

Implantação de um pavimento rígido na rotatória da SUFRAMA em Manaus/AM

Italo Gabriel Santos de Lima, Estudante de Engenharia Civil, Centro Universitário do Norte – UNINORTE, Manaus/AM

Willace Lima de Souza, Orientador no Centro Universitário do Norte – UNINORTE, Manaus/AM

RESUMO

Este projeto visa analisar o dimensionamento de um pavimento rígido para a execução da pavimentação de uma interseção viária cujo nome popular é rotatório da SUFRAMA, localizada na cidade de Manaus-AM. O pavimento em questão tem como característica 4 faixas de rodagem e um grande comprimento, apresenta diversas patologias devido à grande solicitação provenientes dos veículos como ônibus, caminhões médios e de grande porte. Visa demonstrar como são as etapas para o dimensionamento de um pavimento rígido, como os ensaios para a caracterização do subsolo, as informações do tráfego que devem ser coletadas, o método de dimensionamento do pavimento adotado, as etapas de execução da obra e de sua importância com relação a grandes volumes de tráfego. O projeto apresenta um prazo de execução de todas as etapas necessárias para a conclusão do serviço de 3 meses e um custo total dos serviços integrantes da obra de R\$ 1.396.017,82.

Palavras chave: Pavimento, rígido, concreto.

ABSTRACT

This project aims to analyze the sizing of a rigid pavement for the execution of the pavement of a road intersection, whose name is SUFRAMA's rotational, located in the city of Manaus-AM. The pavement in question has four lanes and a large extension, has several patrols due to the great ease of driving of cars such as buses, medium and large trucks. It aims to demonstrate how are the steps for the sizing of a hard floor, such as the method of sizing the pavement adopted, as stages of execution of the work and its importance in relation to large volumes of traffic. The project was created with the execution deadline of all the necessary measures for the completion of the service of 3 months and a total of services integrating the work of R\$ 1,396,017.82.

Keywords: Flooring, rigid, concrete.

APRESENTAÇÃO

Manaus é a capital do estado do Amazonas, ocupando uma área de 11.401,092 km² e com uma população estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2018 de 2.145.444 pessoas. Em 2016, ainda segundo o IBGE sua frota de veículos era de aproximadamente 668.749, distribuídos entre automóveis, caminhões, motocicletas, utilitários e demais tipos de veículos. Esses números podem evidenciar o quanto uma cidade, no caso Manaus, tem que se planejar ao longo dos anos para suportar o crescimento desordenado ou ordenado de certos setores como economia e infraestrutura.

Em meados da década de 1960, com a chegada da Zona Franca, a cidade começou a se desenvolver principalmente no sentido Leste, onde fora localizado o Distrito Industrial. O novo polo de desenvolvimento da cidade trouxe consigo as Avenidas Costa e Silva e Contorno, mais tarde rebatizada de Rodrigo Otávio, que, interligada com a antiga Estrada do V8 (hoje Ephigênio Salles), formou o anel Leste da Cidade. Hoje, a área compreendida entre as avenidas Costa e Silva, General Rodrigo Otávio Jordão Ramos e Ministro João Gonçalves de Souza é chamada

oficialmente Praça Francisco Alves Ferreira, popularmente conhecida como Bola da Suframa.

A Bola da Suframa é a fronteira entre as zonas sul e leste da cidade de Manaus, além de interligar o Porto da CEASA com o restante da cidade, tornando-a um grande corredor viário. Com isso, um elevado número de veículos, de diversos portes, transita todos os dias ao longo da rotatória, fazendo com que o pavimento existente seja muito solicitado e conseqüentemente apresentando patologias gravíssimas que coloca em risco a vida dos motoristas, a integridade dos veículos e até mesmo a vida útil do pavimento.

Baseando-se nessa necessidade será proposto um projeto de engenharia, que consiste no dimensionamento de um pavimento rígido, com o qual de acordo com estudos pode vir a ter uma vida útil mínima de 20 anos, o que poderia vir a sanar as constantes e frustrantes obras de recapeamento na rotatória.

Para o dimensionamento do pavimento deverão ser seguidas algumas etapas de suma importância, como por exemplo a caracterização do solo que irá disponibilizar a situação do subleito que sustentara a estrutura da via, estudo do trafego examinando os diversos tipos de veículos que transitam no local e com isso determinar as camadas e suas alturas conforme a solicitação do trafego, para um bom funcionamento da estrutura.

1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O trecho utilizado para o projeto tem uma extensão de aproximadamente 974 metros, a via é composta de 4 faixas de rolamento de 3 metros de largura. Sendo assim o trecho considerado terá uma largura total de 12 metros e comprimento aproximado de 974 metros totalizando uma área total aproximada de 11.688 m².

A figura 1 indica a área de estudo, que se encontra situada na interseção das vias urbanas Avenida Silves, Avenida General Rodrigo Otavio, Avenida Governador Danilo de Mattos Areosa, Rua Ministro João Gonçalves de Souza, Rua Pr^a. Francisco Pereira da Silva e Avenida General Rodrigo Otávio, localizadas nas respectivas coordenadas geográficas: 3°07'53.5"S 59°59'17.9"W e 3°07'54.8"S

59°59'18.2"W, 3°07'51.6"S 59°59'11.7"W;3°07'52.2"S 59°59'10.6"W; 3°08'00.9"S 59°59'16.4"W e 3°08'01.4"S 59°59'15.2"W, 3°08'03°08'01.6"S 59°59'12.7"W e 3°08'01.3"S 59°59'11.3"W, 3°07'59.3"S 59°59'09.0"W e 3°07'58.5"S 59°59'08.6"W, 3°07'55.3"S 59°59'08.4"W e 3°07'54.4"S 59°59'08.7"W.

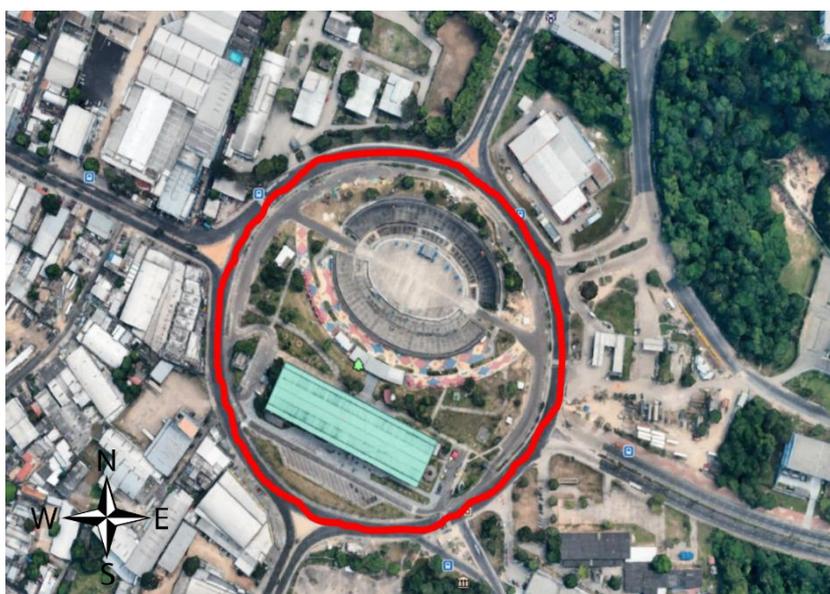


Figura 1: Localização da área de estudo. Fonte: Google Earth, alterado pelo autor, 2018.

2. OBJETIVO DO PROJETO

Realizar o dimensionamento de um pavimento rígido de concreto para a rotatória conhecida popularmente como Bola/Rotatória da Suframa, localizada na zona Sul de Manaus. Bem como apresentar as etapas que deve conter um projeto de pavimentação.

3. METODOLOGIA

Para a realização do projeto, seguiu-se uma série de etapas com as quais foram fundamentais para a caracterização do local em que será executado o projeto e posteriormente o detalhamento que cada etapa contribui para a conclusão do serviço.

3.1. Ensaio para caracterização do subsolo

O ensaio de caracterização do solo é realizado antes do início da obra de pavimentação para definir os parâmetros do solo que irá receber o pavimento. Isso é necessário para definir a qualidade do solo e assim poder ser projetado um pavimento compatível ao solo.

Geologicamente, define-se solo como o material resultante da decomposição das rochas pela ação de agentes de intemperismo (MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 2005). No âmbito da engenharia rodoviária, considera-se solo todo tipo de material orgânico ou inorgânico, não consolidado ou parcialmente cimentado, encontrado na superfície da terra. Em outras palavras, considera-se como solo qualquer material que possa ser escavado com pá, picareta, escavadeira, etc., sem necessidade de explosivos (MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 2005).

Nos projetos de pavimentos rígidos deve ser dada especial atenção à ocorrência de variações bruscas nas características do subleito, especialmente à presença de solos expansivos e de camadas espessas de argila mole (MANUAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS, 2005).

3.1.1. Amostras de solo

De acordo com o DNIT, o reconhecimento dos solos do subleito é feito em duas fases:

- a) Sondagem no eixo e nos bordos da plataforma da via para identificação dos diversos horizontes de solos (camadas) por intermédio de uma inspeção expedito do campo e coleta de amostras.
- b) Realização dos ensaios nas amostras das diversas camadas de solo para um posterior traçado dos perfis de solos.

3.1.2. Ensaio de textura e granulometria

Os solos serão identificados por sua textura (composição granulométrica), plasticidade, consistência ou compacidade, citando-se outras propriedades que auxiliam sua identificação, como: estrutura, forma dos grãos, cor, cheiro, friabilidade, presença de outros materiais (MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 2006).

Sob o ponto de vista de reconhecimento, a textura, é uma das mais importantes características dos solos, mesmo que não seja suficiente para definir e caracterizar o comportamento geral desses materiais. De fato, no caso de solos de granulação fina, a presença da água entre os grãos, em maior ou menor quantidade, confere ao solo um comportamento diverso sob ação de cargas, enquanto os solos de granulação grossa não são afetados, praticamente, pela presença de água.

De acordo com o Highway Research Board-HRB os solos são divididos em 7 diferentes grupos. São separados em materiais granulares e materiais siltosos e argilosos, quando o solo é colocado em uma peneira nº 200 e 35% ou menos passa por ela, serão considerados materiais granulares. Portanto entram nos grupos A-1, A-2 e A-3. Quando essa porcentagem ultrapassada na peneira for maior que os 35%, serão considerados materiais siltosos ou argilosos. Com isso é possível ter uma ideia do possível comportamento daquele subleito, tendo um comportamento de excelente a bom nos grupos de 1 a 3 e fraco a pobre nos grupos de 4 a 7.

3.1.3. Teor de umidade

O teor de umidade de uma amostra de solo pode ser definido como a razão entre a massa da água contida em um certo volume de solo e a massa da parte sólida existente nesse mesmo volume, expressa em porcentagem. Também pode ser calculada pela razão entre pesos (Caracterização Física e Classificação dos Solos, 2005).

Para a determinação do teor de umidade do solo devem ser feitos ensaios conforme a NBR 6457 – AMOSTRAS DE SOLOS – PREPARAÇÃO PARA ENSAIOS DE COMPACTAÇÃO E ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO (1986) e utilizada a equação (p. 8), conforme descrito abaixo.

$$h = \frac{M_1 - M_2}{M_2 - M_3} \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

h: teor de umidade, %;

M1: massa do solo úmido mais a massa do recipiente, em g;

M2: massa do solo seco mais a massa do recipiente, em g;

M3: massa do recipiente (capsula metálica com tampa ou par de vidro de relógio com grampo), em g.

3.1.4. Limite de Liquidez

O limite de liquidez pode ser descrito como o teor de umidade do solo com o qual se unem, em um centímetro de comprimento, as bordas inferiores de uma canelura feita em uma massa de solo colocada na concha de um aparelho normalizado (Casagrande), sob a ação de 25 golpes da concha sobre a base desse aparelho. O limite de liquidez marca a transição do estado plástico ao estado líquido. É representado por LL e expresso em % (DEPARTAMENTO NACIONAL DE RODAGEM, 1994).



Figura 2: Aparelho de Casagrande. Fonte: Lagetec, 2017.

Ainda segundo o DNER, o limite de liquidez pode ser expresso pela equação abaixo.

$$LL = h x \frac{N}{25} x 0,156 \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

LL: limite de liquidez, em %;

h: teor de umidade em, correspondente a N golpes, em %;

N: número de golpes na determinação de um ponto do ensaio;

Para a realização do ensaio do (LL) será seguida as recomendações da NBR 6459 (1984) Solo – Determinação do Limite de Liquidez.

3.1.5. Limite de plasticidade

Para a determinação do limite de plasticidade deverão ser seguidas as etapas na NBR 7180 (1984) - Solo – Determinação do limite de plasticidade, que prescreve o método para determinação do limite de plasticidade e também para o cálculo do índice de plasticidade dos solos, cujo é obtido através da equação abaixo:

$$IP = LL - LP \text{ (Eq. 3)}$$

Onde:

IP: Índice de plasticidade;

LL: Limite de liquidez;

LP: Limite de plasticidade.

3.1.6. Índice de grupo

Empregado no sistema da H.R.B., corresponde a um número inteiro que varia de 0, significando que o solo possui alta qualidade quanto a capacidade de suporte, a 20, o que indica um solo de baixa qualidade quanto a capacidade de suporte. O índice de grupo está diretamente relacionado ao limite de liquidez e índice de plasticidade e pode ser obtido através da seguinte equação.

$$IG = (F - 35)[0,20 + 0,005(LL - 40)] + 0,01(F - 15)(IP - 10)$$

Onde:

IG: Índice de grupo;

F: material que passa na peneira nº 200, em %;

LL: Limite de liquidez;

IP: índice de plasticidade.

3.1.7. Ensaio de compactação

O ensaio de compactação é um método para determinar a correlação entre o teor de umidade e a massa específica do solo seco, quando a fração do solo que passa pela peneira de 19 mm é compactada com energias de compactação diferentes, usando amostras trabalhadas (DNER-ME 162, 1994). Esta norma do Departamento Nacional de Estradas e Rodagem, fixa o método para a execução do ensaio de compactação, a aparelhagem necessária, os preparos que se deve e demais etapas para se realizar um ensaio eficaz e de qualidade.

3.1.8. Índice de Suporte Califórnia – ISC

O índice de suporte Califórnia será determinado baseando-se na norma 172/2016 do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes-DNIT. Que fixa os procedimentos padrões para a determinação do ISC de solos em laboratório utilizando-se amostras deformadas e não trabalhadas de material que passa na peneira de 19 mm. Esta norma dita a aparelhagem necessária, o ensaio, o cálculo da expansão, as condições para obtenção dos resultados e apresenta uma curva de compactação.

3.2. Informações de Tráfego

O objetivo dos *estudos de tráfego* é obter, através de métodos sistemáticos de coleta, dados relativos aos cinco elementos fundamentais do tráfego (motorista, pedestre, veículo, via e meio ambiente) e seu inter-relacionamento (MANUAL DE ESTUDOS DE TRÁFEGO, 2006).

Considerando a pequena diferença entre os veículos, nacionais e importados, e tendo poucos estudos mais bem detalhados que possibilitem

estabelecer com precisão as dimensões e características dos veículos de projeto para as condições do Brasil, é recomendado que seja utilizado as informações estabelecidas pela American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO.

São cinco tipos básicos de veículos de projeto, a serem adotados em cada caso conforme as características predominantes do tráfego em questão (MANUAL DE PROJETO DE INTERSEÇÕES, 2005).

- VP: veículos leves, operacional e fisicamente assimiláveis ao automóvel, incluindo minivans, vans, utilitários, pick-ups e similares;
- CO: veículos comerciais não articulados, rígidos, incluem caminhões, ônibus urbanos longos, ônibus de longo percurso e de turismo, caminhões longos, usualmente com três eixos. O comprimento desses veículos aproxima-se do limite máximo legal admissível para veículos rígidos;
- SR: veículos comerciais articulados, composta de cavalo mecânico e um semi-reboque, cujo comprimento desses veículos aproxima-se do limite máximo legal para veículos dessa categoria;
- RE: veículos comerciais com reboque, composta de uma unidade tratora simples, um semi-reboque e um reboque, conhecido como bitrem. O comprimento dos veículos nessa categoria é o máximo permitido pela legislação.

Para a determinação do tráfego da Rotatória da SUFRAMA, será utilizada como base a classificação do Manual de Estudos de Tráfego (2006), que predefine certas características básica dos veículos, incluindo a quantidade de unidades que compõe o veículo e o número de eixos.

As diversas classes são representadas por um código alfanumérico, por exemplo, 2s3. No código adotado, o primeiro algarismo representa o número de eixos do veículo simples ou da unidade tratora, enquanto que o segundo algarismo, caso exista, indica a quantidade de eixos da (s) unidade (s) rebocada (s). (MANUAL DE ESTUDOS DE TRÁFEGO, 2006).

- C: veículo simples (caminhão ou ônibus) ou veículo trator com reboque;

- S: veículo trator (cavalo mecânico) com semi-reboque
- I: veículo trator com semi-reboque com distância entre eixos maior 2,40 m (eixos isolados)
- J: veículo trator com semi-reboque com um eixo isolado e um eixo em tandem;
- D: combinação dotada de duas articulações;
- T: combinações dotadas de três articulações;
- Q: combinação dotada de quatro articulações;
- X: veículos especiais;
- B: ônibus.

Para um melhor entendimento a respeito da classificação dos veículos é recomendado analisar as ilustrações e características dos veículos contidos no Anexo 1.

3.2.1. Determinação do tráfego

As Contagens Volumétricas visam determinar a quantidade, o sentido e a composição do fluxo de veículos que passam por um ou vários pontos selecionados do sistema viário, numa determinada unidade de tempo (MANUAL DE ESTUDOS DE TRÁFEGO, 2006).

Existem dois métodos de contagem de veículos, a contagem manual e a contagem automática. Para esse projeto será adotado a contagem manual, o processo consiste em utilizar contadores manuais mecânicos presos em uma prancheta, na qual está também a ficha para transcrição dos dados. As instruções básicas para a realização das contagens volumétricas manuais estão consubstanciadas na publicação do DNER, “Metodologia de Contagem Volumétrica de Tráfego” (MANUAL DE ESTUDOS DE TRÁFEGO, 2006).

3.3. Dimensionamento do pavimento de concreto simples

Quando se trata do dimensionamento do pavimento, nos dias de hoje há dois métodos mais utilizados no Brasil, que são os métodos sugeridos pela Portland Cement Association (PCA). Esses métodos são denominados de acordo com o ano do seu desenvolvimento, sendo o método da PCA de 1966 e o método da PCA de

1984, para a elaboração desse projeto foi utilizado como base o primeiro método mencionado.

Neste método, a espessura necessária para a placa está diretamente ligada as tensões de tração na flexão produzidas pelas cargas solicitantes, que por sua vez são produzidas pelos veículos mais relevantes.

A resistência característica à tração na flexão ($f_{ctM,k}$), a ser empregada no dimensionamento de pavimentos rígidos, deve corresponder à idade de 28 dias, no mínimo ou de 90 dias no máximo (MANUAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS, 2005). Pois neste período em questão, o número de solicitações de carga que pode ocorrer é muito pequeno em relação ao total previsto durante o período de projeto.

O procedimento de dimensionamento da Portland Cement Association (PCA,1966), consiste no consumo de resistência a fadiga (CFR), que é a relação percentual entre o número previsto de repetições de uma dada carga e o número admissível de repetições da mesma carga.

Abaixo segue a tabela 1, que mostra o número de repetições necessárias para que haja a ruptura por fadiga. Ela traz uma relação entre tensão de tração na flexão e o modulo de ruptura do concreto.

Relação de Tensões (*)	Nº Admissível de Repetições de Carga	Relação de Tensões (*)	Nº Admissível de Repetições de Carga
0,50	ilimitado	0,68	3.500
0,51	400.000	0,69	2.500
0,52	300.000	0,70	2.000
0,53	240.000	0,71	1.500
0,54	180.000	0,72	1.100
0,55	130.000	0,73	850
0,56	100.000	0,74	650
0,57	75.000	0,75	490
0,58	57.000	0,76	360
0,59	42.000	0,77	270
0,60	32.000	0,78	210
0,61	24.000	0,79	160
0,62	18.000	0,80	120
0,63	14.000	0,81	90
0,64	11.000	0,82	70
0,65	8.000	0,83	50
0,66	6.000	0,84	40
0,67	4.500	0,85	30

Tabela 1: Relação de Tensões e Número Admissível de Repetições de Carga. Fonte: Manual de pavimentos rígidos, 2006.

Este mecanismo de dimensionamento da (Portland Cement Association-PCA) baseado no (CRF) é muito interessante, pois nos permite pré-definir uma dada espessura da placa de concreto e submete-la a tentativas para verificar se é uma altura suficiente com relação ao tráfego atuante.

O volume total de tráfego (VT) é determinado de acordo com o período de projeto P e o volume médio diário mostrado na equação 4, logo abaixo. Vale salientar que foram somente incluídos nestes cálculos veículos com eixos maiores que 6t.

$$VT = 365xPxVM \text{ (Eq. 4)}$$

Onde:

P: Período de Projeto igual há 20 anos.

VM: Volume médio diário.

Desse modo, foi encontrado o valor de VT igual a $3,56x10^6$.

A tabela 2 abaixo, mostra a distribuição da carga por eixos dos veículos de projeto.

TIPO DE VEICULO	% DE OCORRÊNCIA	% - CARGA POR EIXO (t)				FATOR DE EIXO (FE)
		6	10	17	25,5	
CAMINHÃO	17	60	40	-	-	2
ONIBUS	55	60	40	-	-	2
SEMI-REBOQUE	28	15	20	25	40	3

Tabela 2: Distribuição da carga por eixo. Fonte: Autor próprio, 2018.

Após analisar a tabela acima, faz-se necessário determinar a porcentagem referente aos tipos de veículos, utilizando a equação 5, abaixo.

$$\% \text{caminhões, onibus, semirreboques} = VTx(\% \text{ de ocorrência})xFE \text{ (Eq. 5)}$$

Sendo:

VT: Volume total de tráfego;

FE: Fator de eixo, considerado 2 para caminhões e ônibus e 3 para semirreboques e reboques.

Com isso, realizando os cálculos necessários foram obtidos os valores de 12.104 eixos solicitantes de caminhões, 39.160 eixos solicitantes para ônibus e 29.904 eixos solicitantes referente a semirreboques.

De posse desses resultados também é necessário realizar uma particularização dos eixos solicitantes associado a cada tipo de carga por eixo, através da equação 6.

$$\text{eixos solicitantes} = (\% \text{ carga por eixo}) \times \% \text{veículos} \quad (\text{Eq. 6})$$

Após realizar os cálculos para determinar os eixos solicitantes de cada tipo de eixo, para os caminhões, ônibus e semirreboques, foi encontrado os seguintes resultados conforme mostrado na tabela 3, abaixo.

TIPO DE VEÍCULO	NUMERO DE EIXOS SOLICITANTES			
	EIXOS DE 6t	EIXOS DE 10t	EIXOS DE 17t	EIXOS DE 25,5t
CAMINHÃO	7262	4.842	-	-
ÔNIBUS	23.496	15.664		
SEMIRREBOQUE	4.485	5.981	7.476	11.962
SOMATÓRIA	35.243	26.487	7.476	11.962

Tabela 3: Numero de eixos solicitantes. Fonte: Autor próprio, 2018.

O método da PCA permite estabelecer uma relação entre o CBR do subleito e o coeficiente de recalque (k). Possibilitando então determinar o coeficiente a partir de um dado valor do CBR. A tabela 4, abaixo, apresenta dados parciais traduzidos da figura 3, deixando claro a correlação entre esses parâmetros.

CBR (%)	K (Kgf/cm ² /cm)
6	4,43
7	4,71
8	5
9	5,26
10	5,54
15	6,37
20	6,92

Tabela 4: Relação entre CBR e coeficiente de recalque (k). Fonte: Autor próprio, 2018.

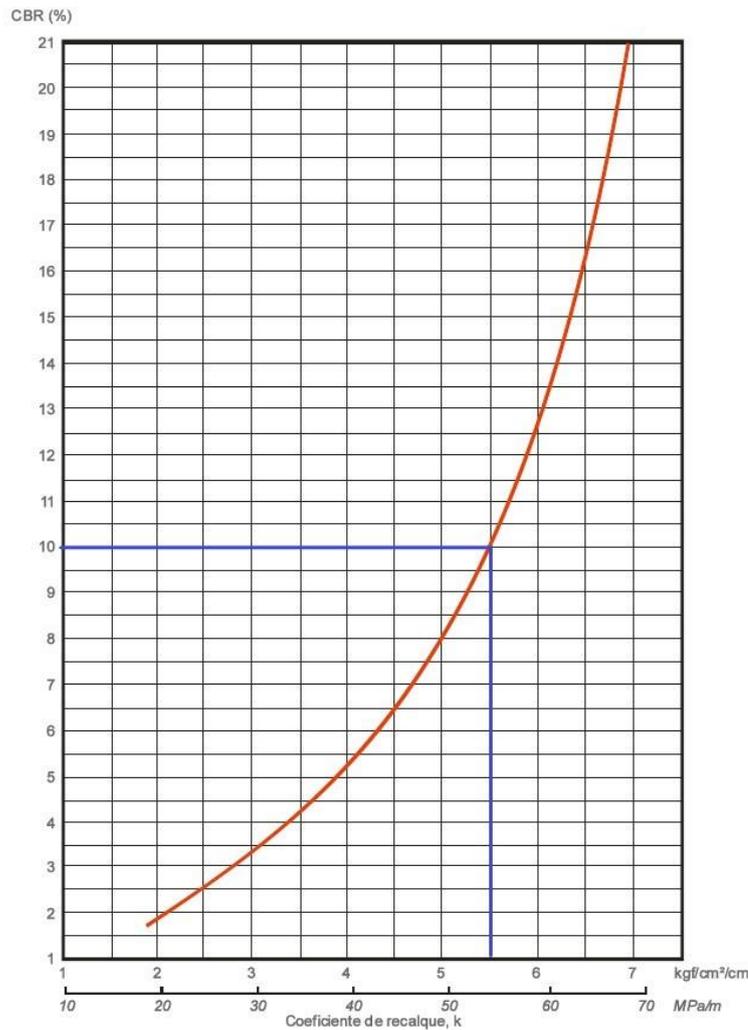


Figura 3: Relação entre CBR e coeficiente de recalque (k) do subsolo. Fonte: DNIT, 2006, alterado pelo Autor, 2018.

Lançando mão de ensaios para obtenção do valor do CBR do subsolo e partindo de uma premissa que o mesmo possui um valor de 16%. É possível obter o coeficiente de recalque através da figura anterior, sendo definido no valor de 5,5kgf/cm²/cm, sendo o valor utilizado. Para a determinação do coeficiente de recalque no topo da sub-base utiliza-se a tabela do anexo 2. Onde se encontrou o valor de $k = 6,63 \text{kgf/cm}^2/\text{cm}$ para uma sub-base granular de 15 cm.

Os ábacos a seguir, mostrados na (Figura 3), (Figura 4) e (Figura 5) são referentes aos eixos simples, tandem duplos e tandem triplos. Analisando os ábacos é possível determinar a tensão de tração na flexão tendo em posse o coeficiente de recalque no topo da sub-base e a espessura escolhida.

A tabela 5 foi composta para analisar o consumo de resistência à fadiga de um pavimento com 15 cm de sub-base granular e 15 cm de concreto atendendo o MR de 45 Kgf/cm².

Dados: h = 15 cm / MR28 = 45kgf/cm ² / k = 6,63kgf/cm ² /cm / FSC = 1,1						
Carga por Eixo (tf)	Carga por eixo corrigida (tf)	Tensão na Placa (Kgf/cm ²)	Relação de tensões	Nº de rep. Admissíveis	nº de rep. prev.	CRF (%)
EIXO SIMPLES						
6,00	6,60	<22,50	<0,50	ILIMITADO	35.243	
10,00	11,00	26,80	0,59	42.000	26.487	63,06%
EIXO TANDEM DUPLO						
17,00	18,7	26,40	0,59	42.000	7.476	17,80%
EIXO TANDEM TRIPLO						
25,5	28,05	24,10	0,54	180.000	11.962	6,65%
TOTAL						87,51%

Tabela 5: Cálculo de consumo de resistência à fadiga (CRF) Fonte: DNIT, 2005, alterado pelo autor, 2018..

Somando-se todos os (CRF) individuais, em todas as categorias de eixo consideradas em um dado projeto, obtém-se o consumo total de resistência à fadiga para uma certa espessura tentativa de concreto; para que esta espessura seja adequada é preciso que o valor (CRF) total seja, por sua vez, igual ou inferior a 100%. Porém se a porcentagem de resistência à fadiga consumida ficar próximo de zero, as condições ainda estarão satisfeitas, no entanto, a placa de concreto estará superdimensionada, devendo-se diminuir a espessura do pavimento.

Após realizar os cálculos foi obtido um resultado de 87,51% para o (CRF) com uma sub-base granular de 15cm e uma placa de concreto com 15cm de espessura. Sendo assim, fica explícito que o pavimento em questão irá suportar suficientemente as solicitações de projeto previstas.

3.4. Execução dos serviços para pavimentação

3.4.1. Drenagem da via

Quase todo o material empregado em pavimentação tem o seu comportamento grandemente afetado por variações no seu teor de umidade (DNIT, 2006).

Uma drenagem insatisfatória é um complicador na origem de patologias e rupturas porque, sobre solo seco, as cargas do tráfego não provocam deformações capazes de desestabilizar o pavimento. A drenagem insuficiente leva à redução do teor de argila e, conseqüentemente, à perda da coesão do solo, ficando a base do pavimento suscetível à erosão e o pavimento tendo sua capacidade de suporte reduzida.

Os serviços de drenagem para esse projeto serão executados de acordo com as recomendações exigidas pelas Normas Brasileiras - NBR 12266/1992 - Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana e NBR 15645/2008 – Execução de obras de esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais utilizando-se tubos de concreto e aduelas de concreto. Que ditam as condições exigíveis para projeto e execução de valas para assentamentos de tubulações de água, esgoto ou drenagem urbana e os requisitos exigíveis para a execução de obras de esgotamento sanitários e drenagem de águas pluviais.

Os dispositivos de drenagem a serem utilizados serão de acordo com a Norma DNIT 030/2004 - ES – Drenagem- Dispositivos de drenagem pluvial urbana – Especificações de serviço, onde é definido a sistemática recomendada para a construção de dispositivos de drenagem pluvial, especificando também todos os procedimentos que devem ser seguidos para a construção da drenagem pluvial urbana envolvendo poços de visita, bocas de lobo e galerias.

A figura a seguir (Figura 4), demonstra a execução de drenagem em uma via.



Figura 4: Imagem ilustrativa da execução de drenagem. Fonte: Autor próprio.

3.4.2. Regularização do subleito

O Processo de regularização do subleito deverá seguir as recomendações prescritas na NORMA DNIT 137/2010 – ES – Regularização do subleito. Onde dita os procedimentos a serem empregados na execução da regularização do subleito e os requisitos concernentes a materiais, equipamentos, execução e demais fatores que contribuam para a conclusão desta etapa.

Sendo assim, toda a vegetação e material orgânico porventura existente no leito deverão ser removidos. Os cortes e aterros necessários, deverão ser realizados de modo a conformar o leito da via, transversal e longitudinalmente, obedecendo às larguras e cotas de acordo com as notas de serviços de terraplanagem do projeto, compreendendo cortes e aterros. Logo após, será realizada a escarificação geral na profundidade de 20 cm, seguida da pulverização, umedecimento ou secagem, compactação e acabamento.

Os equipamentos para a execução da regularização deverão ser a motoniveladora pesada, com escarificador e grades de disco para arar o solo, carro tanque (caminhão pipa) dosador de água, rolos compactadores autopropulsores tipo pé-de-carneiro, liso-vibratórios e pneumáticos

3.4.3. Execução da sub-base

A execução da sub-base será realizada conforme os processos prescritos na NORMA DNIT 139/2010 – ES – Sub-base estabilizada granulometricamente. Onde fixa os procedimentos padrões para a execução da sub-base utilizando solo estabilizado granulometricamente.

O processo de estabilização da granulometria da sub-base consiste na melhoria da capacidade resistente de materiais “in natura” ou mistura de materiais, mediante emprego de energia de compactação adequada, de forma a se obter um produto de qualidade e propriedades ideais de estabilidade e durabilidade do pavimento.

Os serviços deverão seguir a ordem de espalhamento, compactação e acabamento, sendo realizados na pista devidamente preparada, na largura desejada e nas quantidades que permitas após todas as etapas, atingir a espessura projetada de 15 cm. O acabamento deve ser executado pela à ação conjunta da motoniveladora de rolo de pneu e liso-vibratório. Vale salientar que de forma alguma as etapas poderão ser realizadas em dias de precipitação pluviométrica para que não haja interferências e modificação não desejadas nos resultados finais.

Após a correção e homogeneização da umidade, o material deve ser compactado obtendo a espessura desejada não podendo ser inferior a 10 cm e nem superior a 20 cm, durante a compactação se for necessário pode ser umedecido a superfície da camada, o acabamento deve ser executado pela à ação conjunta da motoniveladora de rolo de pneu e liso-vibratório.

A (figura 5) abaixo mostra o material que deve ser utilizado para a sub-base.



Figura 5: Material para utilização na sub-base. Fonte: Autor próprio, 2018.

3.4.4. Execução do pavimento de concreto

Para a execução das placas de concreto será utilizada a pavimentadora de rolo vibratório e régua treliçada que trabalham com largura total de 7,00 m e espessura de placa até 25 cm. A texturização do concreto será feita com vassouras de piaçava no sentido transversal ao eixo da pista.

A (figura 6) mostra o processo de fabricação das placas de concreto com a utilização da pavimentadora de rolo vibratório e régua treliçada.



Figura 6: Figura meramente ilustrativa da execução das placas de concreto. Fonte: Infraestrutura Urbana, 2014.

3.4.5. Execução das juntas

As juntas de retração (ou contração) deverão ser realizadas enquanto o concreto se apresentar plástico através da inserção de um perfil metálico ou de plástico rígido. Se forem realizadas após seu endurecimento inicial, deverão ser empregados serras circulares dotadas de disco diamantado.

A profundidade da ranhura da junta deverá ter no mínimo 4 cm de acordo com Manual de Pavimentos Rígidos (2005), tanto para a junta moldada quanto para a serrada. A abertura da ranhura deverá ser executada com exatamente 6 mm de espessura. A distância das juntas transversais e longitudinais deverão respeitar uma metragem de 6 metros no sentido longitudinal e no máximo 3,75m no sentido transversal.

O material selante poderá ser moldado a frio ou pré-moldado e deverá ser de produção industrial. Só deverá ser aplicado quando os sulcos das juntas estiverem limpos e secos, empregando-se para tanto ferramentas com ponta de cinzel que penetrem na ranhura das juntas sem danificá-las, vassouras de fios duros e jati de ar comprimido. Deverá ser cautelosamente colocado sobre seu suporte no interior dos sulcos, sem respingas na superfície e em quantidade suficiente para encher a junta sem transbordamento. Qualquer excesso deverá ser imediatamente removido e seguida realizar a limpeza do material respingado. Após a concretagem, realizar um segundo corte com um disco diamantado de 6 mm de espessura e 20 mm de profundidade.

A (figura 7) mostra os cortes e a selagem das juntas de retração.



Figura 7: Figura meramente ilustrativa do corte e selagem das juntas. Fonte: PR-4, ABCP, 2003.

3.4.6. Meios-fios e Sarjetas

Tanto os meios fios quanto sarjetas deverão moldados no local e obedecer um fck de 20 Mpa. Para o assentamento dos meios-fios, a superfície do terreno deve estar regularizada, lisa e isenta de partículas soltas. Deverão ser executados em peças de 1,00 metro de comprimento, tendo esse tamanho reduzido para seguimentos em curvas.

A sarjeta deverá ser executada in loco, com juntas de 1 cm de largura a cada 3 m. Estas juntas deverão ser preenchidas com argamassa de cimento e areia com traço de 1:3. Abaixo segue (figura 8) com um modelo meramente ilustrativo.

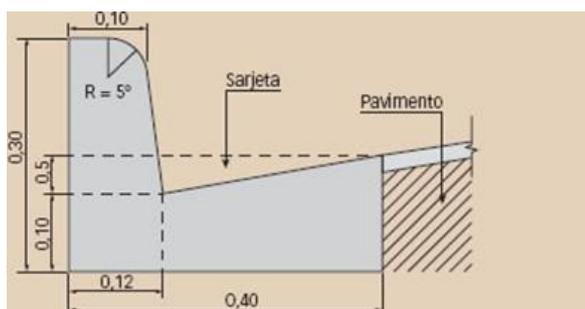


Figura 8: Modelo de meio fio e sarjeta . Fonte: portal PINIweb, 2013.

4. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

Atividades	Julho de 2019																															
	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Regularização do Subleito																																
Escarificação e compactação do Subleito	█	█	█	█	█			█	█	█	█	█			█	█																
Sub Base Granular																																
Compactação da Sub Base																	█	█	█				█	█	█	█						
Drenagem da Via																																
Escavação																														█	█	█
Lastro de Brita																																
Berço de Concreto																																
Alinhamento dos Tubos																																
Caixa Coletora																																
Poço de visita																																
Execução da Pavimentação																																
Placa de Concreto																																
Tratamento de Juntas																																
Corte e Selagem das Juntas																																
Sarjetas e Meios-Fios																																
Meio-Fio com Sarjeta																																

Quadro 1: Cronograma do mês de Julho de 2019. Fonte: Próprio Autor.

Atividades	Agosto de 2019																														
	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Regularização do Subleito																															
Escarificação e compactação do Subleito																															
Sub Base Granular																															
Compactação do Sub Base																															
Drenagem da Via																															
Escavação																															
Lastro de Brita																															
Berço de Concreto																															
Alinhamento dos Tubos																															
Caixa Coletora																															
Poço de visita																															
Execução da Pavimentação																															
Placa de Concreto																															
Tratamento de Juntas																															
Corte e Selagem das Juntas																															
Sarjetas e Meios-Fios																															
Meio-Fio com Sarjeta																															

Quadro 2: Cronograma do mês de Agosto de 2019. Fonte: Próprio Autor.

Atividades	Setembro de 2019																													
	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Drenagem da Via																														
Escavação																														
Lastro de Brita																														
Berço de Concreto																														
Alinhamento dos Tubos																														
Caixa Coletora																														
Poço de Visita																														
Regularização do Subleito																														
Compactação do Subleito																														
Sub Base Granular																														
Compactação do Sub Base																														
Execução da Pavimentação																														
Placa de concreto																														
Corte e selagem das juntas																														
Sarjetas e Meios-Fios																														
Meio-fio com Sarjeta																														

Quadro 3: Cronograma do mês de Novembro de 2019. Fonte: Próprio Autor.

5. CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO PROJETO

ITEM	INSUMO	UN.	QUANT.	VALOR UNIT.	R\$ TOTAL	FONTE
1	DRENAGEM DA VIA			SUB-TOTAL	R\$ 212.911,43	
1.1	Escav. mec. Em vala, mat 1ª cat. carga e transp	M³	3.120	R\$ 9,50	R\$ 29.640,00	SEINFRA
1.2	Lastro de brita nº 2, e = 10 cm p/ fundo de vala	M³	195	R\$ 48,00	R\$ 9.360,00	SEINFRA
1.3	Berço de concreto e = 10 cm, fck 15MPa	M³	214,50	R\$ 346,80	R\$ 74.388,60	SEINFRA
1.4	Tubo Ø 400 mm PA1-PB	M	1.950	R\$ 38,20	R\$ 74.490,00	SEINFRA
1.5	Caixa coletora tipo boca de lobo	Unid	31	R\$ 450,00	R\$ 13.950,00	SEINFRA
1.6	Poço de Visita tij. Mac. e= 15 cm p/ rede 400 mm	Unid	19,50	R\$ 568,35	R\$ 11.082,83	SEINFRA
2	REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO			SUB-TOTAL	R\$ 20.069,94	
2.1	Caminhão irrigador, diesel potência 162 HP capacidade 5000 l - vida útil 8.000 h	h prod.	47	R\$ 87,71	R\$ 4.122,37	SEINFRA
2.2	Rolo compactador vibratório com pneus de tração, cilindro pé de carneiro em aço potência 150 HP, peso operacional 11,60T - vida útil 8.000 h	h prod.	39	R\$ 114,19	R\$ 4.453,41	SEINFRA
2.3	Trator sobre pneus, potência 92HP - vida útil 8.000 h	h prod.	47	R\$ 66,85	R\$ 3.141,95	SEINFRA
2.4	Grade de disco rebocável 3,50m = vida útil 20.000 h	h prod.	47	R\$ 2,58	R\$ 121,26	SEINFRA
2.5	Motoniveladora sobre pneus 135HP - vida útil 8.000 h	h prod.	39	R\$ 151,30	R\$ 5.900,70	SEINFRA
2.6	Rolo compactador estático de pneus 135HP - vida útil 8.000 h	h prod.	39	R\$ 59,75	R\$ 2.330,25	SEINFRA
3	SUB BASE GRANULAR			SUB-TOTAL	R\$ 49.631,48	
3.1	Rachão	M³	1.842,75	R\$ 25,00	R\$ 46.068,75	SEINFRA
3.2	Rolo compactador vibratório com pneus de tração, cilindro pé de carneiro em aço potência 150 HP, peso operacional 11,60T - vida útil 8.000 h	M³	31,20	R\$ 114,19	R\$ 3.562,73	SEINFRA
4	CONCRETO MR28 = 45kgf/cm²			SUB-TOTAL	R\$ 818.781,88	
4.1	Placa de concreto de cimento Portland para pavimento MR28 = 42 kgf/cm² c/ régua vibratória simples	M³	1.753,20	R\$ 367,53	R\$ 644.353,60	SEINFRA

4.2	Tratamento de juntas	M	3.042	R\$ 3,61	R\$ 10.981,62	SEINFRA
4.3	Junta Longitudinal, inclusive corte cordão de polipropileno e selante	M	3.042	R\$ 10,12	R\$ 30.785,04	SEINFRA
4.4	Junta Transversal, inclusive corte, cordão de polipropileno e selante	M	3.042	R\$ 43,61	R\$ 132.661,62	SEINFRA
5	SARJETAS E MEIOS-FIOS			SUB-TOTAL	R\$ 82.850,85	
5.1	Meio fio c/ sarjeta, extrusado com concreto fck 20 MPa	M	2.599,65	R\$ 31,87	R\$ 82.850,85	SEINFRA
				TOTAL	R\$ 1.101.394,73	
				BDI (%)	26,75 %	
				TOTAL C/ BDI	R\$ 1.396.017,82	

Quadro 4: Custo de implantação do projeto. Fonte: Próprio Autor, 2018.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Estradas de concreto Este é o caminho do futuro**. Disponível em: <<http://viasconcretas.com.br>>. Acesso em 05/outubro/2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 12266**: Projeto e execução para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 15645**: Execução de obras de esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais utilizando-se tubos e aduelas de concreto. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 6457**: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaio de caracterização. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 7180**: solo determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. 122/1994 – **Solos – Determinação do limite de liquidez – método de referência**. Rio de Janeiro 1994.

_____. 162/1994 – **Solos – ensaio de compactação utilizando amostras trabalhadas**. Rio de Janeiro 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **030/2004 – ES: Dispositivos de drenagem pluvial urbana**. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **137/2010 – ES: Regularização do subleito**. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **139/2010 – ES: Sub-base estabilizada granulometricamente**. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **Manual de pavimentação**. 2ª ed. Rio de Janeiro: IPR. Publ., 719, 2006.

_____. **Manual de estudos de tráfego.** Rio de Janeiro: IPR. Publ., 723, 2006.

_____. **Manual de pavimentos rígidos.** Rio de Janeiro: IPR. Publ., 714, 2005

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA

APÊNDICES

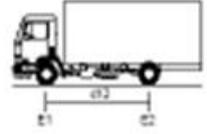
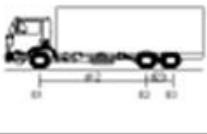
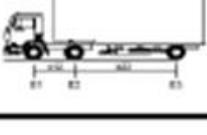
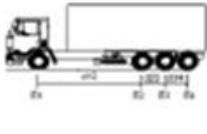
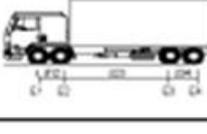
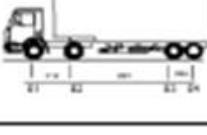
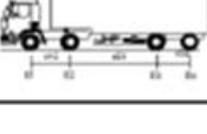
APÊNDICES A - Quadro de Contagem do Tráfego.

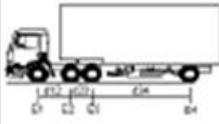
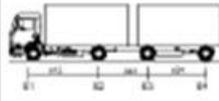
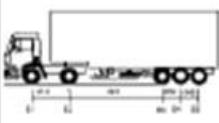
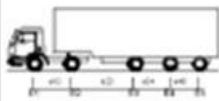
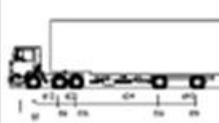
HORÁRIO	TIPO DOS VEÍCULOS CONTABILIZADOS						
	MOTOS	AUTOS	UTILITÁRIOS	2C	2S2	2S3	ÔNIBUS
8h - 9h	86	834	18	5	3	3	6
10h - 11h	52	522	46	4	8	2	15
11h - 12h	188	416	34	7	13	6	26
12h - 13h	115	981	54	18	26	12	47
13h - 14h	76	338	28	6	9	5	42
14h - 15h	43	416	14	2	2	3	52
15h - 16h	162	576	26	5	4	4	27
16h - 17h	193	615	37	11	4	1	14
17h - 18h	321	936	71	26	22	7	41
TOTAL	1.236	5.634	328	84	91	43	270

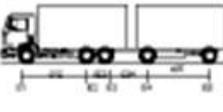
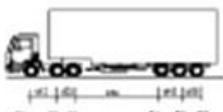
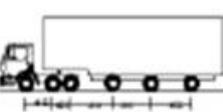
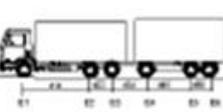
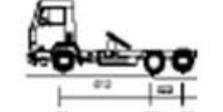
Quadro 5: Contagem dos veículos. Fonte: Próprio Autor

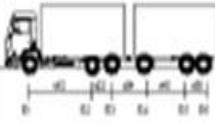
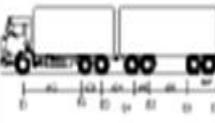
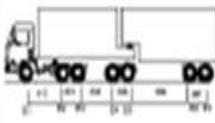
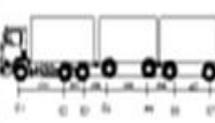
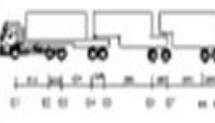
ANEXOS

ANEXO 1 – Veículos adotados na classificação do DNIT.

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	2	18(16,8)	CAMINHÃO E1 = eixo simples (E0), rodagem simples (R0), carga máxima (CM) = 6t ou capacidade declarada pelo fabricante do pneumático E2 = E0, rodagem dupla (RD), CM = 10t d12 ≤ 3,50m	2C
	3	23(24,2)	CAMINHÃO TRUCADO E1 = E0, RD, CM = 6t E2E3 = E0, conjunto de eixos em tandem duplo TD, CM = 17t d12 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3C
	3	28(27,3)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = E0, RD, CM = 6t E2 = ED, RD, CM = 10t E3 = ED, RD, CM = 10t d12, d23 > 2,40m	201
	4	31,6(33,1)	CAMINHÃO SIMPLES E1 = E0, RD, CM 6t E2E3E4 = conjunto de eixos em tandem triplo TT; CM = 25,5t d12 > 2,40 1,20m < d23, d34 ≤ 2,40m	4C
	4	28(30,5)	CAMINHÃO DUPLO DIRECIONAL TRUCADO E1E2 = conjunto de eixos direcionais CED, CM = 12t E3E4 = TD, CM = 17t 1,20m < d34 ≤ 2,40m	4CD
	4	33(34,7)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = E0, RD, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3E4 = TD, CM = 17t d12, d23 > 2,40m 1,20m < d34 ≤ 2,40m	202
	4	38(37,8)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = E0, RD, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10t d12, d23, d34 > 2,40m	202

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	4	33(34,7)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t d12, d34 > 2,40m 1,20 < d23 ≤ 2,40	3S1
	4	36(37,8)	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10m d12, d23, d34 > 2,40m	2C2
	5	41,5(43,6)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD CM10t E3E4E5 = TT, CM 25,5t d12, d23 > 2,40m 1,20m d34, d45 ≤ 2,40m	2S3
	5	40(42)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM17t E4E5 = TD, CM 17t d12, d34 > 2,40m 1,20m < d23, d45 ≤ 2,40m	3S2
	5	45(47,3)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t d12, d23, d34, d45 > 2,40m	2I3
	5	43(45,2)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4E5 = TD, CM 17t d12, d23, d34 > 2,40m 1,20m < d45 ≤ 2,40m	2J3
	5	43(45,2)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3I2

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	5	43(45,2)	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4E5 = TD, CM 17t d12, d23, d34 > 2,40m 1,20m < d45 ≤ 2,40m	2C3
	5	43(45,2)	CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3C2
	6	45(47,3)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4E5E6 = TT, CM 25,5t d12, d34, > 2,40m 1,20m < d23, d45, d56 ≤ 2,40m	3S3
	6	45(47,3)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t E6 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d45, d56 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3I3
	6	45(47,3)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5E6 = TD, CM 17t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23, d56 ≤ 2,40m	3J3
	6	45(47,3)	CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5E6 = TD, CM 17t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23, d56 ≤ 2,40m	3C3
	6	19,5(20,5)	CAMINHÃO TRATOR E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD(6 pneus), CM 13,5t 1,20m < d23 ≤ 2,40m A CMT do conjunto vai variar conforme a capacidade do semi-reboque, no mínimo 10 ton até, no máximo o limite legal de 4r ton.	X

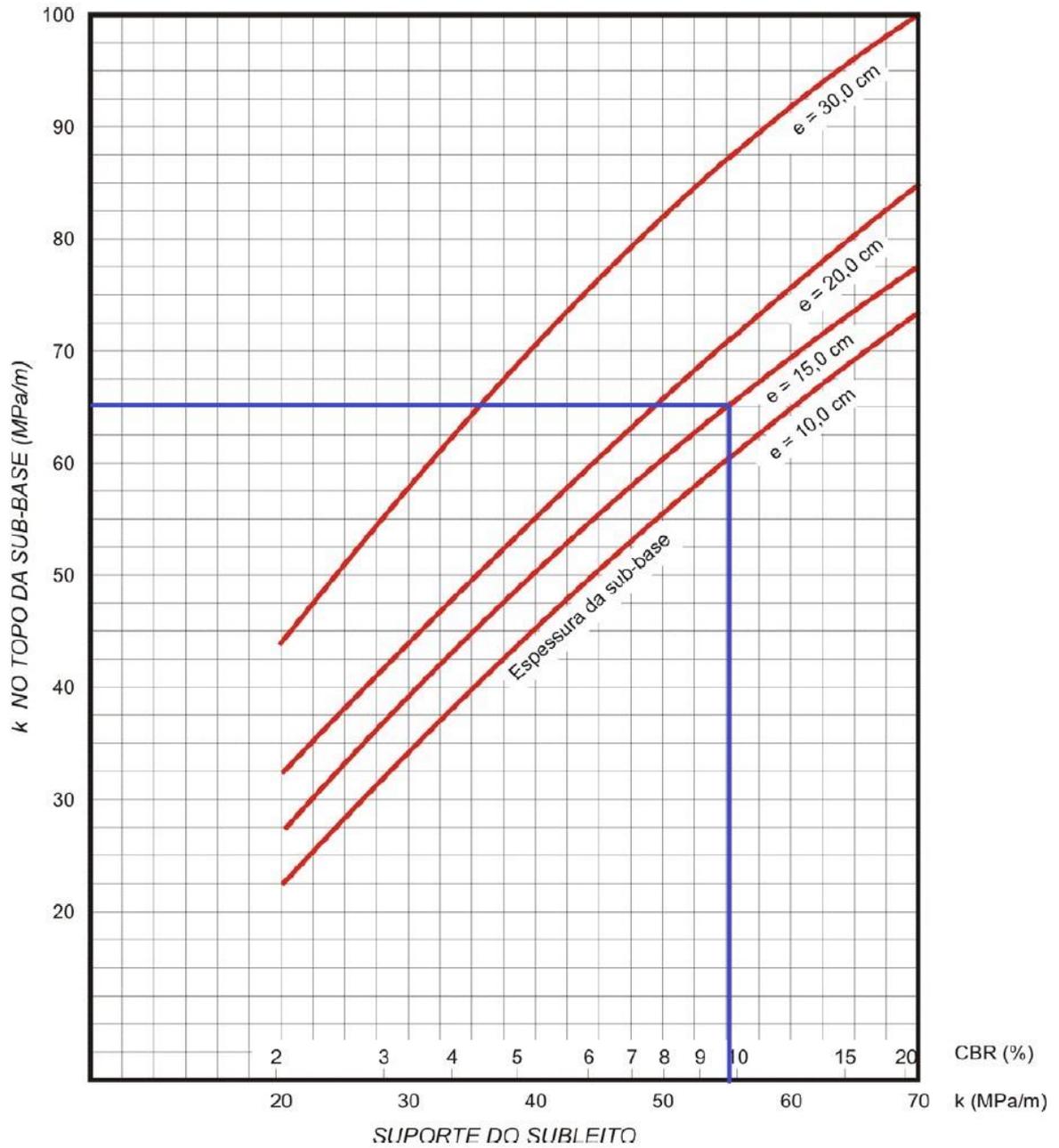
SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	6	50(52,5)	ROMEU E JULIETA(caminhão trucado + reboque) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = T0, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5E6 = TD, CM 17t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23, d56 ≤ 2,40m	3D3
	7	57(59,9)	ROMEU E JULIETA(caminhão trucado + reboque) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = T0, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t d12, d34, d56 > 2,40m 1,20m < d23, d45, d57 ≤ 2,40m	3D4
	7	57(59,9)	BITREM ARTICULADO(caminhão trator trucado + dois semi reboques) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = T0, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t d12, d34, d56 > 2,40m 1,20m < d23, d45, d57 ≤ 2,40m	3D4
	7	63(66,2)	TREMINHÃO(caminhão trucado + dois reboques) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t E6 = ED, RD, CM 10t E7 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d56, d67 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3Q4
	9	74(77,7)	TRITREM(caminhão trator trucado + três semi reboques) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t E8E9 = TD, CM 17t d12, d34, d56, d78 > 2,40m 1,20m < d23, d45, d57, d89 ≤ 2,40m	3T6

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	9	74(77,7)	RODOTREM (caminhão trator trucado + dois eixos semi-reboques com dolly) E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t E8E9 = TD, CM 17t d12, d34, d56, d78 > 2,40m 1,20m < d23, d45, d67, d89 ≤ 2,40m	3T6
	2	16(16,8)	ÔNIBUS E1 = ES, RS, CM 6t ou a capacidade declarada pelo fabricante do pneumático E2 = ED, RD, CM 10t d12 ≤ 3,50m	2CB
	3	19,5(20,5)	ÔNIBUS TRUCADO E1 = ES, RS, CM 6t E2E3 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos, carga máxima 13,5t d12 > 2,40m 1,20 < d23 ≤ 2,40m	3CB
	4	25,5(26,8)	ÔNIBUS DUPLO DIRECIONAL TRUCADO E1E2 = conjunto de eixos direcionais, carga máxima 12 ton E3E4 = conjunto de eixos em tandem duplo com 6 pneumáticos, carga máxima 13,5t 1,20 < d34 ≤ 2,40m	4CB
	3	26(27,3)	ÔNIBUS URBANO ARTICULADO E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t d12, d23 > 2,40m	2SB1
	4	36(37,8)	ÔNIBUS URBANO BI-ARTICULADO E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10t d12, d23, d34 > 2,40m	2IB2

Fonte: DINT, 2006.

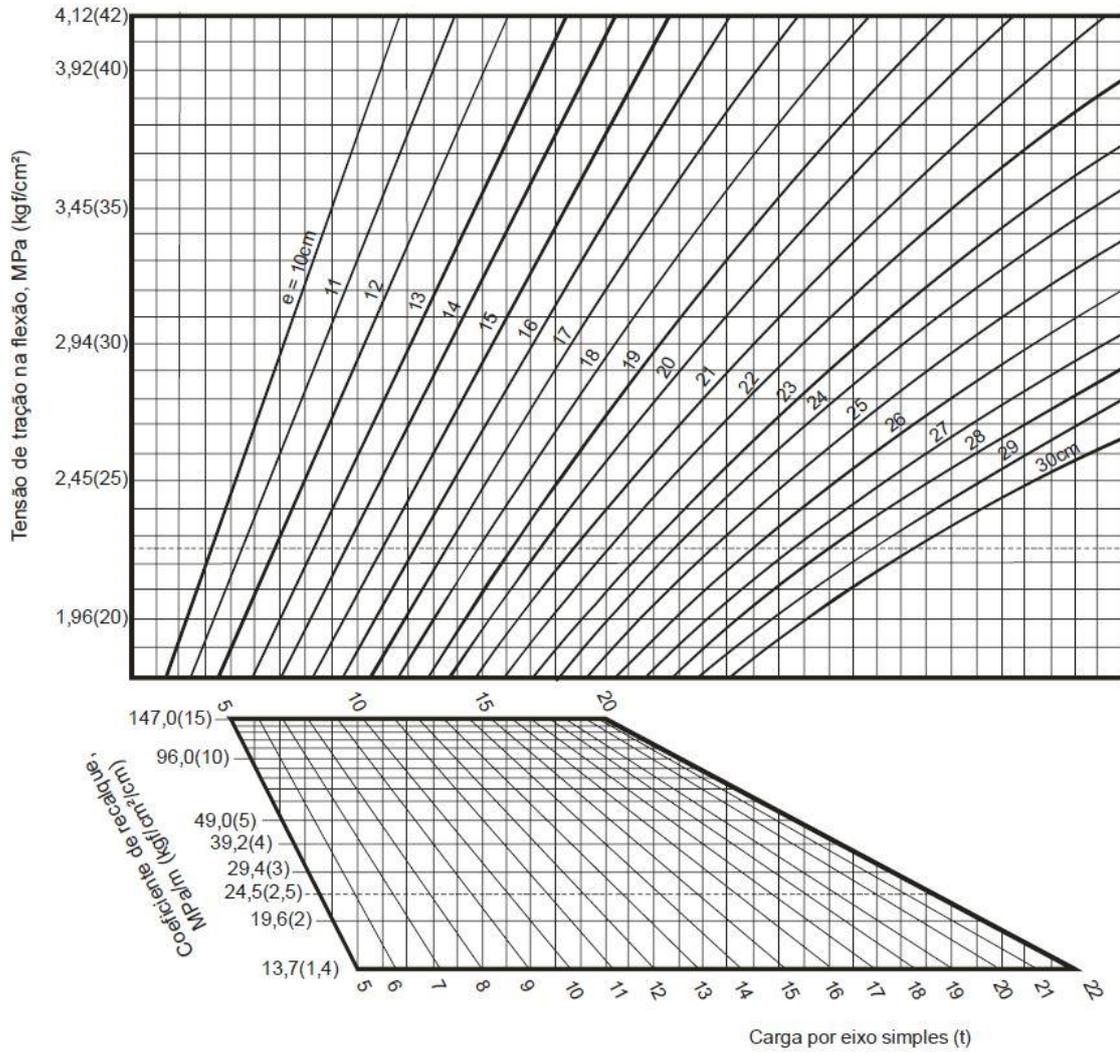
ANEXO 2 – Aumento de k devido à presença de sub-base granular.

Fonte: DINT, 2005.



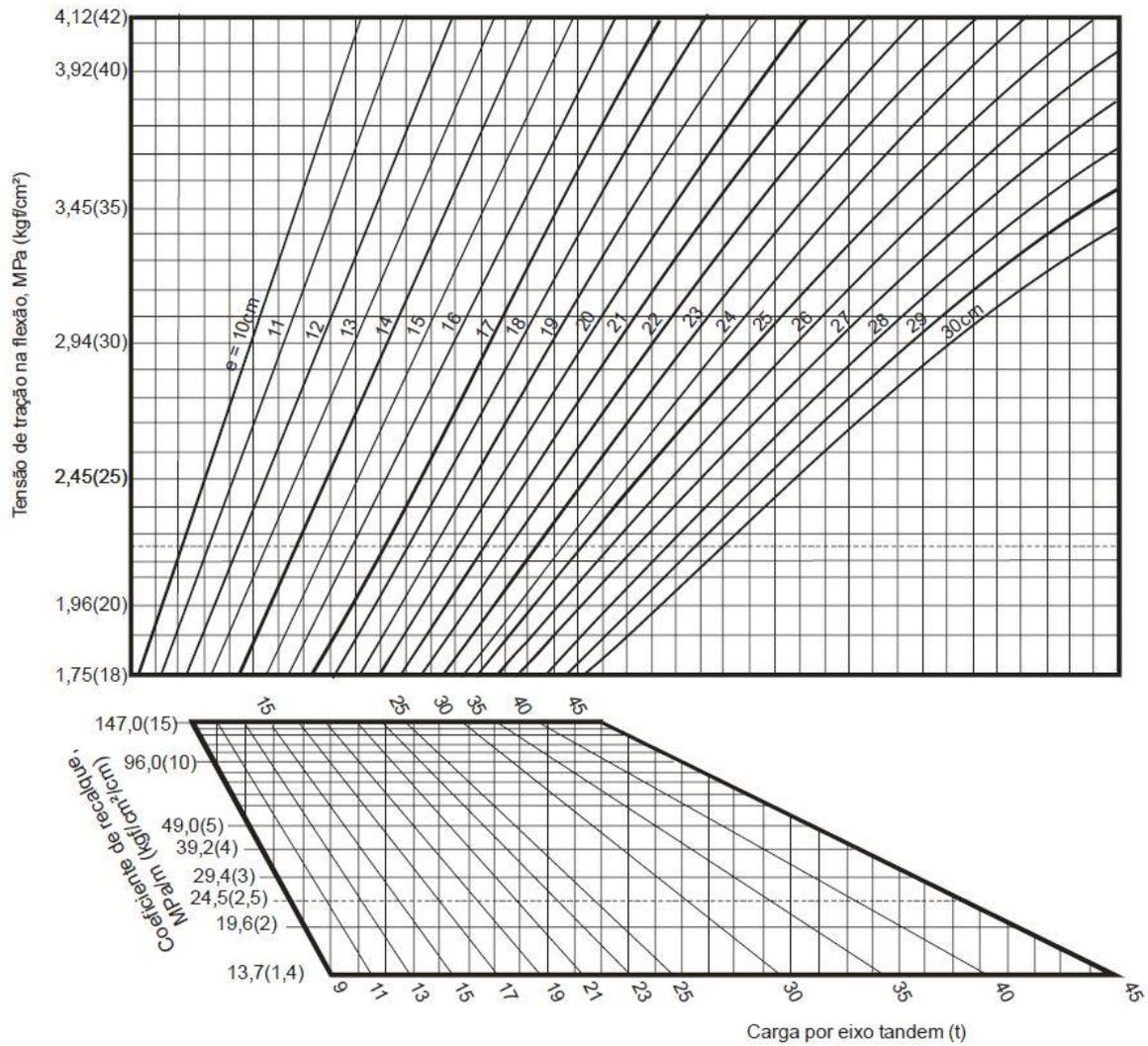
ANEXO 3 - Ábaco para dimensionamento de pavimentos rodoviários - eixos simples.

Fonte: DNIT, 2005.



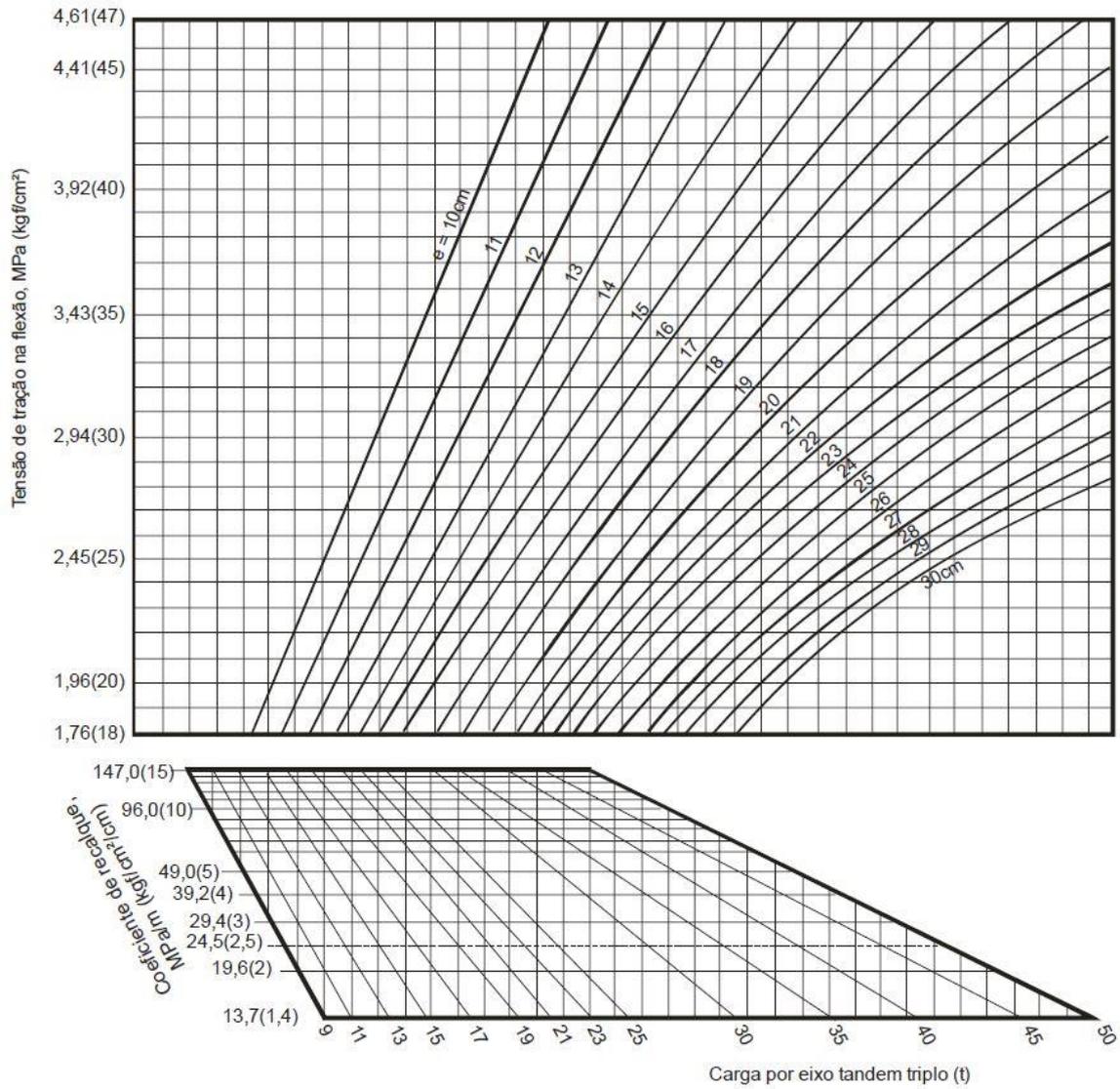
Fonte: DNIT, 2005.

ANEXO 4 - Ábaco para dimensionamento da espessura de pavimentos rodoviários de concreto - eixos tandem duplos.



Fonte: DNIT, 2005.

ANEXO 5 - Ábaco para dimensionamento da espessura de pavimentos rodoviários de concreto - eixos tandem triplos.



Fonte: DNIT, 2005.