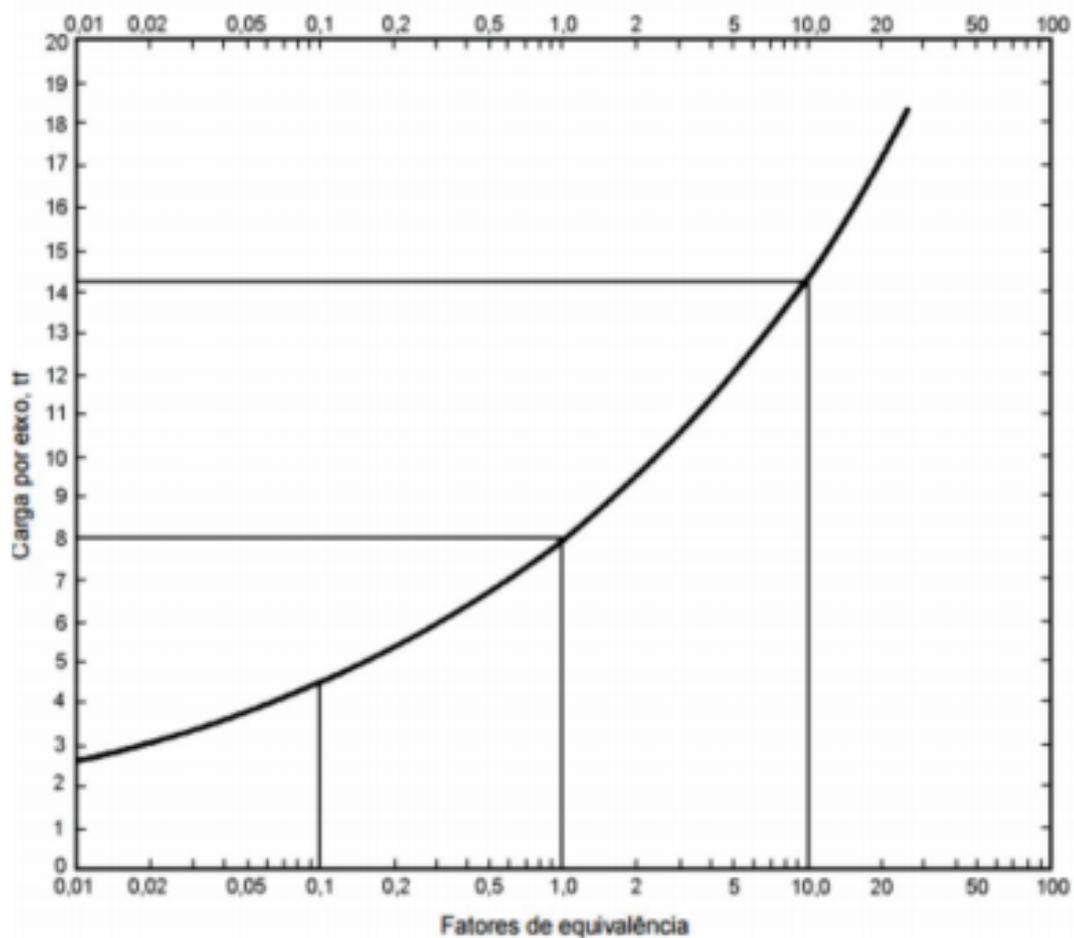
Segundo a normativa IP-02 (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2004), o trânsito fica classificado da seguinte forma:

- Tráfego leve- Caracteristicamente para ruas residenciais, sem trafego de ônibus, com eventualidade da passagem de caminhões. "N" até  $1 \times 10^5$ .
- Tráfego médio- Ruas e avenidas que passem caminhões e ônibus. "N" até  $5 \times 10^5$
- Tráfego Meio Pesado- Em ruas e avenidas que caminhões e ônibus acessem em número de 101 a 300 por dia. "N" até  $2 \times 10^6$ .
- Tráfego Pesado- Em Ruas e avenidas com acesso a caminhões e ônibus em número de 301 a 1000 por dia. "N" até  $2 \times 10^7$ .
- Tráfego Muito Pesado- Ruas e avenidas com acesso caminhões e ônibus em número de 1001 a 2000 por dia. "N" até  $5 \times 10^7$ .

Segundo o método A (ABCP) devemos iniciar o dimensionamento da via através do estudo prévio do trafego local, o qual está associado ao número de passagem de eixo padrão "N". Que mostra a figura logo abaixo:

Figura 11 - Fator de equivalência

## Fator de equivalência para o eixo padrão 8,2ton.

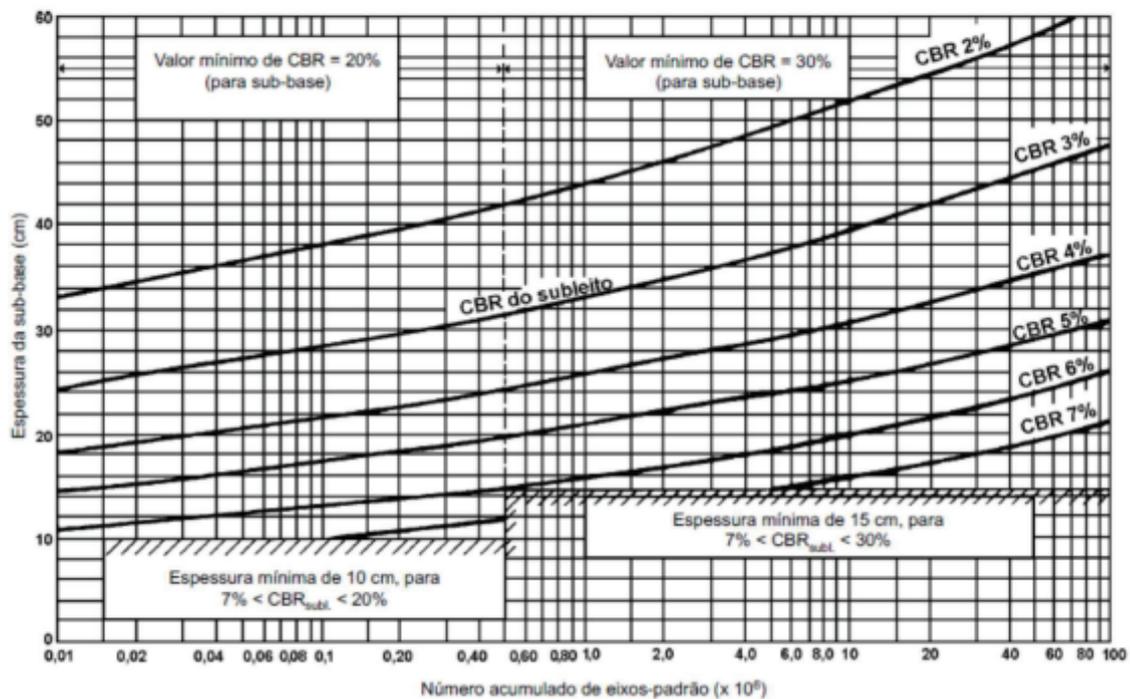


Fonte: ABCP (1998)

Depois seguindo orientações da (ABCP,1998) define se a camada de sub-base pelo CBR e pelo “N” na figura à seguir:

Figura 12 - Fator de equivalência

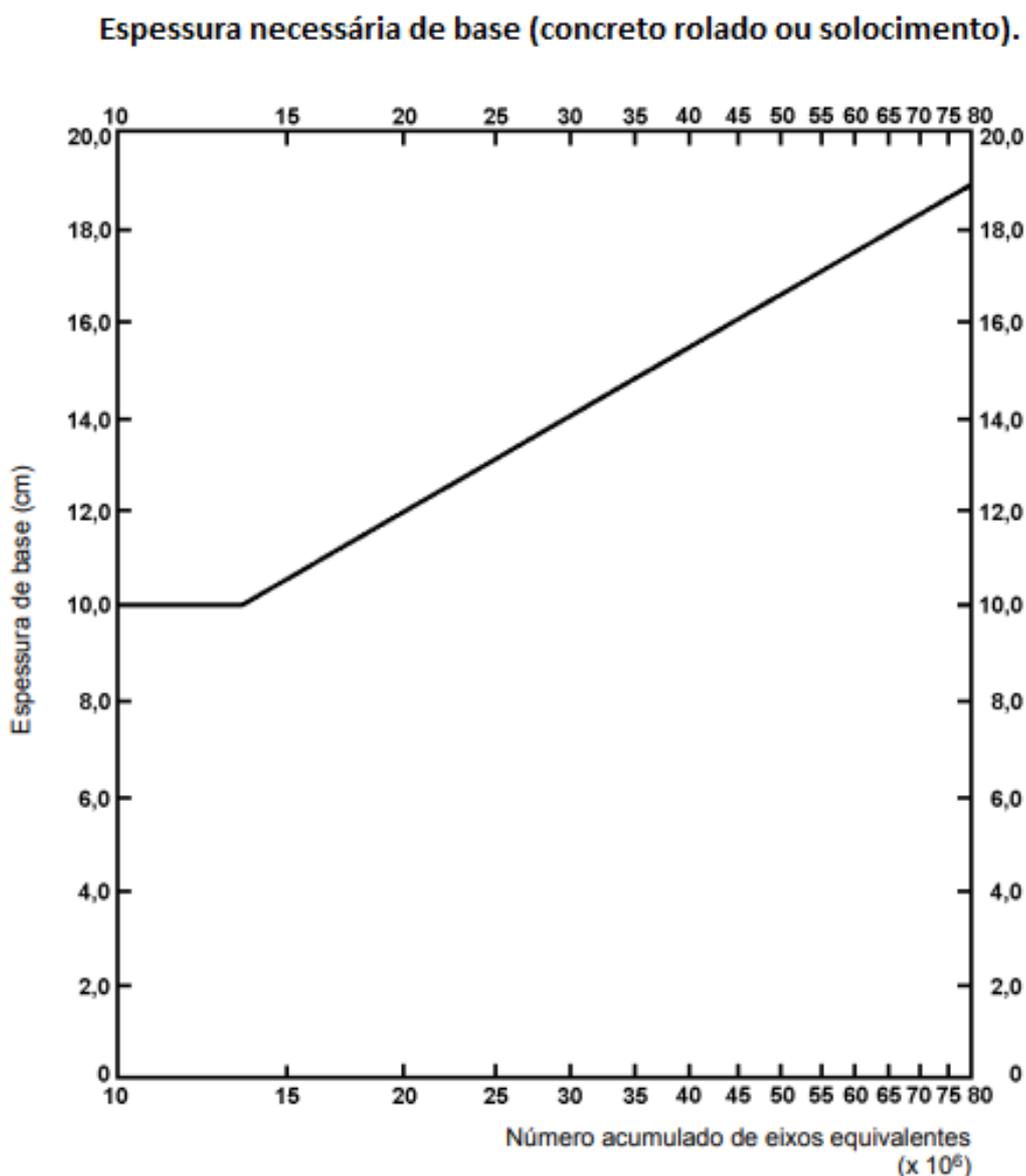
## Fator de equivalência para o eixo padrão 8,2ton.



Fonte: ABCP (1998)

A figura seguinte segundo Carvalho (1998) - (ABCP, 1998) mostra a espessura necessária de base de concreto rolado ou solo-cimento, em função do número de solicitações do eixo padrão, vendo se a necessidade de usar ou não base.

Figura 13 - Espessura necessária de base (concreto rolado ou solo cimento).



Fonte: ABCP ET-27 (1998)

### 3.10.1 Dimensionamento método B (PCA- Portland Cement Association)

Segundo fala a normativa IP-06/2004 Este método de dimensionamento é usado apenas para vias de tráfego médio a meio pesado com “N” entre  $10^5$  e  $1,5 \times 10^6$ . Em caso de bases granulares que tenham estrutura mais seguras. Adotando camadas de pavimento em ordem crescentes de resistência, a deformação por cisalhamento e consolidação de materiais. Reduzindo ao máximo as deformações verticais.

### 3.11 ETAPAS PARA A PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

As etapas para a pavimentação asfálticas são:

#### **Regularização do Subleito**

Segundo Normativa 137 Dnit (2010) a regularização do subleito é a realização usada para concertar o leito estradal, longitudinal e transversal, quando se fizer necessário, com cortes e aterros em até 20 cm de espessura.

#### **Sub-Base**

Segundo Dnit (2010) a sub-base é a camada da pavimentação que complementa à base e com as mesmas funções dela, executada sobre o subleito ou reforço do subleito devidamente regularizado e compactado. Ela é encarregada pela transmissão dos esforços para o subleito, servindo de reforço para o subleito.

#### **Base**

Segundo Balbo (2007) as bases podem ser constituídas por solo estabilizado naturalmente, misturas de solos e agregados. Já segundo Dnit (2006) Base é a camada destinada a resistir e distribuir os esforços oriundos do tráfego o qual se constrói revestimento.

#### **Imprimação**

Segundo normativa 144 do DNIT (2014) a imprimação representa a aplicação de material asfáltico sobre a superfície da base pronta, antes da execução do revestimento asfáltico, dando coesão, impermeabilizando e permitindo aderência entre ela e o revestimento a ser executado.

#### **Pintura de ligação**

Segundo CDT (2015), a pintura de ligação resume-se na aplicação do ligante betuminoso sobre a base ou revestimento betuminoso anterior a execução de uma camada betuminosa qualquer, com o intuito de promover a aderência entre elas.

#### **Camada asfáltica**

Segundo Deinfra (2016) são produtos resultantes do processo a quente, feitos em usinas próprias e apropriadas para misturas homogêneas, e dosadas corretamente com agregados e materiais asfálticos, espalhadas e comprimidas a quente.

### 3.12 ETAPAS PARA A PAVIMENTAÇÃO EM LAJOTA

As etapas que constituem a pavimentação em lajota são:

#### **Preparação do Subleito**

Segundo ABCP (2010) Antes de realizar a compactação do subleito, devem ser feitos os serviços de drenagem, rede de serviços e as locações complementares. A camada do subleito deve ser verificada, podendo ser formada por solo natural local ou solo de empréstimo. O solo também não pode ser expansível, nem ter deformidades. Deverá haver contenções laterais evitando que ocorra o deslizamento dos blocos. O confinamento é parte fundamental do pavimento intertravado, como já foi visto. Dependendo do valor de CBR que saberá se ira ser necessário sub-base ou não.

#### **Base**

Segundo ABCP (2010) deve-se tomar precauções para vir a evitar a segregação do material durante o transporte, descarga e o espalhamento. Alguns pontos importantes é a regularização e a compactação da base. Devendo ficar o mais fechado possível, com o mínimo de vazios possíveis.

#### **Camada de areia de assentamento**

Segundo ABCP (2010) após realizados os serviços anteriores, pode se de fato prosseguir com a construção do piso intertravado. Dando início pela camada de areia, usada para dar o assentamento aos blocos.

#### **Camada de revestimento**

Ainda segundo o ABCP (2010), essa etapa é aonde assentasse os blocos intertravados de concreto, realiza os ajustes, faz a compactação inicial, realiza o espalhamento de areia para selagem, faz a compactação final, realiza a limpeza, e a obra está finalizada e pronta para o tráfego.

### 3.13 IMPACTO AMBIENTAL

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), é considerado impacto ambiental qualquer tipo de mudança realizada no meio ambiente, sendo ela biológica, química ou física, sendo resultado de qualquer atividade humana, que tenha afetado o meio ambiente.

Para facilitar a análise do diagnóstico ambiental, os estudos de base,

geralmente são divididos em três compartimentos principais: meio físico, biológico e antrópico.

Pela NBR 14001 (ABNT, 2004), aspecto ambiental “é o elemento das atividades ou produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente”, é a questão em gerar um impacto ambiental significativo.

Segundo a CONAMA, a Poluição é qualquer alteração físico-química ou biológica que possa vir à desequilibrar o ecossistema, e o agente causador desse problema é denominado como poluente.

Como já era previsto, os principais poluentes têm origem na atividade humana. E a indústria é a principal fonte, pois ela gera resíduos que podem ser eliminados de três formas:

Na atmosfera: a eliminação de poluentes desta forma só é possível quando os resíduos estão no estado gasoso.

Na água: essa opção de descarte de dejetos é mais barata e mais cômoda, lamentavelmente os resíduos são lançados geralmente em recursos hídricos utilizados como fonte de água para abastecimento público.

Em áreas isoladas: essas áreas são previamente escolhidas, e em geral são aterros sanitários.

Alguns dos resíduos existentes que causam impactos ambientais são estes :

Resíduos tóxicos: são os mais perigosos e podem provocar a morte conforme a concentração, são rapidamente identificados por provocar diversas reações maléficas no organismo. Exemplos de geradores desses poluentes: indústrias produtoras de resíduos de cianetos, cromo, chumbo e fenóis.

Resíduos minerais: são relativamente estáveis, correspondem às substâncias químicas minerais, elas alteram as condições físico-químicas e biológicas do meio ambiente. Exemplos de indústrias: mineradoras, metalúrgicas, refinarias de petróleo.

Resíduos orgânicos: as principais fontes desses poluentes são os esgotos domésticos, os frigoríficos, laticínios, etc. Esses resíduos correspondem à matéria orgânica potencialmente ativa, que entra em decomposição ao ser lançada no meio ambiente.

Resíduos mistos: possuem características químicas associadas às de natureza biológica. As indústrias têxteis, lavanderias, indústrias de papel e borracha, são responsáveis por esse tipo de resíduo lançado na natureza.

Resíduos atômicos: esse tipo de poluente contém isótopos radioativos, é um lixo atômico capaz de emitir radiações ionizantes e altamente nocivas à saúde humana.

Segundo DNER (1996) os impactos ambientais podem ser distribuídos:

físico, biótico e antrópico, em cada um deles os impactos podem ser:

Meio físico (solo, água e ar) - É o espaço que acomoda todos os outros meios, ele os sustenta e da condições para que haja o desenvolvimento de todos os outros meios. Os impactos são na alteração das propriedades físicas, contaminação química, indução de processos erosivos, esgotamento de reservas minerais, deterioração da qualidade do ar, poluição sonora, alteração da qualidade águas superficiais, aumento da quantidade de sólidos; alteração da qualidade das águas subterrâneas, alteração dos regimes de escoamentos e escassez de água.

Meio biótico- Ele se refere a tudo que tem vida. E os impactos são na interferências na fauna local, interferências na flora local, alteração da dinâmica dos ecossistemas locais e alteração da dinâmica do ecossistema global. A grande maioria dos estudos biológicos envolve atividades de campo. Essas atividades, geralmente são realizadas por um grupo grande de especialistas de diferentes áreas da biologia.

Ações antrópicas são ações realizadas pelo homem. Aonde, hoje em dia, essa expressão ganhou grande destaque em diversas discussões sobre o meio ambiente, visto que as ações humanas têm provocado grandes alterações no meio ambiente e têm desencadeado um cenário de extrema preocupação entre os estudiosos e defensores do meio ambiente.

Sabendo que o espaço geográfico é o local onde se estabelece a relação entre homem e meio. Assim, ele sofre constantes alterações, sejam positivas ou negativas. Ao falarmos sobre impactos, geralmente é feita uma associação negativa ao termo. Contudo, é preciso ressaltar que "impacto" refere-se às alterações produzidas no meio ambiente, que podem ser negativas ou positivas. A alteração nas condições de saúde, alteração nas condições de segurança, alteração da qualidade paisagística, alteração nas condições de saúde, incômodo para a comunidade, alteração no tráfego de vias locais, aumento do volume aterros de resíduos e interferência na drenagem urbana.

A figura abaixo, mostra como o DNER(1996) classifica os impactos ambientais diretos e indiretos.

Figura 14 - Impactos diretos e indiretos

## Matriz de correlação de impactos ambientais de obras rodoviárias

FATORES AMBIENTAIS	MEIO FÍSICO							MEIO BIOLÓGICO			MEIO ANTRÓPICO									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
AÇÕES DE EMPREEDIMENTO																				
Estudo de Viabilidade												D	D			D	D			D
Estudo do Traçado/Projeto Básico												D	D			D	D			D
Desapropriação de Terras												D	D	I	I	D	D	D	D	D
Alocação de Mão-de-obra														D	D	I	D	D	D	D
Infra-estrutura e Obras de Apoio				D	D	D	D	I	D	I	I	D							D	D
Remoção de Cobertura Vegetal		I		I	D	D	I	I	D	I	I	D		D					D	D
Terraplenagem	D	I	D	D	D	D	D	D	D	I	I	D		D						
Remoção de Rocha	D		D	D	D	D	I	I	D			D								
Construção de Túnel			D	D	D	D	I	I	D											
Extração de Minerais Classe II	D		D	D	D	D	I	I	D	I	I	D	D		D				D	D
Preparação de Base e Pavimentação		D	D	D	D	D	I	I	D											
Acessos de Serviços	D	I	D	D	D	D	D	I	D	I	I	D	D	D						
Obras-de-Arte			D	D	D	D	D	I	D	I	I	D	D							
Obras de Drenagem				D	D	D	D	I	D		I	D	D							
Usina de Asfalto	D		D			D	D		I		I	D		D		D			D	D
Regulamentação de Tráfego														D					D	D
Abertura de Tráfego	D		D			I			D	D	I	D		D	D	D	D	D	D	D
Conversão e Manutenção									D	D	I	D			D	D	D	D	D	D

NOTA: D - efeito/impacto direto I - efeito/impacto indireto

1. Qualidade do Ar
2. Microclima
3. Ruídos e Vibrações
4. Relevo
5. Solo

6. Água Superficial
7. Água Subterrânea
8. Vegetação
9. Fauna Terrestre
10. Ecossistemas Aquáticos

11. Paisagem
12. Patrimônio Natural/Cultural
13. Uso e Ocupação do Solo
14. Dinâmica Populacional
15. Nível de Vida

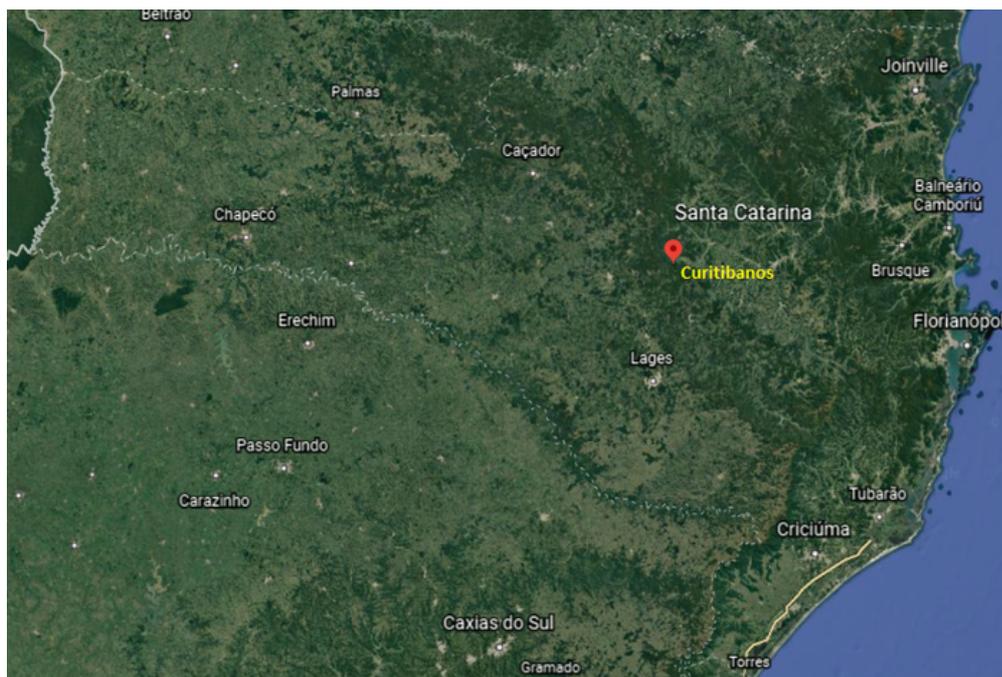
16. Estrutura Produtiva de Serviços
17. Organização Social
18. Saúde e Segurança
19. Impostos e Tributos
20. Renda e Emprego

Fonte: DNER (1996)

#### 4 ESTUDO DE CASO

O presente trabalho, de estudo de caso apresentou o dimensionamento do pavimento da Rua Raulino Almeida, no bairro Água Santa, localizada no município de Curitibaanos - Santa Catarina.

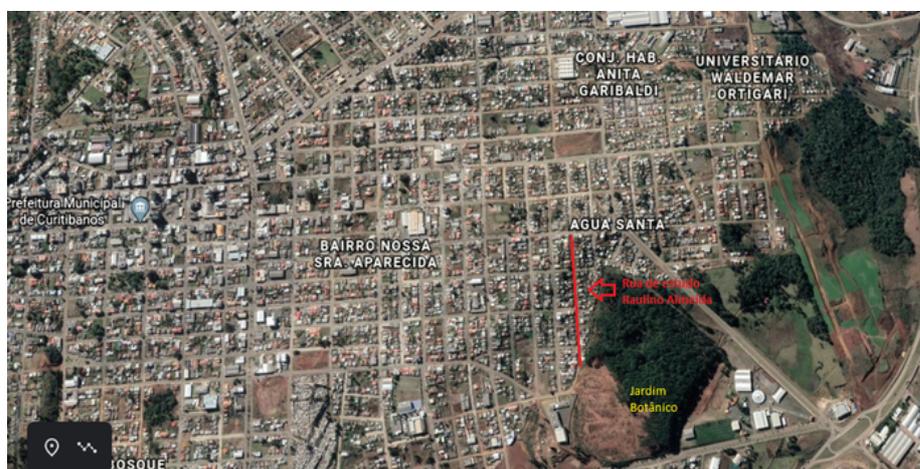
Imagem 1 - Imagem Mapa de Localização do Município De Curitibaanos



Fonte: Google Earth, adaptada pela autora, 2020.

Imagem de localização da rua Raulino Almeida da cidade de Curitibaanos, aonde será feito o estudo para o projeto.

Imagem 2 - Localização Da Rua Raulino Almeida



Fonte: Google Earth, adaptada pela autora, 2020.

Imagem da Rua em estudo, Rua Raulino Almeida.

Imagem 3 - Imagem da Rua Raulino Almeida



Fonte: Google Earth, 2020.

.A via em estudo no momento é pouco usada, mas futuramente virá a ter um pouco mais uso, pela implantação do projeto da Prefeitura Municipal de Curitiba, do Jardim Botânico. Aonde antigamente era apenas um reflorestamento de pinus muito antigo na cidade. E devido a retirada deste reflorestamento, a rua em questão passou a ter alagamento, e muito barro. Porém não houve a necessidade de fazer um estudo da drenagem, pois recentemente a Prefeitura realizou este trabalho na rua em questão, solucionando o problema de alagamento. Nas imagens a baixo podemos ver um pouco disso. As imagens foram cedidas pelo departamento responsável de planejamento do município.

Imagem 4 - Parte de Drenagem realizada pela Prefeitura Municipal



Fonte: Prefeitura Municipal de Curitiba, Secretaria do Planejamento e Urbanismo, 2020.

Imagem 5 - Parte da Drenagem realizada pela Prefeitura Municipal



Fonte: Prefeitura Municipal de Curitibaanos, Secretaria do Planejamento e Urbanismo, 2020.

## 4.1 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO DE ESTUDO

Segundo Dnit (2006) dimensionar um pavimento significa determinar as espessuras das camadas que integram o pavimento, de forma que as camadas resistam e conduzam ao subleito as pressões vindas do tráfego, sem causar ruptura ou um desgaste em excesso.

### 4.1.1 Capacidade de suporte do subleito

Segundo Dnit (2006) Método DNER, deve-se realizar o ensaio suporte que irá fornecer o índice de suporte califórnia (ISC), indicado pelas letras CBR (California Bearing Ratio). Porém em vias urbanas, com solo já compactado e baixo tráfego, pouco se usa este método e adota-se um valor médio. Neste caso o valor de CBR adotado foi através de consulta ao departamento de engenharia responsável pelos projetos do Município de Curitiba. Tendo em vista, baseado em testes anteriores, e tomando como base o mesmo CBR adotado em projetos anteriores na cidade, e por ser um solo argiloso e de fácil compactação. Foi admitido uma CBR igual a 20% para a base de rachão, e admitido uma CBR igual ou maior que 8% para o sub base natural após regulação de greide e compactação.

Segundo Dnit (2006) o cálculo para medir o número de operações padrões por eixo, é representado por "N", para decidir qual tipo de fluxo será adotado.

O resultado do fluxo de tráfego neste caso, foi estabelecido através de consulta com o departamento responsável do município como baixo tráfego. E foi adotado baixo fluxo de veículos. O número equivalente de eixos padrão adotado para a rua foi baixo fluxo de veículos, com valor definido em  $N = 1 \times 10^5$ .

Segundo DNIT (2006), o coeficiente estrutural K, é estabelecido pela tabela a seguir :

Tabela 1 - Coeficiente de equivalência estrutural

<b>Componentes do pavimento</b>	<b>Coeficiente K</b>
Base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,20
<b>Camadas granulares</b>	<b>1,00</b>
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 kg/cm	1,70
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 45 kg/cm e 28 kg/cm	1,40
Idem, com resistência à compressão a 7 dias, entre 28 kg/cm e 21 kg/cm	1,20

Fonte: DNIT (2006), Adaptado pela autora, 2020

#### 4.1.2 Dimensionamento para Pavimentação em CBUQ

A estrutura do pavimento flexível deste projeto decorre das seguintes Equações:

$$R K_r + B K_b > H_{20} \quad (1)$$

$$R K_r + B K_b + h_{20} K_s > H_m \quad (2), \text{ onde:}$$

R = espessura real da camada de rolamento;

B = espessura real da camada de base;

h<sub>20</sub> = espessura real da camada de sub-base;

K<sub>r</sub> = coeficiente estrutural da camada de rolamento;

K<sub>b</sub> = coeficiente estrutural da camada de base;

K<sub>s</sub> = coeficiente estrutural da camada de sub-base;

H<sub>20</sub> = espessura estrutural do pavimento necessária acima da sub-base;

H<sub>m</sub> = espessura estrutural do pavimento necessária acima do subleito.

#### Capa Asfáltica

A espessura da capa asfáltica foi definida conforme tabela abaixo:

R = 5,0 cm, adotado capa Asfáltica com 5,0 cm de altura

Quadro 1 - Espessura mínima do revestimento

<b>N</b>	<b>R<sub>sub</sub> (cm)</b>
<b>até 10<sup>6</sup></b>	<b>5</b>
<b>de 10<sup>6</sup> à 10<sup>7</sup></b>	<b>7,5</b>
<b>mais de 10<sup>7</sup></b>	<b>10</b>

Fonte: DNIT (2006), adaptado pela autora, 2020

## Base

Tendo estes dados % de CBR e " N ", usa-se o ábaco. Foi admitido uma CBR igual a 20% para a sub base de rachão, e um  $N = 1 \times 10^5$ .

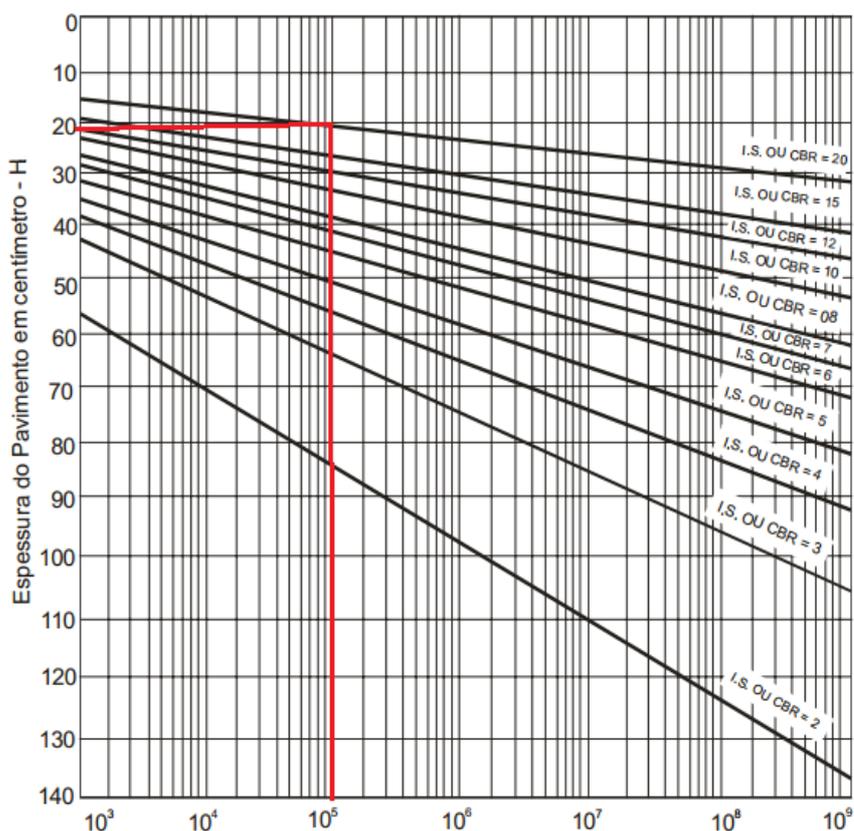
Entramos no ábaco e obtemos  $H_{20} = 21$

$$R K_r + B K_b > H_{20} \quad (1)$$

$$5.0 \times 2 + B \times 1 > 21$$

$B = 12$  cm, adotada uma base de 12 cm

Figura 15 - Ábaco para dimensionamento



Fonte: DNIT (2006), Adaptado pela autora, 2020

## Sub Base

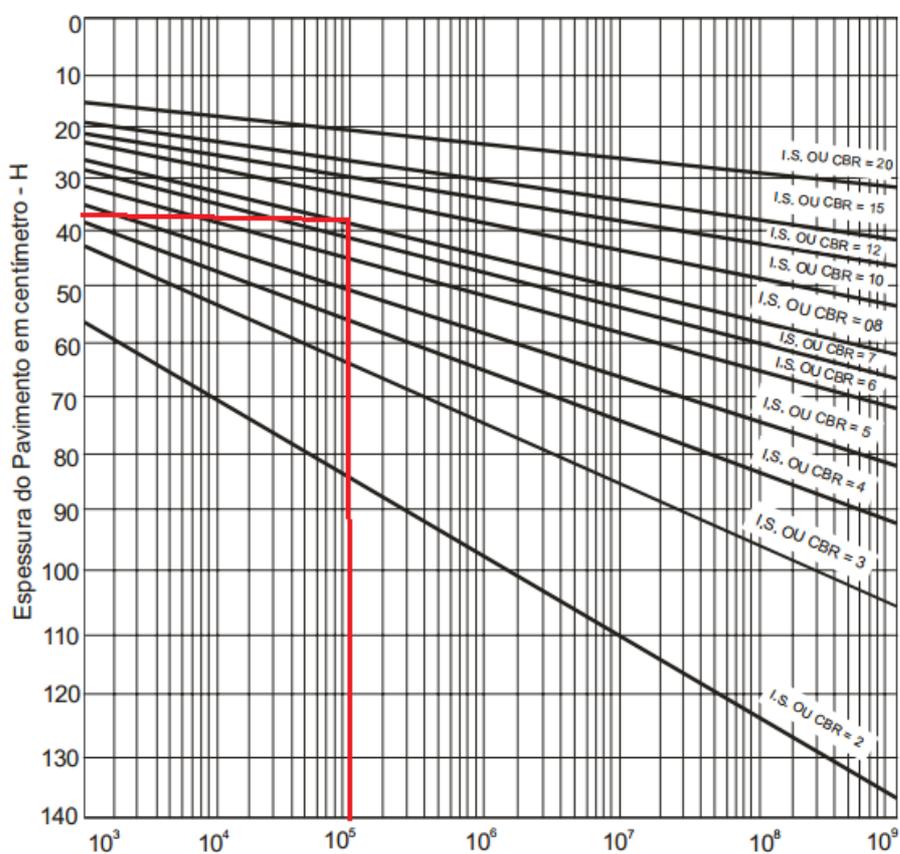
Foi admitido uma CBR igual ou maior que 8% para o sub leito natural após regula de greide e compactação, e um  $N=1 \times 10^5$ . Entramos no ábaco e obtemos  $H_m=38$

$$R K_r + B K_b + h_{20} K_s > H_m \quad (2)$$

$$5,0 \times 2 + 12 \times 1 + h_{20} \times 1 > 36,5$$

$H_{20} = 15 \text{ cm}$ , adotada uma sub-base de 15 cm

Figura 16 - Ábaco para dimensionamento



Fonte: DNIT (2006), Adaptado pela autora, 2020

### Resumo do Pavimento

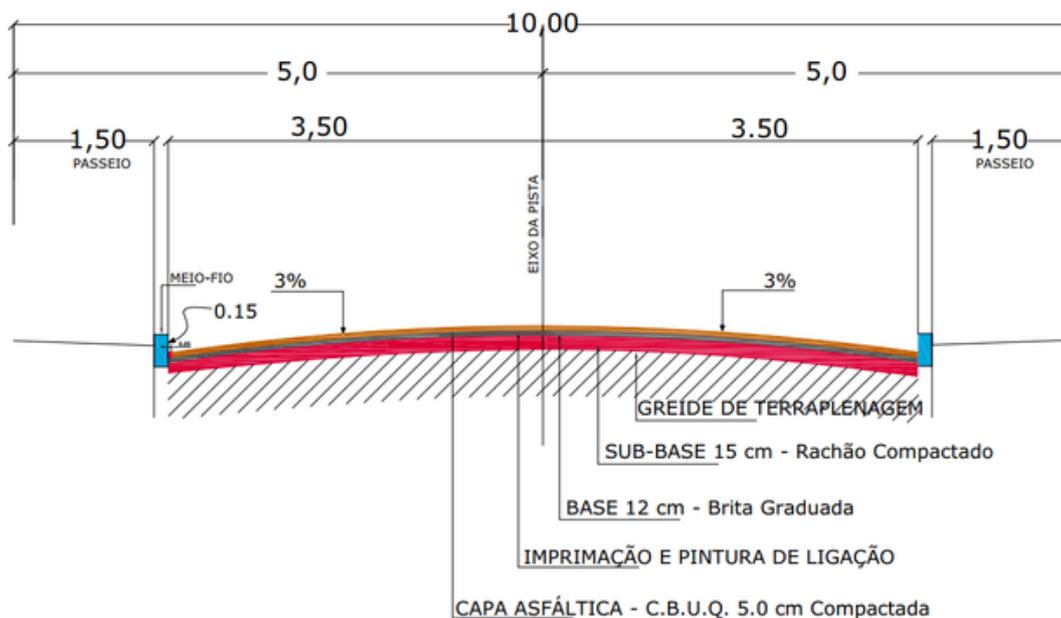
R = 5,0 cm de altura da capa asfáltica

B = 12 cm de Base brita graduada

$h_{20}$  = 15 cm de sub-base rachão

Total do pavimento = 32,0 cm

Figura 17 - Seção transversal pavimentação asfáltica



Fonte: A autora (2020)

### Regularização de Greide

Estaca OPP - 530

$530 \times 7 = 3710,00 \text{ m}^2$

#### 4.1.3 Dimensionamento em lajota intertravada

De acordo com o "N" determinado como via de tráfego leve em  $1 \times 10^5$  adota-se procedimento A (ABCP- ET27) para o dimensionamento.

Método "A" (ABCP- ET27)

Vale lembrar que segundo consta no ABCP( ET27) e na normativa de PMSP IP-06 (2004) quando o número de solicitações do eixo padrão "N" for inferior a  $1,5 \times 10^6$ , a camada de base não será necessária.

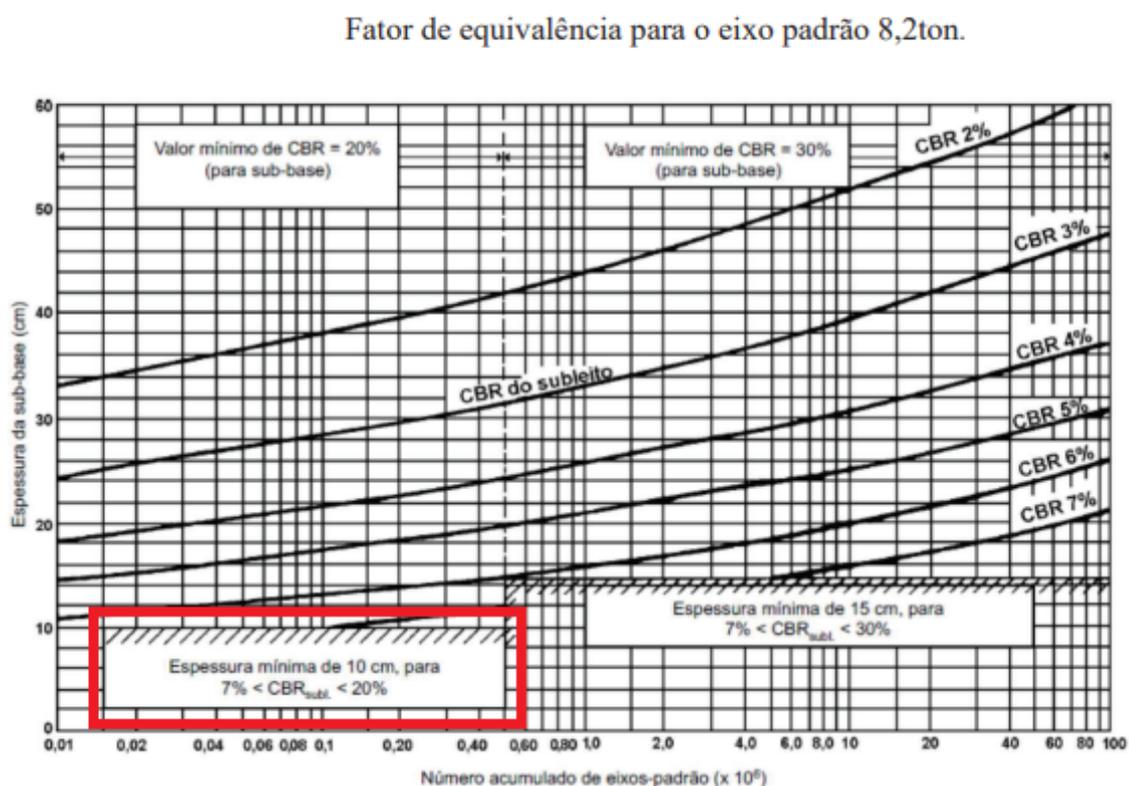
Segundo PMSP IP-04 (2004) Definido o tipo de tráfego do pavimento e determinado o suporte representativo do subleito, a espessura total básica do pavimento (HSL), em termos de material granular, devera ser seguida como o ábaco

na figura 18.

### Sub-base

Adota-se o figura à seguir para dimensionar a sub-base do pavimento, tendo em vista que o CBR de sub-base é de 20% . A sub-base ficou definido em 10 cm.

Figura 18 - Espessura Sub-base



Fonte: ABCP (1998), adaptado pela autora, 2020

### Camada de assentamento

Segundo consulta na Normativa de PMSP IP-06 e ABCP ET-27 (1998) a camada de areia deve ser de 3,5 à 5 cm. Adotou-se 5 cm

### Camada de revestimento

Segundo IP-06/2004 Os blocos de concreto pré-moldados devem atender as especificações de materiais da normas EM-6, da SIURB/PMSP, e também seguir as orientações das normas brasileiras NBR 9780 e NBR 9781.

### Espessura e resistência dos blocos de revestimento

A espessura dos blocos do revestimento ser· de 6 a 10 cm, dependendo do tráfego. Neste caso adotado como no quadro a seguir:

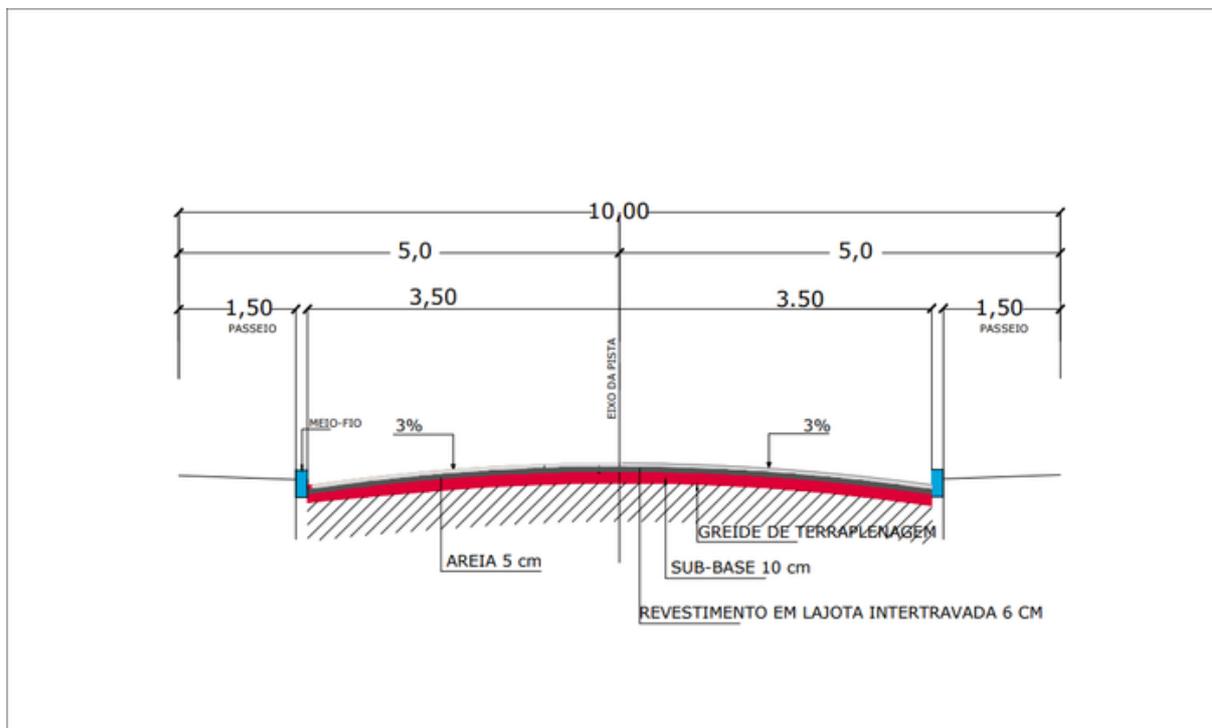
Quadro 2 - Espessura e resistência dos blocos de revestimento

TRÁFEGO	ESPESSURA REVESTIMENTO	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO SIMPLES
$N \leq 5 \times 10^5$	6,0 cm	35 MPa
$5 \times 10^5 < N < 10^7$	8,0 cm	35 a 50 MPa
$N \geq 10^7$	10,0 cm	50 MPa

Fonte: PMSP IP-06/2004 , adaptado pela autora, 2020

A camada de revestimento adotada, (R) com espessura de 6,0cm e resistência a compressão simples de 35 Mpa.

Figura 19 - Seção transversal pavimentação em lajota



Fonte: A autora (2020)

### Regularização de Greide

Estaca OPP - 530

$530 \times 7 = 3710,00 \text{ m}^2$

## 4.2 IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELOS MATERIAIS UTILIZADOS

Segundo Manual de Pavimentação do DNIT (2006) alguns pontos que podem ser levantados na questão dos impactos ambientais, é nos materiais usados para os tipos de pavimentação. Na asfáltica e na pavimentação em lajota esses foram os materiais empregados no estudo de caso em questão:

### **Imprimação Betuminosa (CM-30):**

Asfalto Diluído de Petróleo de cura média geralmente constituído de 50% de CAP e 50% de solvente de petróleo.

- Eficaz, pois penetra em diversos tipos de base;
- Cura (evaporação do solvente) é lenta, cerca de 72 horas;
- Devido a ISO 14.000, a Petrobras deverá parar de fornecer em breve;

Danos à saúde e ao meio ambiente por conter alta quantidade de solvente sendo evaporada no ambiente.

### **Pintura de ligação (RR 2C)**

Sob o ponto de vista físico- químico, podemos definir emulsão, como sendo uma dispersão mais ou menos estável de um líquido num outro, de duas fases não miscíveis, uma hidro carbonada e uma aquosa.

- Perigoso para vida aquática;
- Perigos físicos e químicos quando aquecido a altas temperaturas pode liberar fumos tóxicos e corrosivos.

### **Capa Asfáltica (CBUQ)**

O CAP cimento Asfáltico de Petróleo é conhecido como CBUQ, concreto betuminoso usinado a quente, as usinas de asfalto podem causar impacto ao meio ambiente.

- Causam emissão de gases e material particulado;
- Ruídos e vibrações;
- Alteração da paisagem e conflito de uso do solo local.

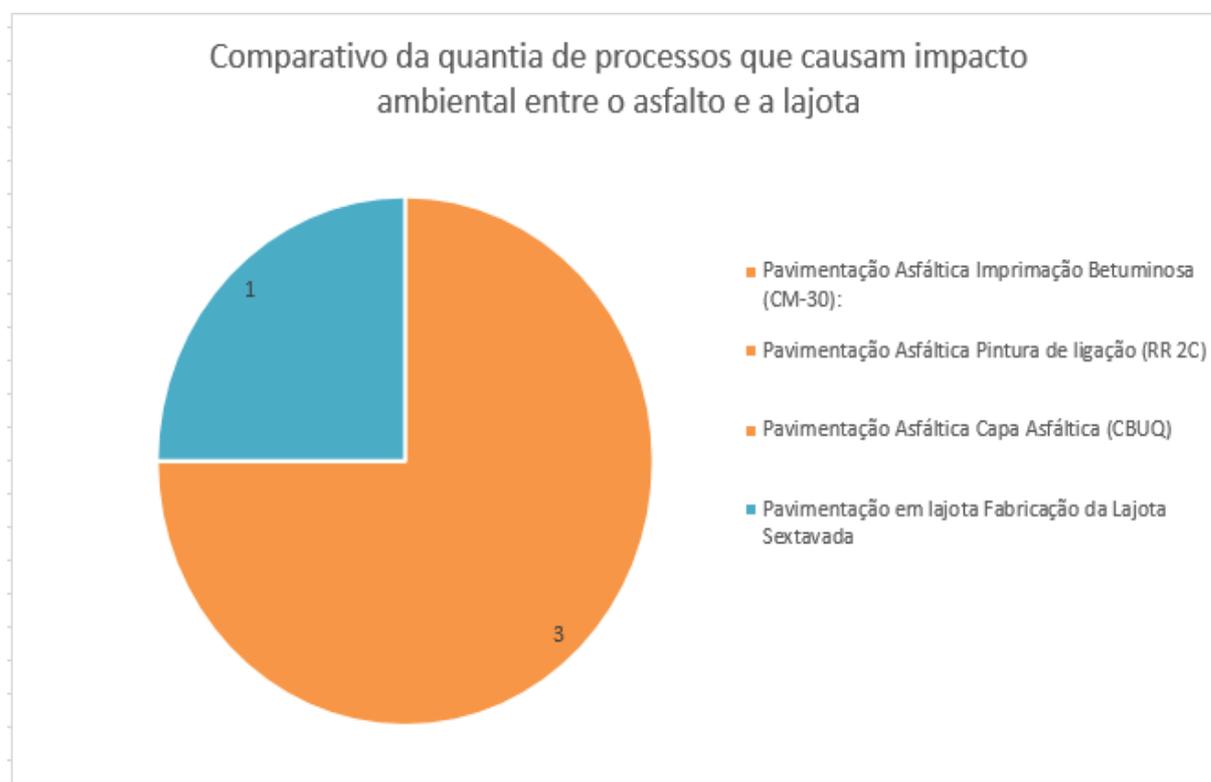
### **Lajota Sextavada**

A lajota sextavada para pavimentação deve seguir as normas da NBR 9.781 – Peças de Concreto para Pavimentação, a resistência mínima à compressão simples exercida é de 35 Mpa. Por ser uma concretagem por vibração, a relação água/cimento deve ser tal que permita a obtenção de uma mistura seca.

- A produção de cimento é responsável por emissões de CO2.

O gráfico abaixo, demonstra um comparativo de impacto ambiental nos processos das pavimentações usadas no estudo de caso. Foi realizado apenas o comparativo entre o que diferenciava de um processo para o outro.

Gráfico 1 - Comparativo dos processos



Fonte: A autora (2020)

### 4.3 ORÇAMENTO

O presente orçamento foi baseado no estudo de cada um dos pavimentos, e a necessidade de cada um dos métodos, seguindo o memorial de cálculos e usando a tabela de custos do Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil-SINAPI para elaboração das planilhas.

#### 4.3.1 Memorial de Cálculo

##### PAVIMENTO ASFÁLTICO

Regularização de Greide  $530 \times 7 = 3710,00 \text{ m}^2$

Sub-base =  $530 \times 7 = 3,710,00 \text{ m}^2 \times 0,15 = 556,50 \text{ m}^3$

Base =  $3,710,00 \text{ m}^2 \times 0,12 = 445,20 \text{ m}^3$

Imprimação =  $3,710,00 \text{ m}^2$

Pintura de ligação =  $3,710,00 \text{ m}^2$

Pavimentação asfáltica =  $3,710,00 \times 0,05 = 185,50 \text{ m}^2$

Meio-fio =  $530 \times 2 = 1060 \text{ m}$

Passeio / Regularização de terreno =  $(530 \times 2) \times 1,50 \text{ m} \times 0,30 \text{ m} = 477 \text{ m}^3$

## PAVIMENTO EM LAJOTA

Regularização de Greide  $530 \times 7 = 3710,00 \text{ m}^2$

Sub-base =  $530 \times 7 = 3,710,00 \text{ m}^2 \times 0,10 = 371,00 \text{ m}^3$

Execução de pavimento em piso intertravado, com bloco sextavado espessura 6 cm =  $530 \times 7 = 3,710,00 \text{ m}^2$

Meio-fio =  $530 \times 2 = 1060 \text{ m}$

Passeio / Regularização de terreno =  $(530 \times 2) \times 1,50 \text{ m} \times 0,30 \text{ m} = 477 \text{ m}^3$

Abaixo, segue as tabelas com os orçamentos realizados, baseado no dimensionamento dos pavimentos.

Tabela 2 - Orçamento Pavimentação Asfáltica

ORÇAMENTO				DATA BASE : MARÇO 2020			
OBRA: PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA DA RUA RAULINO ALMEIDA							
ITEM	CÓDIGO	SINAPI	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	TOTAL
1.0			SERVIÇOS PRELIMINARES				
1.1	78472	SINAPI	Serviços topográficos para pavimentação	m <sup>2</sup>	3710,00	0,31	1.150,10
1.2	74209/001	SINAPI	Placa de obra em chapa de aço galvanizado	m <sup>2</sup>	2,50	414,34	1.035,85
							-
2.0			Terraplagem				
2.1	100576	SINAPI	Regularização de greide	m <sup>2</sup>	3710,00	1,44	5.342,40
							-
3.0			Pavimentação				
3.1	73817/002	SINAPI	Sub base rachão 15 cm compactado	m <sup>3</sup>	556,50	121,12	67.403,28
3.2	96396	SINAPI	Base compactada de brita graduada e =12cm	m <sup>3</sup>	445,20	111,30	49.550,76
3.3	96401	SINAPI	Imprimação betuminosa impermeabilizante CM 30	m <sup>2</sup>	3710,00	8,08	29.976,80
3.4	96402	SINAPI	Pintura de ligação RR - 2C	m <sup>2</sup>	3710,00	1,81	6.715,10
3.5	95996	SINAPI	Capa asfáltica CBUQ 5,0 cm compactada	m <sup>3</sup>	185,50	864,16	160.301,68
3.6	COMPOSIÇÃO	SINAPI	Meio fio de concreto pré-moldado 10 x 30 x 80cm /colocado face lisa	m	1060,00	26,34	27.920,40
							-
4.0			Passeio				
4.1	COMPOSIÇÃO	SINAPI	Corte/aterro, regularização e compactação de passeio h média=30cm	m <sup>3</sup>	477,00	13,61	6.491,97
							-
5			Urbanização				
5.1	73822/002	SINAPI	Limpeza da obra	m <sup>2</sup>	3710,00	0,46	1.706,60
			<b>TOTAL GERAL</b>				<b>R\$ 357.594,94</b>

Fonte: A autora (2020)

Tabela 3 - Orçamento Pavimentação em Lajota Sextavada

ORÇAMENTO							
DATA BASE : MARÇO 2020							
OBRA: PAVIMENTAÇÃO EM LAJOTA DA RUA RAULINO ALMEIDA							
ITEM	CÓDIGO	SINAPI	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UNID	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	TOTAL
1.0			SERVIÇOS PRELIMINARES				
1.1	78472	SINAPI	Serviços topográficos para pavimentação	m <sup>2</sup>	3.710,00	0,31	1.150,10
1.2	74209/001	SINAPI	Placa de obra em chapa de aço galvanizado	m <sup>2</sup>	2,50	414,34	1.035,85
2.0			Terraplagem				
2.1	100576	SINAPI	Regularização de greide	m <sup>2</sup>	3.710,00	1,44	5.342,40
3.0			Pavimentação				
3.1	92393	SINAPI	Execução de pavimento em piso intertravado, com bloco sextavado espessura 6 cm.	m <sup>2</sup>	3710,00	43,69	162.089,90
3.2	96396	SINAPI	Sub base compactada de brita graduada e =10cm	m <sup>3</sup>	371,00	111,30	41.292,30
3.3	COMP. 01	SINAPI	Meio fio de concreto pré-moldado 10 x 30 x 80cm /colocado face lisa	m	1060,00	26,34	27.920,40
4.0			Passeio				
4.1	COMP. 02	SINAPI	Corte/aterro, regularização e compactação de passeio h média=30cm	m <sup>3</sup>	477,00	13,61	6.491,97
5			Urbanização				
5.1	73822/002	SINAPI	Limpeza da obra	m <sup>2</sup>	3710,00	0,46	1.706,60
<b>TOTAL GERAL</b>						<b>R\$</b>	<b>247.029,52</b>

Fonte: A autora (2020)

Tabela 4 - Composição 01

COMPOSIÇÕES DE PREÇOS UNITÁRIOS						
MEIO FIO DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO 10 x 30 x 80 CM/COLOCADO FACE LISA						
DATA BASE 03/2020						
Código	Fonte	Descrição	Unid	Qtde	Custo unit.	Custo total
88309	SINAPI	Pedreiro com encargos complementares	h	0,27	23,34	6,04
88316	SINAPI	Servente com encargos complementares	h	0,27	17,90	4,46
88629	SINAPI	Argamassa traço 1:3 (cimento e areia média), preparo manual	m <sup>3</sup>	0,002	453,90	0,84
COTAÇÃO		Meio fio de concreto pré-moldado, 80x30x10 cm face lisa	m	1,25	13,00	15,00
<b>TOTAL</b>					<b>R\$</b>	<b>26,34</b>

Fonte: A autora (2020)

Tabela 5 - Composição 02

COMPOSIÇÕES DE PREÇOS UNITÁRIOS - SINAPI 03/2020							
CORTE/ATERRO REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE PASSEIO H MÉDIA= 30 CM							
Código	Fonte		Descrição	Unid	Qtde	Custo unit.	Custo total
5678	SINAPI	jan/19	Retroescavadeira sobre rodas com carregadeira	chp	0,03	91,41	2,74
5679	SINAPI	jan/19	Retroescavadeira sobre rodas com carregadeira	chi	0,039	40,87	1,59
88316	SINAPI	jan/19	Servente com encargos complementares	h	0,037	17,89	0,66
91533	SINAPI	jan/19	Compactador de solos de percussão (soquete)	chp	0,169	28,97	4,90
91534	SINAPI	jan/19	Compactador de solos de percussão (soquete)	chi	0,157	23,68	3,72
<b>TOTAL</b>							<b>R\$ 13,61</b>

Fonte: A autora (2020)

Baseado nos orçamentos anteriores vistos, foi feito um gráfico comparativo para melhor ver a diferença entre os custos dos pavimentos estudados. Um dos gráficos em barras, e um em pizza.

Gráfico 2 - Comparativo de custos entre os pavimentos



Fonte: A autora (2020)

Gráfico 3 - Comparativo de custos entre os pavimentos analisados



Fonte: A autora (2020)

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho foi um “estudo de caso” em que os dados utilizados foram obtidos baseando-se em uma data base e estrutura adequada para a rua em estudo.

Os valores para realização das planilhas não incluem o valor de benefícios e despesas indiretas (BDI). Com base no desenvolvimento desse trabalho pode-se concluir que a pavimentação em vias urbanas de tráfego leve, a pavimentação asfáltica não é a melhor solução. Tendo como base as planilhas orçamentarias pode se ver uma diferença entre elas no valor de 110.565,42 mil reais. Ou seja, a pavimentação asfáltica teve um custo maior em 31% em vista que a lajota sextavada. Pode-se então concluir com este estudo de caso, que a lajota sextavada em rua de baixo tráfego, no presente estudo foi mais rentável em 44,75%.

Quanto aos revestimentos, conseguimos também observar diferenças grandes na execução e materiais estudados. Enquanto no pavimento asfáltico muito se usa equipamentos mecanizados, caminhões e materiais poluentes, o pavimento intertravado, não necessita de tais equipamentos e nem do uso de tantos materiais poluentes. O pavimento intertravado também tem seu ponto positivo por não ser totalmente impermeável, colaborando com a drenagem urbana. Visto que é mais porosa a sua superfície. Isso reflete mais ainda na questão de segurança, pois aumenta a aderência entre o pneu e o pavimento, colaborando com a resistência a derrapagem e aquaplanagem.

Analisando também a longo prazo os pavimentos, o pavimento de bloco intertravado apresenta mais algumas vantagens como menor necessidade de manutenção, o que mantêm o fluxo sem interrupções e maior vida útil, em média de 20 anos, enquanto que o pavimento asfáltico tem em média 10 anos de vida útil. Outra vantagem encontrada no pavimento intertravado, é de aspecto ambiental, pois é o único pavimento que pode ser retirado e reutilizado, já o pavimento asfáltico quando necessária manutenção é necessário produzir mais material, gerando mais resíduos para o meio ambiente. Outra questão de impacto ambiental são os processos, o pavimento intertravado só leva 1 processo que causa impacto ambiental, que é da produção do bloco de concreto, enquanto o pavimento asfáltico são 3 processos, na imprimação, na pintura de ligação e na capa asfáltica (CBUQ). Além disso o pavimento intertravado por não absorver o calor, deixa a rua mais fresca, já o asfalto absorve rapidamente o calor, deixando o ambiente e próximo a ele, como nas calçadas ainda mais quente. E em questão de o pavimento intertravado não absorver o calor, gera grade iluminação para o ambiente trazendo economia de energia elétrica da iluminação pública.

Deste modo, pudemos comprovar a viabilidade na pavimentação de intertocado, sendo totalmente justificável em locais de baixo tráfego.

## REFERÊNCIAS

ABCP. **BT-135**: Construção de pavimentos de blocos de concreto pré-moldados. São Paulo, 1999.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR9781**: PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO. RIO DE JANEIRO , 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001**: Sistema da gestão ambiental - Requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro, 2004.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica**: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, et al.,Liedi Bariani. **Pavimentação Asfáltica**: Formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobrás - Abeda, 2008.

C D T - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO . **PAVIMENTOS FLEXIVEIS**: PINTURA DE LIGAÇÃO. BRASIL, 2015.

CARVALHO, Marcos Dutra de . **ABCP- ET27**: PAVIMENTAÇÃO COM PEÇAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO. São Paulo, 1998.

CDT, CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE . 2018. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/anuario-cnt-transporte-chega-a-terceira-edicao>. Acesso em: 5 Mai. 2020.

CNT, CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE . **Transporte rodoviário**: desempenho do setor, infraestrutura e investimentos. Brasília, 2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE . **CONAMA**. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/>. Acesso em: 15 Jun. 2020.

DEINFRA-SC ES-P 11/16. **PAVIMENTAÇÃO**: CAMADAS DE BRITA GRADUADA. Santa Catarina, 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA ESTRUTURA DE TRANSPORTES(DNIT). **Manual de Pavimentações**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT , NORMA 144/2014-ES. **Pavimentação**: Imprimação com ligante asfáltico Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2014.

DNIT. **NORMA141/2010**: Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2010.

NORMA DNIT 137/2010, DNIT. **Pavimentação**: Regularização do subleito - Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **IP-02**: Classificação das vias. São Paulo, 2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **IP-04**: Dimensionamento de

pavimentos flexíveis para tráfego leve e médio . São Paulo, 2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **IP-06**: Instrução para dimensionamento de pavimentos com blocos de concreto. São Paulo, 2004.

SENÇO, Wlastermilerde. **Manual de técnicas de pavimentação**. 2. ed. Pini, v. 1, 2007.

SENÇO, Wlastermilerde. **Manual de técnicas de pavimentação**. São Paulo: PINI, v. 2, 2001.

SOUZA, Murillo Lopes de. **DNER-Método de projeto de pavimentos flexíveis**. Rio de Janeiro, 1981.