

# Memorial de cálculo do Projeto de Pavimentação

## Pista interna provisória do campus Araras da UFU



**LANIX**  
engenharia consultiva

Belo Horizonte, 22 de julho de 2016.

## Sumário

1	Apresentação.....	4
2	Dados do Contratante e Responsável Técnico.....	5
2.1	Dados da empresa contratada: .....	5
2.2	Equipe técnica: .....	5
2.3	Dados do contratante:.....	5
3	Introdução.....	6
4	Metodologia .....	7
5	Memória de cálculo .....	8
5.1	Pesquisa do tráfego atual.....	8
5.1.1	Análise dos dados de campo .....	9
5.2	Projeção do tráfego futuro.....	12
5.3	Estimativa de tráfego .....	12
5.4	Estudos geotécnicos.....	13
5.4.1	Estudo do subleito.....	13
5.5	Dimensionamento do corpo estradal.....	14
5.5.1	Espessura do revestimento .....	14
5.5.2	Coeficiente de equivalência estrutural.....	15
5.5.3	Cálculo das demais camadas.....	16
5.6	Materiais recomendados.....	18
5.6.1	Reforço do subleito .....	18
5.6.2	Sub-base.....	18
5.6.3	Base.....	19
5.6.4	Imprimação .....	20
5.6.5	Revestimento.....	20
6	Bibliografia .....	21
7	Anexo 1 – Projeto de pavimentação.....	22
8	Anexo 2 – Relatório da caracterização solo do subleito.....	23

## Lista de Figuras

Figura 1 - Local de implantação da nova pavimentação .....	6
Figura 2 - Metodologia para dimensionamento do pavimento flexível .....	7
Figura 3 – Posto de contagem da pesquisa de CCV .....	8
Figura 4 – Modelo do formulário utilizado na pesquisa de CCV .....	9
Figura 5 – Comportamento do tráfego durante o dia .....	10
Figura 6 – Tráfego entrando no campus .....	10
Figura 7 – Tráfego saindo do Campus .....	11
Figura 8 – Divisão modal do tráfego existente .....	11
Figura 9 - Simbologia das camadas de pavimentação .....	14
Figura 10 – Ábaco de dimensionamento .....	17

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Estimativa da demanda atual do campus Araras .....	12
Tabela 2 - Estimativa da demanda futuro do campus Araras .....	12
Tabela 3 – Cálculo do número “N” .....	13
Tabela 4 - Caracterização do subsolo do corpo estradal .....	13
Tabela 5 - Valores de R em função do número N .....	15
Tabela 6 - Coeficiente de equivalência estrutural - k .....	15
Tabela 7 - Símbolo das camadas .....	16
Tabela 8 – Espessura das camadas .....	17
Tabela 9 – Faixas de composição granulométrica .....	19

## 1 Apresentação

A Lanix Engenharia Consultiva LTDA apresenta o relatório da memória de cálculo para a elaboração do projeto de pavimentação, voltado à implantação da pista interna do campus Araras da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Esta obra visa oferecer melhores condições de trafegabilidade para os usuários desta instituição ao passo que neste campus está ocorrendo expansão e previsão da ampliação da oferta de vagas para novos alunos e cursos.

O presente relatório apresenta as análises quantitativas dos cálculos para o dimensionamento do corpo estradal da referida obra. Será também apresentada a sugestão dos materiais a serem utilizados na etapa de execução.

## 2 Dados do Contratante e Responsável Técnico

### 2.1 Dados da empresa contratada:

Razão Social: Lanix Engenharia Consultiva LTDA

Endereço: Rua Teixeira Magalhães, 159 - Floresta - Belo Horizonte MG

CEP: 30150-000

Site: [www.lanixengenharia.com.br](http://www.lanixengenharia.com.br)

Telefone: (031) 2552-8005

E-mail: [contato@lanixengenharia.com.br](mailto:contato@lanixengenharia.com.br)

### 2.2 Equipe técnica:

RT: Farney Aurélio Alcântara – Engenheiro Civil - CREA-MG – 142108/D

Clarissa Pontes Melo – Arquiteta Urbanista - CAU A77333-6

### 2.3 Dados do contratante:

Nome: Engº Victor Scates Dias

Endereço: Av. João Naves de Ávila, 2.121 – Bloco 1J – B. Santa Mônica - Uberlândia/MG

E-mail: [victordias.ufu@gmail.com](mailto:victordias.ufu@gmail.com)

Telefone: (34) 3291-8927

### 3 Introdução

As cidades estão em constantes transformações, onde o aumento das atividades econômicas e novos polos turísticos podem impactar diretamente no crescimento do tráfego local ou regional. Para Cardoso, et al (Renovação urbana, mercantilização da cidade e desigualdades socioespaciais, 2013) as diversas esferas do poder executivo estão atentas a esta demanda, inclusive com a aplicação expressiva de recursos financeiros, como os PACs iniciados pelo primeiro governo federal a partir de 2007.

O próprio BNDS ([www.bndes.gov.br](http://www.bndes.gov.br), 2015) entende que a solução dos problemas de infraestrutura passa a ser condição necessária para a melhoria do bem-estar da população urbana, permitindo que todos tenham acesso a serviços básicos como energia elétrica, comunicações, transporte urbano e saneamento. Arelado a isto, a ampliação da infraestrutura promove a consolidação da integração regional, reduz custos e propicia o crescimento da produtividade e qualidade dos bens e serviços da estrutura produtiva.

Com o mesmo foco e visando garantir um maior conforto a fluidez do tráfego dentro do campus Araras, a Universidade Federal de Uberlândia solicitou a elaboração do projeto de pavimentação para implantação de uma pista provisória que irá interconectar a portaria do acesso Romeu Mundim Pena com os blocos 1AMC e 1BMC, em conformidade com a nota de empenho nº 2016NE801217. Esta via possuirá uma largura de 7,00 m, conforme o projeto geométrico. A Figura 1 apresenta o traçado e a localização da implantação.

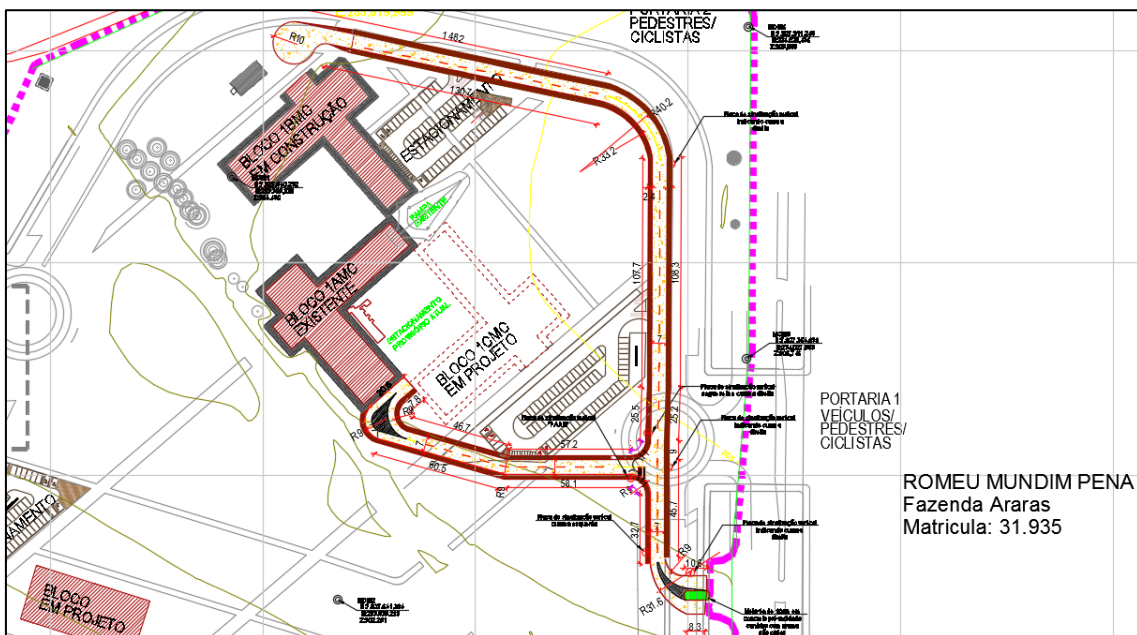


Figura 1 - Local de implantação da nova pavimentação

Este relatório tem por objetivo apresentar a memória de cálculo para o dimensionamento do referido projeto de pavimentação. Para atingir este escopo utilizou-se softwares de análise estatísticas e planilhas eletrônicas e os resultados destas análises serão apresentadas nos próximos capítulos.

## 4 Metodologia

Para o dimensionamento do pavimento em questão adotou-se o Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis de autoria do Engenheiro Murillo Lopes de Souza, esta metodologia está em conformidade com o Manual de Pavimentação do DNIT (Brasil, 2006).

O método é baseado em dados empíricos que se fundamentam na capacidade de suporte do subleito, traduzida pelos ensaios de ISC dos seus materiais constituintes e pelo tráfego em termos de número equivalente de operações de um determinado eixo padrão, que é fixado em 8,2 t.

As diversas camadas que irão constituir o pavimento são dimensionadas de forma a proteger o subleito e resistirem à atuação das cargas dinâmicas causadas pelo tráfego.

Para comprimento desta metodologia seguiu-se os seguintes passos:

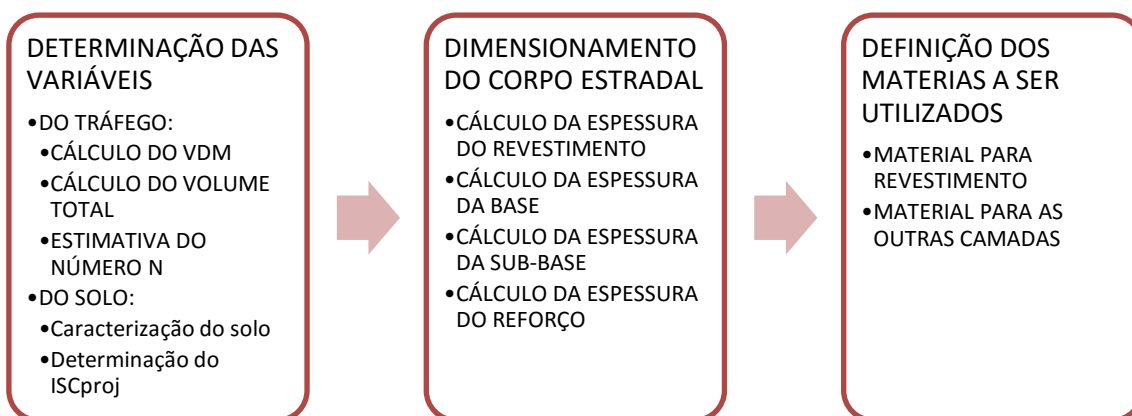


Figura 2 - Metodologia para dimensionamento do pavimento flexível

## 5 Memória de cálculo

O Projeto de Pavimentação foi elaborado com a finalidade de conceber e detalhar a estrutura do pavimento a ser executado na obra tendo como base as normas e recomendações do DNIT. Assim, procurou-se obter camadas do pavimento de forma que elas tenham condições de suportar as solicitações impostas pelo tráfego, mantendo o conforto e a segurança dos usuários.

### 5.1 Pesquisa do tráfego atual

Para se efetuar uma correta avaliação da operacionalidade do tráfego atual no campus Araras optou-se por realizar uma coleta de dados relativos ao fluxo viário, a partir dos quais se obteve uma série de parâmetros de tráfego. Logo, com esse objetivo, realizou-se uma pesquisa de tráfego próximo aos acessos de entrada e saída da universidade. O referido posto de contagem pode ser visualizado na figura a seguir.

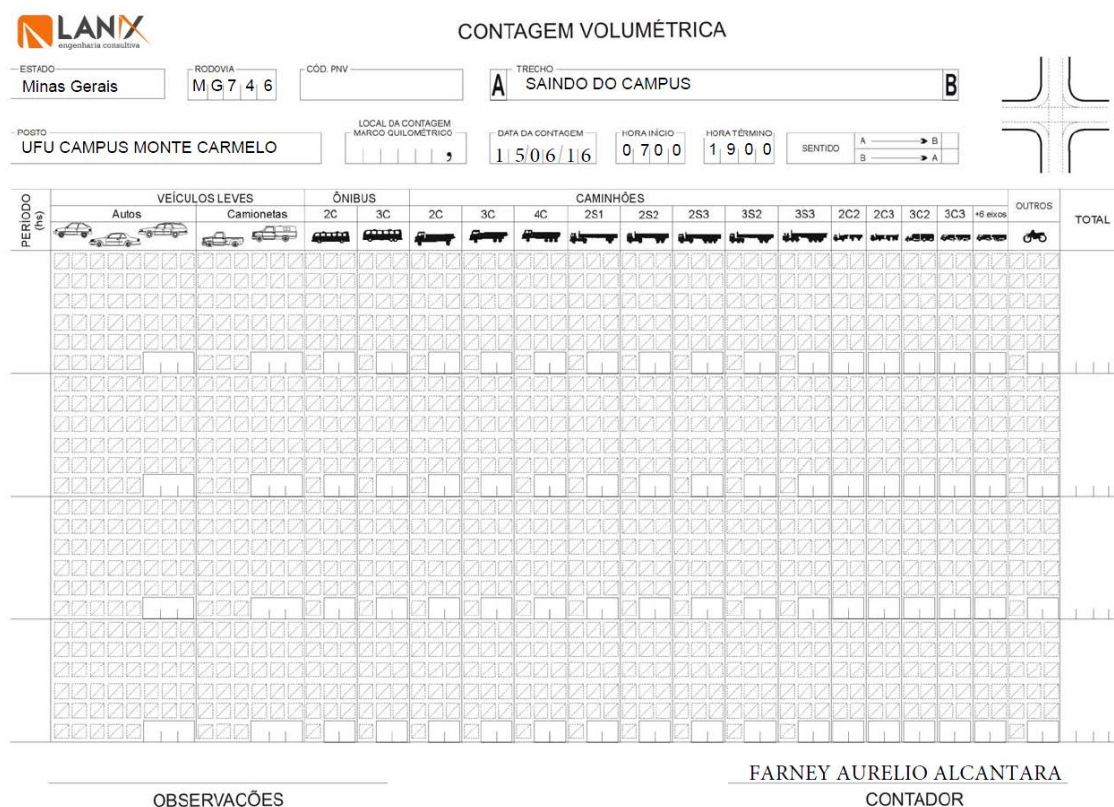


Figura 3 – Posto de contagem da pesquisa de CCV

A pesquisa de Contagem Classificada Veicular (CCV) consiste, segundo o próprio nome, em pesquisa de contagem de veículos segregando-os por tipo, em que se contaram, separadamente, os veículos de passeio, motocicletas, ônibus e caminhões, etc. Esta foi realizada entre as 07:00 às 19:00 do dia 15 de junho de 2016, respeitando-se a metodologia quanto à divisão modal prescrita pelo Manual de Pavimentação do DNIT (Brasil, 2006).



A imagem seguinte apresenta um modelo de formulário de CCV utilizado pelo pesquisador.



**CONTAGEM VOLUMÉTRICA**

ESTADO: Minas Gerais | RODOVIA: MG 746 | CÓD. PNV: | TRECHO: A SAINDO DO CAMPUS B

POSTO: UFU CAMPUS MONTE CARMELO | LOCAL DA CONTAGEM: MARGO QUILOMÉTRICO | DATA DA CONTAGEM: 15/06/16 | HORA INÍCIO: 07:00 | HORA TÉRMINO: 19:00

SENTIDO: A → B, B → A

PERÍODO (h)	VEÍCULOS LEVES		ÔNIBUS		CAMINHÕES								OUTROS	TOTAL					
	Autos	Camionetas	2C	3C	2C	3C	4C	2S1	2S2	2S3	3S2	3S3			2C2	2C3	3C2	3C3	+6 eixos

OBSERVAÇÕES: \_\_\_\_\_

FARNEY AURELIO ALCANTARA  
CONTADOR

Figura 4 – Modelo do formulário utilizado na pesquisa de CCV

### 5.1.1 Análise dos dados de campo

Na data da pesquisa somente o bloco Multiuso 01 estava em funcionamento. O tráfego apresentou um comportamento típico de Polos Geradores de Viagens (PGVs) escolares, com picos bem definidos em função das entradas dos turnos acadêmicos. Conforme apresentado na figura a seguir, as 7 horas apresentou o maior carregamento no período da manhã. Observou-se também um pico no período das 11 às 13 horas em função ao horário de almoço. Salienta-se que até em então o campus não dispõe de um refeitório, possuindo somente uma lanchonete. No pico da tarde a saída dos alunos se deram de forma mais diluída.

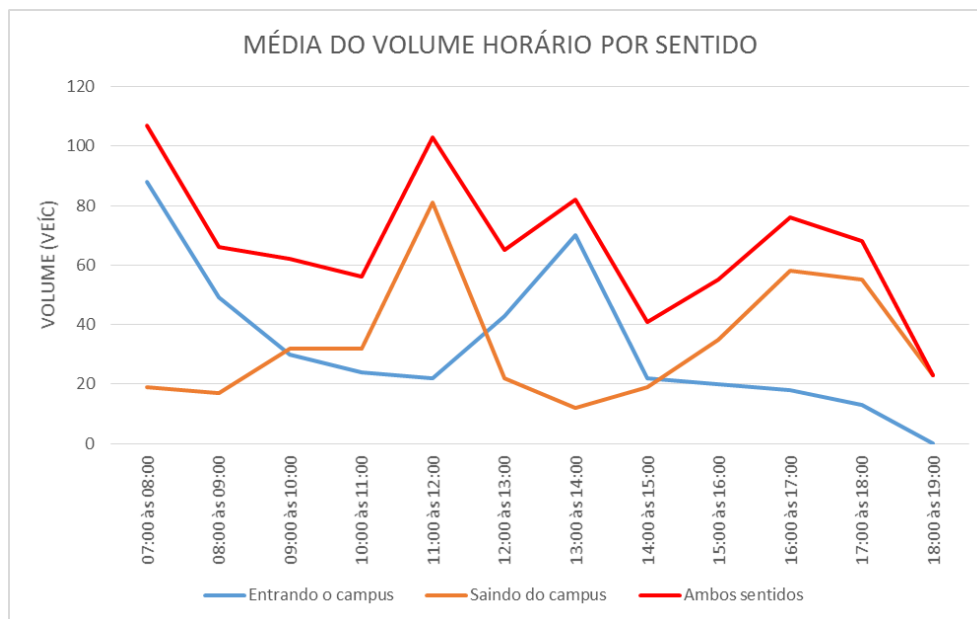


Figura 5 – Comportamento do tráfego durante o dia

Nas figuras a seguir são apresentados os dados referentes ao tráfego de entrada e saída do campus, respectivamente, com a divisão modal.

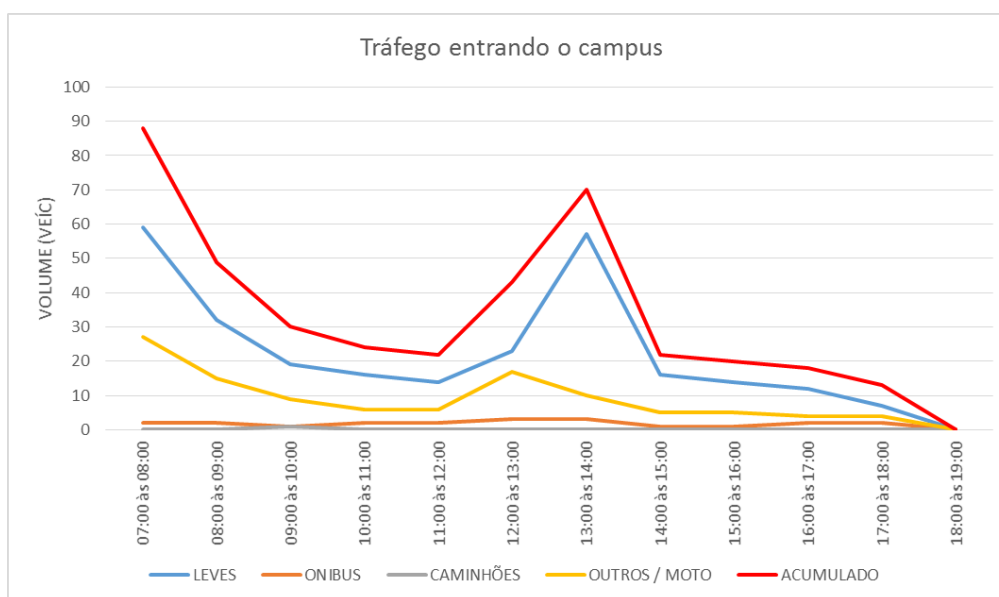


Figura 6 – Tráfego entrando no campus

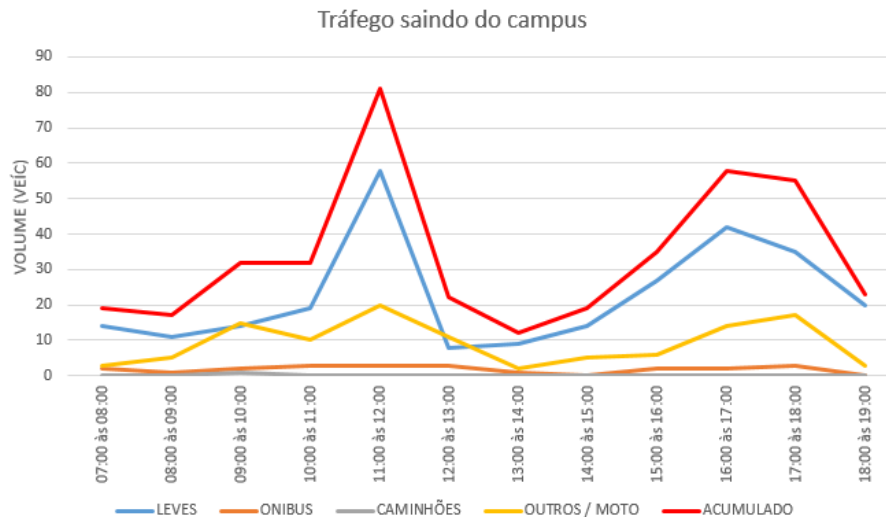


Figura 7 – Tráfego saindo do Campus

Observou-se que o carregamento é predominantemente de veículos particulares, correspondendo a 67% do tráfego total. Em relação ao tráfego de pesados há uma predominância de ônibus, que são utilizados para o trânsito de alunos e funcionários. Este serviço de transporte é subdividido entre ônibus da universidade (Inter Campi) e da Prefeitura Municipal de Monte Carmelo (ônibus municipal). A Figura 8 apresenta a distribuição modal observada na pesquisa.

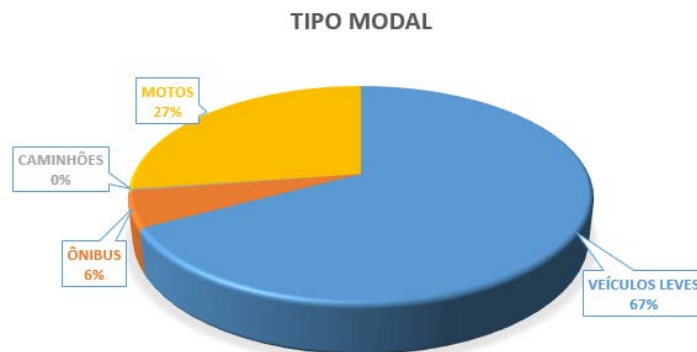


Figura 8 – Divisão modal do tráfego existente

Na tabela a seguir são apresentados os valores calculados para o maior carregamento.

Tabela 1 – Estimativa da demanda atual do campus Araras

TIPO MODAL	Contabilizado
VEÍCULOS LEVES	540
ÔNIBUS	43
CAMINHÕES	2
MOTOS	219
	804

## 5.2 Projeção do tráfego futuro

Para determinar o tráfego futuro utilizou-se uma relação de área útil existente com a área útil a ser construída com a implantação do projeto de expansão do Campus. Atualmente neste local existe um bloco voltado para aulas e atividades administrativas com uma área total de 2.424 m<sup>2</sup>. Para os próximos 10 anos está prevista a construção de mais 3 prédios semelhantes ao existente atualmente.

Admitindo que a atração de viagens cresça em uma projeção linear em função da área útil, estima-se que no futuro o campus irá atrair o tráfego diário dos seguintes volumes, conforme ilustra a Tabela 2.

Tabela 2 - Estimativa da demanda futuro do campus Araras

TIPO MODAL	Contabilizado (Atual)	Futuro (10 anos)
VEÍCULOS LEVES	540	2160
ÔNIBUS	43	172
CAMINHÕES	2	8
MOTOS	219	876
	804	3216

## 5.3 Estimativa de tráfego

O número "N" equivalente de operações do eixo padrão de 8,2 t é um parâmetro que representa as solicitações das cargas sobre o pavimento durante um determinado período de projeto. Este valor pode ser calculado pela expressão:

**Onde:**

- VT = Volume total de veículos que utilizará a rodovia durante o período de projeto;
- FV = Fator de veículo. Representa o poder destrutivo que a frota de veículos causará sobre o pavimento;

$$N = VT \times FV \times FP \times FR$$

- FP = Fator de pista. Representa a área (faixa de rolamento) a ser destruída pela frota comercial;
- FR = Fator climático regional. Representa o efeito da umidade na vida útil do pavimento

Para o dimensionamento do pavimento considerou-se uma utilização de 10 anos de utilização. A partir dos dados de carregamento futuro calculou-se os parâmetros Volume total (VT), Fator Eixo (FE), Fator Peso (FP) e Fator Climático (FR). Os resultados são:

Tabela 3 – Cálculo do número “N”

Parâmetro	Sentido Acesso ao campus	Sentido saída do campus
Volume total	77.889	79.061
Fator Eixo	2,0	2,0
Fator Carga	0,5	0,5
Fator Climático	1	1
Número “N”	7,79 x 10 <sup>4</sup>	7,91 x 10 <sup>4</sup>

Portanto, para o dimensionamento será admitido valor de 8 x 10<sup>4</sup> para número “N”, sem perda em termos de coeficientes de segurança e durabilidade do pavimento.

## 5.4 Estudos geotécnicos

### 5.4.1 Estudo do subleito

Em conformidade com o relatório de ensaios de caracterização de solo do campus UFU de Monte Carmelo elaborado pelo Laboratório de Geotecnia do Campus Santa, verificou-se que no local de implantação da via, o solo é caracterizado predominantemente como argila silto-arenosa. O resumo das características deste solo está apresentado na tabela a seguir e nos anexos deste documento.

Tabela 4 - Caracterização do subsolo do corpo estradal

<b>Massa específica dos grãos</b>	2,40 g/cm <sup>3</sup>
<b>Limite de liquidez</b>	60%
<b>Limite de plasticidade</b>	38%
<b>Índice de plasticidade</b>	22%
<b>Massa específica seca máxima</b>	1,46 g/cm <sup>3</sup>
<b>Umidade ótima</b>	26,6%
<b>CBR</b>	7,0%
<b>Expansão</b>	0,2%

Tal solo não oferece condições satisfatórias para um suporte adequado para o corpo estradal. Logo, será dimensionado também um reforço do subleito de forma a reduzir as transmissões dos esforços ao solo.

## 5.5 Dimensionamento do corpo estradal

O dimensionamento do corpo estradal nada mais é que realizar os cálculos para as diferentes camadas que o mesmo terá para residir e amortecer os impactos provenientes do tráfego.

Conforme apresentado na figura a seguir, normalmente a estrutura de pavimentação é composta por revestimento, base, sub-base e reforço do subleito, conforme ilustra a Figura 9.

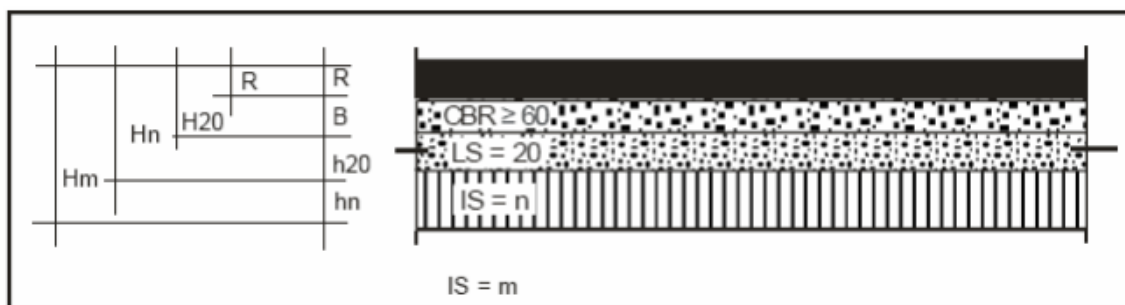


Figura 9 - Simbologia das camadas de pavimentação

Usualmente, é comum utilizar materiais granulares para a construção destas camadas, entretanto os mesmos deveriam obedecer aos seguintes limites:

- Material para reforço do subleito:
  - Os que apresentam um IS ou CBR inferior a 20% e superior ao do subleito;
- Materiais para sub-base:
  - Os que apresentam um IS ou CBR superior a 20%. Costuma-se chamar esta camada de  $h_{20}$  em razão dos 20%;
- Materiais de base devem apresentar:
  - $CBR \geq 60\%$
  - Expansão  $\leq 0,5\%$
  - Limite de liquidez  $\leq 25\%$
  - Índice de plasticidade  $\leq 6$
  - Equivalência areia  $\geq 20\%$

### 5.5.1 Espessura do revestimento

Utilizando a Tabela 5 e tendo como parâmetro de entrada o valor estimado do número "N" de  $8 \times 10^4$ , chega-se à conclusão que deverá ser adotado um revestimento de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) na espessura de 3 cm.

Tabela 5 - Valores de R em função do número N

N	R <sub>min</sub> (cm)	Tipo de revestimento
Até 10 <sup>6</sup>	2,5 - 3,0	Tratamento Superficial
10 <sup>6</sup> a 5 x 10 <sup>6</sup>	5	Revestimento Betuminoso
5 x 10 <sup>6</sup> a 10 <sup>7</sup>	5	Concreto betuminoso
10 <sup>7</sup> a 5 x 10 <sup>7</sup>	7,5	Concreto betuminoso
Mais de 5 x 10 <sup>7</sup>	10	Concreto betuminoso

### 5.5.2 Coeficiente de equivalência estrutural

Segundo Balbo (2007), o Coeficiente de equivalência estrutural de um material é um índice que indica uma relação empírica entre o número estrutural (SN) e a espessura da própria camada, sendo uma média da capacidade relativa do material para atuar como componente estrutural de dado pavimento, dissipando pressões sobre as camadas inferiores.

A AASHTO apresenta diversas formas de se obter o valor do coeficiente estrutural, em geral por meio de correlações com outras propriedades mecânicas dos materiais (CBR, módulo de resiliência, etc.).

Estão apresentados na Tabela 6, os coeficientes estruturais dos materiais normalmente empregados como camada de pavimento.

Tabela 6 - Coeficiente de equivalência estrutural - k

Componentes dos pavimentos	Coeficiente K
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 por penetração	1,20
Base granular	1,00
Sub-base granular	0,77 (1,00)
Reforço do subleito	0,71 (1,00)
Solo-cimento (resistência à compressão em 7 dias > 45kgf/cm <sup>2</sup> )	1,70
Idem (resistência à compressão em 7 dias entre 45kgf/cm <sup>2</sup> e 35kgf/cm <sup>2</sup> )	1,40
Idem (resistência à compressão a 7 dias inferior 35kgf/cm <sup>2</sup> )	1,00

Considerando as informações da tabela anterior, adotou-se os valores dos coeficientes para os materiais da base, sub-base e reforço do subleito com os valores de 1, 0,77 e 0,71, respectivamente. Em relação ao revestimento o coeficiente tem como valor 2, este correspondente aos materiais de concreto betuminoso.

### 5.5.3 Cálculo das demais camadas

Para o cálculo das espessuras das demais camadas são adotados os símbolos mostrados na tabela a seguir.

Tabela 7 - Símbolo das camadas

Camada	Espessura (cm)	Coefficiente de equivalência estrutural (K)
Revestimento	R	$K_R$
Base	B	$K_B$
Sub-base	$h_{20}$	$K_S$
Reforço do subleito	$h_n$	$K_{Ref}$ ou $K_n$

A relação ao material padrão, de  $k=1$ , as equivalências das camadas são:

$R \times K_R$  = espessura equivalente do revestimento;

$B \times K_B$  = espessura equivalente da base;

$h_{20} \times K_S$  = espessura equivalente da sub-base e

$h_n \times K_{ref}$  ou  $h_n \times K_n$  = espessura equivalente do reforço do subleito.

Para determinar as variáveis B,  $h_{20}$  e  $h_n$  montou-se então o sistema de inequações:

$$R \cdot k_R + B \cdot K_B \geq H_{20}$$

$$R \cdot k_R + B \cdot K_B + h_{20} \cdot K_S \geq H_n$$

$$R \cdot k_R + B \cdot K_B + h_{20} \cdot K_S + h_n \cdot K_{ref} \geq H_m$$

Onde:

R – Espessura do revestimento (cm)

$K_R$  – coeficiente de equivalência estrutural do revestimento

B – Espessura da base (cm)

$K_B$  – coeficiente de equivalência estrutural da base

SB – espessura da sub-base (cm)

$K_S$  – coeficiente de equivalência estrutural da sub-base

REF – espessura do reforço (cm)

$K_{REF}$  – coeficiente de equivalência estrutural do reforço

$H_{20}$  – espessura de material granular padrão necessária à proteção da sub-base

$H_n$  – espessura de material granular padrão necessária à proteção do reforço

$H_m$  – espessura de material granular padrão necessária à proteção do subleito

Os valores de 19, 28 e 38 que representam as incógnitas  $H_{20}$ ,  $H_n$  e  $H_m$ , respectivamente, foram obtidos do ábaco para dimensionamento conforme a figura a seguir.



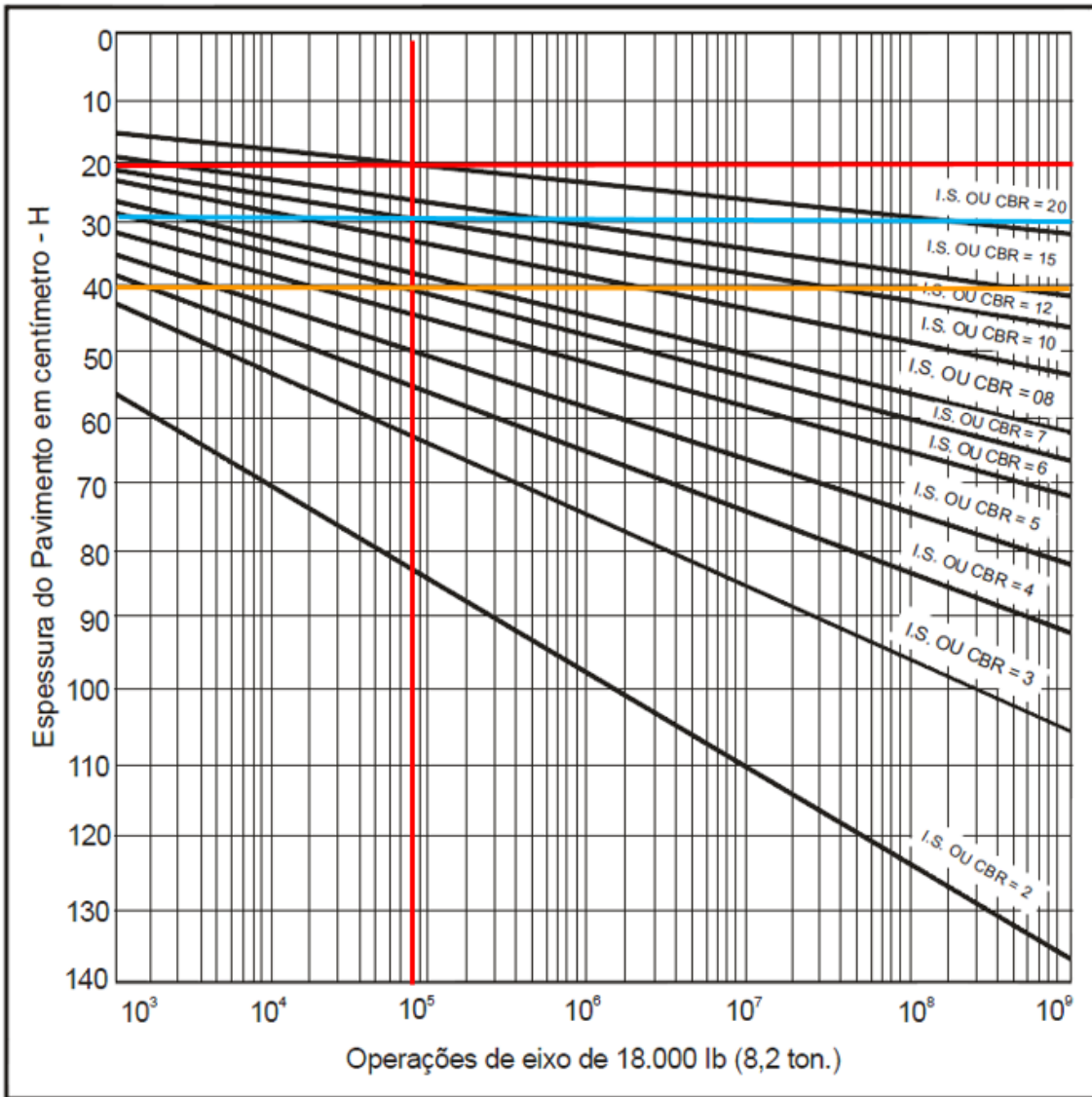


Figura 10 – Ábaco de dimensionamento

Aplicando estes valores nas inequações apresentadas anteriormente, chegou-se às seguintes espessuras das camadas:

Tabela 8 – Espessura das camadas

Espessura do revestimento (R) =	<b>3</b> Cm
Espessura da Base (B) =	<b>15</b> Cm
Espessura da Sub-base (h20) =	<b>20</b> Cm
<b>Espessura do corpo estradal</b>	<b>38</b> Cm

## 5.6 Materiais recomendados

Para a elaboração da pavimentação sugere-se a adoção dos mesmos materiais recomendados no Caderno de Encargos, Volume 2 elaborado pela Superintendência de Desenvolvimento da Capital de Belo Horizonte (SUDECAP, 2008). Estas especificações estão em conformidade às recomendações dos órgãos federais como DNIT e DENATRAN.

### 5.6.1 Reforço do subleito

O material a ser empregado deverá ser proveniente de empréstimos, possuindo características superiores às dos materiais do subleito. Preferencialmente, serão empregados solos residuais (argila, saibros, etc.).

O índice de suporte Califórnia mínimo, determinado segundo método do DNER-ME 049-94, deverá ser superior ao valor do Índice de Suporte Califórnia do subleito. A expansão máxima deverá ser de 1%.

O diâmetro máximo admissível dos grãos não deverá ultrapassar 2" (5 cm), ou seja, metade da espessura da camada quando ela for de 10 cm. No caso de espessuras maiores, o diâmetro máximo dos grãos não deverá ultrapassar 3" (7,6 cm).

O grau de compactação deverá ser, no mínimo 100% em relação à massa específica aparente seca máxima obtida no ensaio DNER-ME 47-64 (Proctor Normal) e o teor de umidade deverá ser a umidade ótima do ensaio citado  $\pm 2\%$ .

### 5.6.2 Sub-base

Os materiais a serem empregados devem apresentar índice de suporte Califórnia igual ou superior a 20% e expansão máxima de 1%, determinados segundo o método DNER-ME 49-64 e com a energia de compactação correspondente ao método do DNER-ME 48-64 (Proctor Intermediário) ou correspondente ao ensaio T-180-57 da AASHTO (Proctor Modificado).

O agregado retido na peneira nº10 deve ser constituído de partículas duras e duráveis, isentas de fragmentos moles, alongados ou achatados, isento de matéria vegetal ou outras substâncias prejudiciais.

O diâmetro máximo dos elementos da sub-base deverá ser, no máximo, igual a 5 cm (2"), devendo-se reduzir este diâmetro, sempre que possível.

Recomenda-se a utilização de Brita Bica Corrida para a construção da sub-base. Entende-se por brita de bica corrida, o produto total de britagem do primário ou secundário, o qual não é objeto de peneiramento. Para os fins da presente especificação, não se exige que o material esteja isento de contaminação por solos residuais, sendo até mesmo desejável que haja frações argilosas presentes, de modo a proporcionar-lhe certa plasticidade (IP da ordem de 4%).

### 5.6.3 Base

Base é a camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego e distribuí-los, e consiste na utilização de canga ferruginosa, minério de ferro, escória siderúrgica, sozinhas, ou misturadas a solos finos residuais, brita de bica corrida, estas últimas executadas exclusivamente sem mistura, que oferecem, após umedecimento e compactação, boas condições de estabilidade.

Para bases realizadas com misturas, sugere-se as seguintes porcentagens:

- 50% de solo local e 50% de canga de minério de ferro;
- 50% de solo local e 50% de escória;
- 40% de solo local e 60% de canga de minério de ferro;
- 40% de solo local e 60% de escória.

As bases assim constituídas se aplicam a vias locais ou coletoras com reduzido volume e peso de tráfego. Poderá ser utilizada os seguintes requisitos:

- Possuir composição granulométrica enquadrada em uma das faixas do seguinte quadro abaixo:

Tabela 9 – Faixas de composição granulométrica

Peneiras		Faixas (%)			
Polegadas	mm	A	B	C	D
2"	50,8	100	100	-	-
1"	25,4	-	75 – 90	100	100
3/8"	9,5	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
Nº 4	4,8	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
Nº 10	2,0	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
Nº 40	0,42	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
Nº 200	0,074	2 – 8	5 – 15	5 – 15	5 – 20

- Com um material muito sensível à segregação, deverá ser escolhida a faixa B ou a faixa C, em vez da faixa A, a mais favorável à segregação;
- A fração que passa na peneira nº 40 deverá apresentar limite de liquidez inferior ou igual a 25% e índice de plasticidade inferior ou igual a 6%; quando estes limites forem ultrapassados; o equivalente de areia deverá ser maior do que 30%;
- A porcentagem do material que passa na peneira nº 200 não deve ultrapassar 2/3 da porcentagem que passa na peneira nº 40;
- O índice de suporte Califórnia não deverá ser inferior a 60% e a expansão máxima será de 0,5%, determinados segundo o método DNER-ME 049-94 e com a energia de compactação correspondente ao método DNER-ME 48-64 (Proctor Intermediário) ou correspondente ao ensaio T-180-57 da AASHTO (Proctor Modificado), conforme indicação

de projeto. Para as vias em que o tráfego previsto para o período de projeto ultrapassar o valor  $N = 5 \times 10^6$ , o índice de suporte Califórnia do material da camada de base não deverá ser inferior a 80%;

- O agregado retido na peneira nº 10 deve ser constituído de partículas duras e duráveis, isentas de fragmentos moles, alongados ou achatados, de matéria vegetal ou outras substâncias prejudiciais. Quando o agregado for submetido ao ensaio de abrasão “Los Angeles” não deverá apresentar desgaste superior a 55%;
- A escória a ser utilizada deverá ser proveniente de alto-forno, estar isenta de refratário, devendo estar assegurada sua estabilidade em contato com água. Dessa forma, exige-se que a escória de alto-forno a ser empregada se sujeite ao depósito a céu aberto, pelo período mínimo de 2 anos, após sua formação.
- Entende-se por brita de bica corrida, o produto total de britagem do primário ou secundário, o qual não é objeto de peneiramento. Para os fins da presente especificação, não se exige que o material esteja isento de contaminação por solos residuais, sendo até mesmo desejável que haja frações argilosas presentes, de modo a proporcionar-lhe certa plasticidade (IP da ordem de 4%).

O Índice de Suporte Califórnia (ISC) deverá obedecer aos seguintes valores, relacionados ao número N de operações do eixo padrão de 8,2 t, para o período de projeto:

**ISC  $\geq$  60% para  $N \leq 5 \times 10^6$ ;**

**ISC  $\geq$  80% para  $N > 5 \times 10^6$ .**

Os valores mínimos do ISC devem ser verificados dentro de uma faixa de variação de umidade, a qual será fixada pelo projeto e pelas especificações particulares.

**LL (limite de liquidez)  $\leq$  40% ;**

**IP (índice de plasticidade)  $\leq$  15%.**

#### **5.6.4 Imprimação**

A imprimação consiste na aplicação de uma camada de material asfáltico, com ligante de baixa viscosidade, sobre a superfície de uma base concluída, antes da execução de um revestimento betuminoso qualquer, objetivando o aumento da coesão na superfície da base, através da penetração do material asfáltico, promovendo condições de aderência entre a base e o revestimento.

Todos os materiais devem satisfazer às especificações em vigor e aprovadas pelo DNIT. Podem ser empregados asfaltos diluídos (tipo CM-30 e CM-70), escolhidos em função da textura do material de base.

#### **5.6.5 Revestimento**

Para o revestimento recomenda-se a utilização do CBUQ. O Concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) é o revestimento flexível resultante da mistura a quente, em usina apropriada, de

agregado mineral graduado, material de enchimento (filler) e material betuminoso, espalhado e comprimido a quente sobre a superfície imprimada e/ou pintada.

A camada de revestimento deverá ser executada em camada única conforme especificado no projeto, com os agregados graduados na faixa "C", conforme indicado na especificação do DNIT. O ligante betuminoso deverá ser o CAP- 50/70.

Os serviços deverão ser executados de acordo com a especificação do DNIT031\_2006\_ES CBUQ.

## 6 Bibliografia

Balbo, J. T. (2007). *Pavimentação Asfáltica, materiais, projeto e restauração*. Oficina de Textos.

BNDS, B. N. (25 de 11 de 2015). *www.bndes.gov.br*. Fonte: BNDS-Infraestrutura:  
[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes\\_pt/Areas\\_de\\_Atuacao/Infraestrutura/](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Areas_de_Atuacao/Infraestrutura/)

Brasil, D. N. (2006). *Manual de pavimentação 3ª Ed.* Rio de Janeiro.

Cardoso, I. C., Gomes, M., Maia, R., & França, B. (2013). *Renovação urbana, mercantilização da cidade e desigualdades socioespaciais*. Mauad Editora Ltda.

DENATRAN, D. N. (2014). *Dados sobre frota veicular*. Brasília.

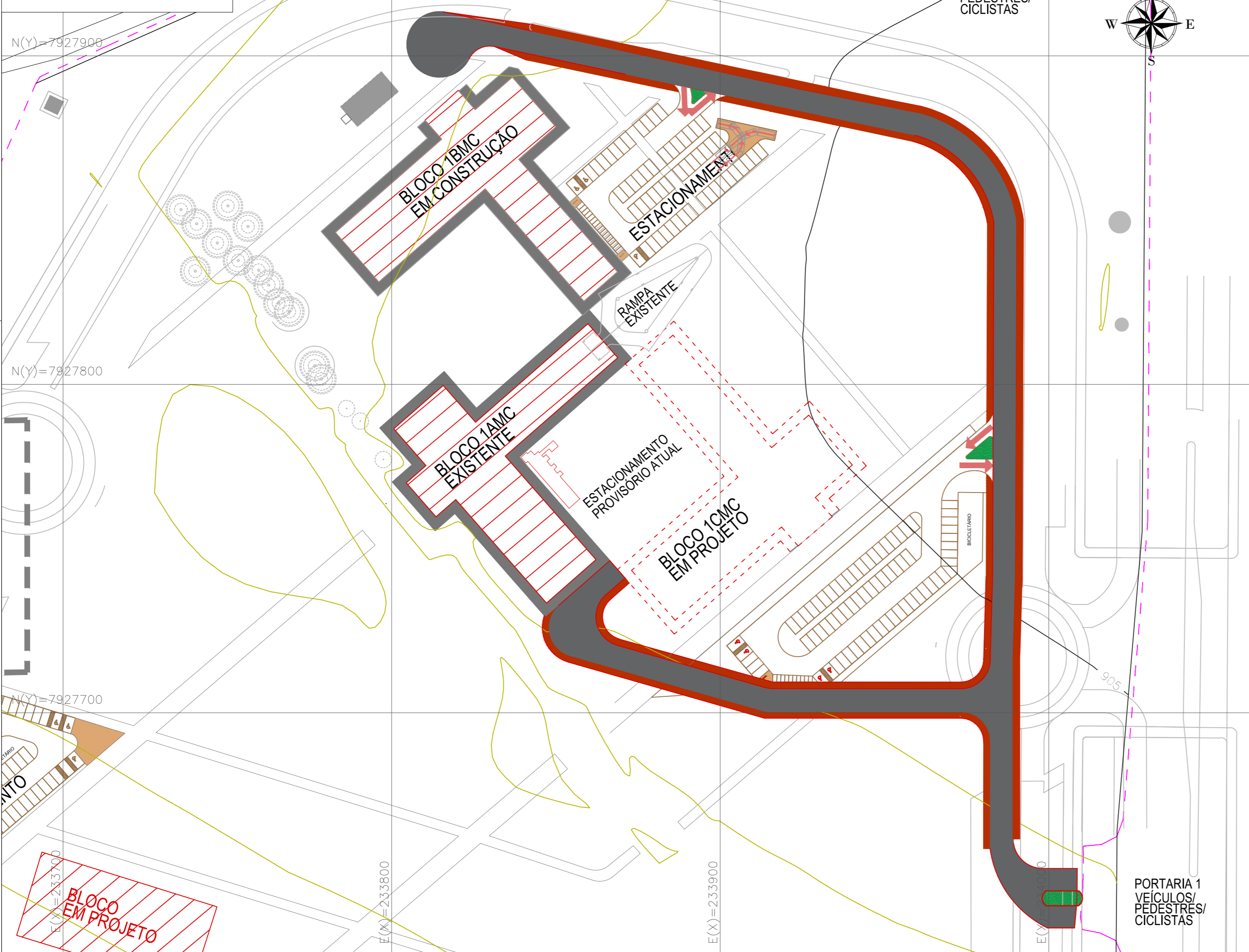
DNIT, D. N.-E. (2006). *Manual de estudos de tráfego*. Rio de Janeiro.

SUDECAP, S. d. (2008). *Carderno de Encargos (Vol. 2)*. Belo Horizonte.

# ANEXO I

## Projeto de pavimentação

**Área a ser pavimentada**  
ESCALA 1:1000



**LEGENDA**

- CERCAMENTO ATUAL DO CAMPO
- TRAÇADO VIÁRIO PROVISÓRIO
- TRAÇADO VIÁRIO DO PLANO DIRETOR
- ÁREA A SER PAVIMENTADA
- CALÇADA PROVISÓRIA A SER IMPLANTADA

**NOTAS:**

- 1 - Para o dimensionamento do pavimento em questão adotou-se o Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis de autoria do Engenheiro Murillo Lopes de Souza, esta metodologia está em conformidade com o Manual de Pavimentação do DNIT (Brasil, 2006).
- 2 - Para esta pavimentação optou-se por utilizar materiais granulares para a construção das camadas, os mesmos deveram obedecer aos seguintes limites:
  - Material para reforço do subleito: Os que apresentam um IS ou CBR inferior a 20% e superior ao do subleito;
  - Materiais para sub-base: Os que apresentam um IS ou CBR superior a 20%.
  - Materiais de base devem apresentar:
    - o CBR  $\geq$  60%
    - o Expansão  $\leq$  0,5%o Limite de liquidez  $\leq$  25%
    - o Índice de plasticidade  $\leq$  6
    - o Equivalência areia  $\geq$  20%
- 3 - As medidas estão em metros, exceto quando indicado.
- 4 - Deverá ser realizada uma camada de substituição do sub-leito na espessura de 60cm nos locais onde o ISC for menor do que ISCproj, ou seja, menor que 7%.

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO
0	01 / 07 / 2016	Concepção do projeto

**DADOS DO CLIENTE:**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
25.648.387-0001/18  
Av. João Naves de Ávila, 2.121 - Bloco 1 J - Bairro Santa Mônica  
Uberlândia / MG

**EMPRESA:**  
LANIX ENGENHARIA CONSULTIVA  
R. Teixeira Magalhães, 159 - Bairro Floresta  
Belo Horizonte - Minas Gerais  
CNPJ: 22.076.385/0001-03



**TÍTULO DO PROJETO:**  
Projeto executivo de pavimentação

**DESCRIÇÃO:**  
Projeto de pavimentação do acesso provisório do Campus Araras da UFU

**PROJETISTA:**  
ENG. FARNEY AURELIO ALCANTARA - CREA 142108/D  
ARQ. CLARISSA PONTES MELO - A 77333-6

**RT DO PROJETO:**  
ENG. FARNEY AURELIO ALCANTARA - CREA 142108/D

**CENTRO DE CUSTO:**  
CC022

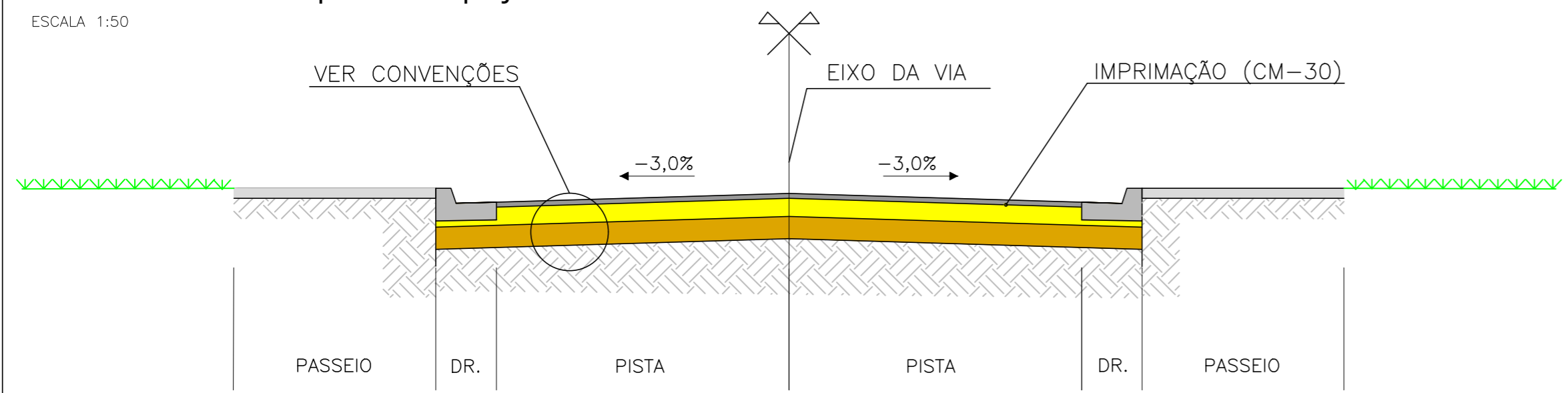
**NOME DO ARQUIVO REFERENCIA:**  
22-Projeto de pavimentação-R03FA-160720.dwg

**ESCALA:**  
Indicada

**TIPO PROJETO:**  
Pavimentação

**Formato:** A2  
**FOLHA:** 01 / 01

**Perfil transversal do corpo estradal projetado**  
ESCALA 1:50



- CONVENÇÕES:**
- REVESTIMENTO EM CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE - CBUQ - FAIXA "C" ESPESSURA = 3,0 cm ESPECIFICAÇÃO - DNIT ES 031/2006
  - BASE BRITA GRADUADA ESPESSURA = 15,0 cm ISC>80% ESPECIFICAÇÃO - DNIT ES 142/2010
  - SUB-BASE DE BICA CORRIDA ESPESSURA = 20,0 cm ISC>40% ESPECIFICAÇÃO - DNIT ES 139/2010
  - REGULARIZAÇÃO DO SUBLEITO ISCproj $\geq$ 2% ESPECIFICAÇÃO - DNIT ES 137/2010

# ANEXO II

Relatório da caracterização solo do subleito





## ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA DE SOLO COLETADA NO CAMPUS UFU DE MONTE CARMELO

Laboratório de Geotecnia – Campus Santa Mônica – UFU

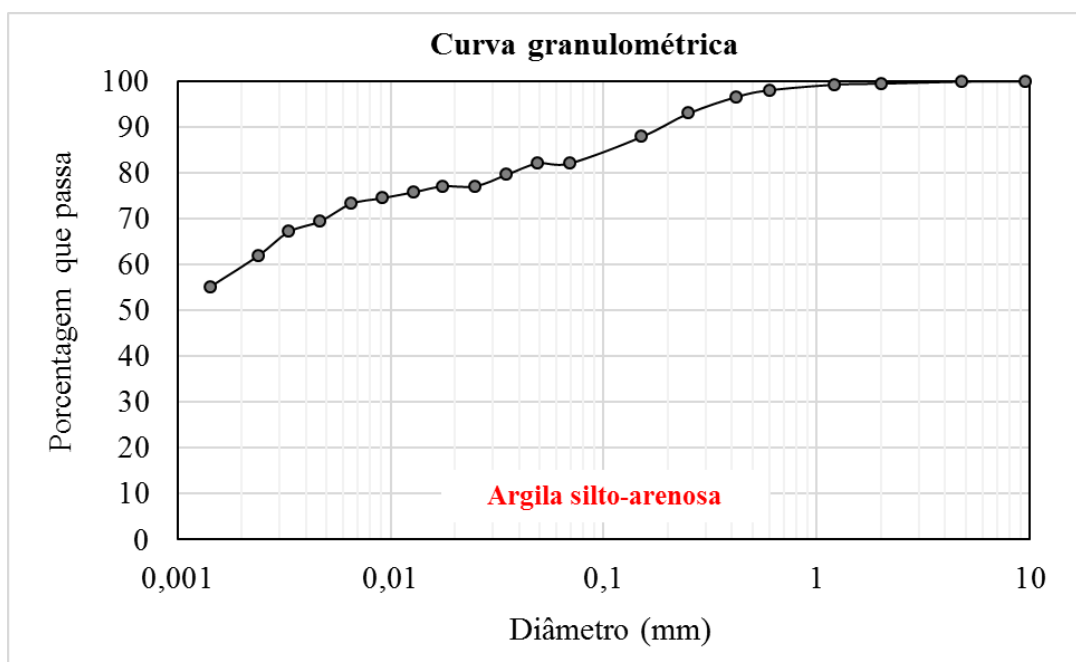
Coordenadora: Profa. Giovana Bizão Georgetti

Técnicos responsáveis: Túlio da Silva Florença Tavares

Amanda Oliveira Mathias

### RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS

<b>Análise granulométrica</b>	
<b>Fração</b>	<b>%</b>
Areia grossa	2
Areia média	7
Areia fina	9
Silte	20
Argila	62





<b>Massa específica dos grãos</b>	2,40 g/cm <sup>3</sup>
<b>Limite de liquidez</b>	60%
<b>Limite de plasticidade</b>	38%
<b>Índice de plasticidade</b>	22%
<b>Massa específica seca máxima</b>	1,46 g/cm <sup>3</sup>
<b>Umidade ótima</b>	26,6%
<b>CBR</b>	7,0%
<b>Expansão</b>	0,2%

