



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

Alceni Ferreira Meireles Neto

**ANÁLISE ESTRUTURAL DO PAVIMENTO ASFÁLTICO DAS
PARADAS DE ÔNIBUS COLETIVO NO MUNICÍPIO DE PALMAS
TOCANTINS.**

Palmas
2016



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

ALCENI FERREIRA MEIRELES NETO

**ANÁLISE ESTRUTURAL DO PAVIMENTO ASFÁLTICO DAS
PARADAS DE ÔNIBUS COLETIVO NO MUNICÍPIO DE PALMAS
TOCANTINS.**

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas.

Palmas
2016

Alceni Ferreira Meireles Neto

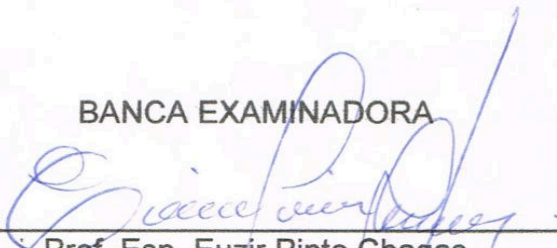
**ANÁLISE ESTRUTURAL DO PAVIMENTO ASFÁLTICO DAS
PARADAS DE ÔNIBUS COLETIVO NO MUNICÍPIO DE PALMAS
TOCANTINS**

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).


Orientador: Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas.

Aprovada em _____ de 2016.


BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. Euzir Pinto Chagas
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. M.Sc. Edivaldo Alves dos Santos
Centro Universitário Luterano de Palmas



Prof. M.Sc. Fabio Moreira Spínola
Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas
2016

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por me dar forças, paz e sabedoria a todo momento e por toda bênção que me foi concedida durante minha jornada acadêmica.

A Instituição pela oportunidade em realizar o curso de Engenharia Civil.

Ao meu orientador, pela dedicação e paciência na elaboração deste trabalho.

A todos os meus amigos, e em especial ao Kaio Vilela, Ana Livia Arouca e Guilherme Faria, pela ajuda e companheirismo em todos os momentos da minha vida acadêmica.

Mas principalmente aos meus pais, pelo esforço, garra, conselhos, ajuda, incentivo e apoio a todo momento, tornando possível alcançar todos meus objetivos até aqui.

RESUMO

Neto, Alcenil Ferreira M. **Análise estrutural do pavimento asfáltico das paradas de ônibus coletivo no município de Palmas Tocantins**, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA.

Palmas, capital onde ocorre um grande avanço no crescimento populacional com o passar dos anos, e isso conseqüentemente reflete na necessidade de mais ônibus coletivos para auxiliar na mobilidade da população.

Devido a essa causa nos dias atuais o pavimento asfáltico existente nas paradas de ônibus coletivo não suporta as cargas que lhes são distribuídas resultando em manifestações patológicas, onde as soluções muitas vezes são, as manutenções corretivas frequentemente e em casos mais drásticos havendo a necessidade da reconstrução de todo o trecho. Neste estudo foram analisadas as camadas que compõe o pavimento existente nas paradas de ônibus coletivo nas quadras 101 Norte, 103 Sul e 101 Sul, através de ensaios laboratoriais obtendo as características do solo e realizado uma avaliação das manifestações patológicas ocorridas sobre o pavimento existente identificando-as, para que atendessem da melhor forma ao principal objetivo que é a solução dos problemas existentes de forma definitiva, através da elaboração de um novo projeto de dimensionamento do pavimento.

Palavras-chave: Ônibus coletivo, análise estrutural do pavimento, composição do solo, dimensionamento do pavimento, manifestações patológicas, manutenções corretivas.

ABSTRACT

Neto, Alcení Ferreira M. **Structural analysis of the asphalt pavement of bus stops in the city of Palmas Tocantins**, 2016. Course competition assignment in Civil Engineering, Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA.

Palmas, a capital with large population growth over the past years, reflects on the need for more commuter buses to assist in the urban mobility of its population.

Due to this issue, the existing asphalt pavement at the bus stops doesn't support the charges deferred to them, resulting in pathological manifestations, where most of the time solutions are the regular corrective maintenance, and in more drastic cases there is the necessity in rebuild the entire stretch. In this study, the layers that construct the existing pavement in the bus stops at the blocks 101 Norte, 103 Sul and 101 Sul were analyzed by laboratory tests obtaining land characteristics and carried out an evaluation of the pathological manifestations that occur on the existing pavement, identifying them and consequently meeting the best way to achieve the main goal, which is the solution of the existing problems in a permanent way, through the development of a new pavement design project.

Keywords: Commuter bus, structural analysis of the pavement, land composition, pavement design, pathological manifestations, corrective maintenance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação das bases e sub-bases flexíveis e semi-rígidas.	19
Figura 2 - Sistema de várias camadas	20
Figura 3 - Seção transversal típica – pavimento flexível	26
Figura 4 – Banheira.....	27
Figura 5 – Trincamento transversal.....	28
Figura 6 - Ilustração de remendos.....	29
Figura 7 – Trincamento tipo bloco	29
Figura 8 - Afundamento consolidação nas trilhas de roda	30
Figura 9 - Afundamento plástico nas trilhas de roda	30
Figura 10 - Escorregamento (do revestimento).....	32
Figura 11- Parada de ônibus 101 Norte	38
Figura 12 - Parada de ônibus 103 Sul.....	38
Figura 13 - Parada de ônibus 101 Sul.....	39
Figura 14 - Coeficiente de equivalência estrutural	44
Figura 15 - Camadas do Pavimento Flexível.....	45
Figura 16 - Determinação de espessuras do pavimento	46
Figura 17 - Manifestação Patológica na parada de ônibus da quadra 101 Sul:	48
Figura 18 - Manifestação Patológica na parada de ônibus da quadra 103 Sul:	49
Figura 19 - Afundamento consolidação nas trilhas de roda	49
Figura 20 - Afundamento plástico nas trilhas de roda	50
Figura 21 - Manifestação Patológica na parada de ônibus da quadra 103 Sul:	51
Figura 22 - Escorregamento (do revestimento).....	51
Figura 23 - Imagem do pavimento asfáltico na parada da quadra 101 Norte:.....	52

Figura 24 - ilustração de Remendos	53
Figura 25 - Manifestação patológica na parada de ônibus da quadra 101 Norte:	53
Figura 26 - Plano Diretor de Palmas	55
Figura 27 - Recorte do Plano Diretor com localização das paradas de ônibus em estudo	56
Figura 28 - Imagem da parada de ônibus 101 Norte.....	57
Figura 29 - Detalhe da Localização da Parada de Ônibus 101 Norte	57
Figura 30 - Imagem da parada de ônibus da 103 Sul	58
Figura 31 - Detalhe da Localização da Parada de Ônibus 103 Sul.....	58
Figura 32 - Imagem da parada de ônibus 101 Sul	59
Figura 33 - Detalhe da Localização da Parada de Ônibus 101 Sul.....	59
Figura 34- Caracterização da granulometria do material	61
Figura 35 - Secagem do material já caracterizado	61
Figura 36 - Material separado em cinco corpos de prova contendo 5 kg cada	62
Figura 37 - Capsulas contendo material para ser realizado teste de umidade ótima	63
Figura 38 - Compactação do material de base no corpo de prova.....	64
Figura 39 – Corpos de prova submersos por 96 horas	65
Figura 40 - Prensa hidráulica, ensaio de penetração	66
Figura 41 - Detalhamento da distribuição das camadas que compõe o pavimento .	75
Figura 42 - Detalhamento da seção tipo	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Granulometria para base granular.....	34
Tabela 2 - Equivalência de Carga	42
Tabela 3 - Tabela para resolução do Fator de Carga (FC)	42
Tabela 4 - Tabela de Espessura mínima de revestimento betuminoso.....	43
Tabela 5 - Ensaio de Compactação / Leituras de penetração da sub-base	67
Tabela 6 - Resultados dos Corpos de provas com Umidade Ótima.....	68
Tabela 7 - Levantamento do Tráfego com base em dados da secretaria municipal de acessibilidade, mobilidade, transito e transporte de Palmas Tocantins	69
Tabela 8 - Teor de umidade ótima - base 101 Norte.....	80
Tabela 9 - Massa Especifica Aparente máxima – base 101 Norte	80
Tabela 10 - Teor de umidade ótima - base 101 Sul	81
Tabela 11 - Massa Especifica Aparente máxima – base 101 Sul.....	81
Tabela 12 - Teor de umidade ótima - base 103 Sul	82
Tabela 13 - Massa Especifica Aparente máxima – base 103 Sul.....	82
Tabela 14 - Teor de umidade ótima - Sub-base 101 Norte	83
Tabela 15 - Massa Especifica Aparente máxima – Sub-base 101 Norte	83
Tabela 16 - Teor de umidade ótima - Sub-base 103 Sul.....	84
Tabela 17 - Massa Especifica Aparente máxima – Sub-base 103 Sul.....	84
Tabela 18 - Teor de umidade ótima - Sub-base 101 Sul.....	85
Tabela 19 - Massa Especifica Aparente máxima – Sub-base 101 Sul.....	85
Tabela 20 - Teor de umidade ótima - Subleito 101 Norte.....	86
Tabela 21 - Massa Especifica Aparente máxima – Subleito 101 Norte.....	86
Tabela 22 - Teor de umidade ótima - Subleito 103 Sul	87

Tabela 23 - Massa Especifica Aparente máxima – Subleito 103 Sul	87
Tabela 24 - Teor de umidade ótima - Subleito 101 Sul	88
Tabela 25 - Massa Especifica Aparente máxima – Subleito 101 Sul	88
Tabela 26 - Ensaio de expansão da base 101 Norte	89
Tabela 27 - Ensaio de Expansão da sub-base 101 Norte	89
Tabela 28 - Ensaio de expansão do subleito 101 Norte	89
Tabela 29 - Ensaio de Expansão da base 103 Sul.....	90
Tabela 30 - Ensaio de Expansão da Sub-base 103 Sul	90
Tabela 31 - Ensaio de Expansão do subleito 103 Sul	90
Tabela 32 - Ensaio de Expansão da base 101 Sul.....	91
Tabela 33 - Ensaio de Expansão da sub-base 101 Sul.....	91
Tabela 34 - Ensaio de Expansão do subleito 101 Sul	91

Gráficos

Gráfico 1 - pressão-penetração Cp 1 Base 101 Norte Amostra Seca.....	92
Gráfico 2 - pressão-penetração Cp 2 Base 101 Norte Amostra na Umidade Ótima .	92
Gráfico 3 - pressão-penetração Cp 3 Base 101 Norte Amostra Saturada.....	92
Gráfico 4 - pressão-penetração Cp 1 Sub-base 101 Norte Amostra Seca.....	93
Gráfico 5 - pressão-penetração Cp2 Sub-base 101 Norte Amostra Umidade Ótima	93
Gráfico 6 - pressão-compressão Cp 3 Sub-base 101 Norte Amostra Saturada	93
Gráfico 7 – pressão-compressão Cp 1 Subleito 101 Norte Amostra Seca.....	94
Gráfico 8 - pressão-compressão Cp 2 Subleito 101 Norte Amostra Umidade Ótima	94
Gráfico 9 - pressão-compressão Cp3 Subleito 101 Norte Amostra Saturada	94
Gráfico 10 - pressão-compressão Cp1 Base 101 Sul Amostra Seca	95
Gráfico 11 - pressão-compressão Cp2 Base 101 Sul Amostra Umidade Ótima	95
Gráfico 12 - - pressão-compressão Cp3 Base 101 Sul Amostra Saturada	95
Gráfico 13 - pressão-compressão Cp1 Sub-base 101 Sul Amostra Seca.....	96
Gráfico 14 - pressão-compressão Cp2 Sub-base 101 Sul Amostra Umidade Ótima	96
Gráfico 15 - pressão-compressão Cp3 Sub-base 101 Sul Amostra Saturada	96
Gráfico 16 - pressão-compressão Cp1 Subleito 101 Sul Amostra Seca	97
Gráfico 17 - pressão-compressão Cp2 Subleito 101 Sul Amostra Umidade Ótima...	97
Gráfico 18 - pressão-compressão Cp3 Subleito 101 Sul Amostra Saturada.....	97
Gráfico 19 - pressão-compressão Cp1 base 103 Sul Amostra Seca	98
Gráfico 20 - pressão-compressão Cp2 base 103 Sul Amostra Umidade Ótima.....	98
Gráfico 21 - pressão-compressão Cp3 base 103 Sul Amostra Saturada	98
Gráfico 22 - pressão-compressão Cp1 Sub-base 103 Sul Amostra Seca.....	99
Gráfico 23 - pressão-compressão Cp2 Sub-base 103 Sul Amostra Umidade Ótima	99

Gráfico 24 - pressão-compressão Cp3 Sub-base 103 Sul Amostra Saturada	99
Gráfico 25 - pressão-compressão Cp1 subleito 103 Sul Amostra Seca	100
Gráfico 26 - pressão-compressão Cp2 Subleito 103 Sul Amostra Umidade Otima.	100
Gráfico 27 - pressão-compressão Cp3 Subleito 103 Sul Amostra Saturada	100

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivos	16
1.1.1 Objetivo Geral	16
1.1.2 Objetivos Específicos	16
1.2 Justificativa e Importância do Trabalho	16
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 Tipos de Pavimentos.....	18
2.2 Desempenho Funcional.....	20
2.3 Camadas da estrutura do pavimento flexível.	21
2.3.1 Revestimento	21
2.3.2 Base	23
2.3.3 Sub-base	24
2.3.4 Subleito	25
2.4 Vida útil dos pavimentos.....	26
2.5 Tipo de Patologias existentes.....	27
2.5.1 Trincamento por fadiga – tipo couro de jacaré	27
2.5.2 Trincamento Transversal.....	28
2.5.3 Remendos.....	28
2.5.3 Trincamento em bloco.....	29
2.5.5 Afundamento	30
2.5.6 Ondulação/ Corrugação	30
2.5.7 Escorregamento (do revestimento)	31
2.7 Dimensionamento do Pavimento	32
2.7.1 Pavimento Flexível – Método do DNER.....	32
2.6.2 Tráfego.....	34
2.6.3 Fator de Carga (F.C).....	34
2.6.4 Fator de Eixos (F.E)	35
2.6.5 Fator de Veículo (F.V)	35
2.7 Número “N”	35

2.8 Espessuras das camadas	36
3 METODOLOGIA	37
3.1. Avaliação das patologias encontradas	37
3.2 Etapas do dimensionamento do projeto	37
3.2.1. Análise e caracterização da via.....	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
4.1 Avaliação das patologias encontradas	48
4.1.1 Afundamento	48
4.1.2 Escorregamento do revestimento.....	50
4.1.3 Remendos.....	52
4.1.4 Trincamento por fadiga – tipo de couro de jacaré	53
4.2 Caracterização do pavimento em estudo	54
4.2.1 Localização da via em estudo	54
4.2.2 Estudos Geotécnicos	60
4.2.3 Ensaio de Compactação	62
4.2.4 Índice de Suporte Califórnia (CBR)	63
4.3 Levantamento de Tráfego e Dimensionamento do Pavimento.....	69
4.4 Dimensionamento do Pavimento.....	70
4.4.1 Determinação do número “N”	70
4.4.2 Dimensionamento da espessura total do pavimento.....	73
4.4.3 Dimensionamento das camadas do pavimento.....	73
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	78
ANEXOS	80

1 INTRODUÇÃO

O principal meio de transporte público no Município de Palmas-TO é o ônibus coletivo, além de ser o maior responsável percentual pelo transporte de pessoas como meio de locomoção dentro da cidade.

Nas paradas de ônibus atualmente são utilizados pavimentos flexíveis, e sua composição estrutural é formada por quatro camadas, sendo elas; o revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço de subleito. Porém por consequência do aumento da quantidade de tráfego de ônibus coletivo, o pavimento já não tem suportado mais os esforços aos quais é solicitado e por isso as patologias passam a ocorrer em menor tempo do que se previa em projeto.

Tratamento Superficial Duplo – TSD é a camada de revestimento do pavimento constituída por duas aplicações de ligante asfáltico, cada uma coberta por camada de agregado mineral e submetida a compressão. (Norma DNIT 147/2012-ES), sendo este o tipo de revestimento de base asfáltica mais utilizada nas paradas de ônibus coletivo do município.

Portanto, este trabalho tem o objetivo de determinar uma solução definitiva para os problemas de patologias frequentes no pavimento asfáltico nas paradas de ônibus, reunindo dados atualizados de contagem de tráfego, para cálculo do projeto e adquirindo resultados para solução do problema. Serão utilizados para este trabalho três paradas, sendo uma delas na Quadra 101 Sul, Av. LO 01, e duas outras situadas na Quadra 103 Sul e 101 Norte ambas na Av. NS 01.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar as camadas que compõe o pavimento asfáltico existente nas paradas de ônibus em Palmas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Estudar as camadas do pavimento existente;
- Avaliar as patologias encontradas no pavimento asfáltico nas paradas de ônibus coletivo;
- Propor solução definitiva para o problema;

1.2 Justificativa e Importância do Trabalho

O município de Palmas-TO, sempre teve um acelerado crescimento populacional, e por causa dessa elevação, a cidade passa a ter uma demanda maior por transporte público para atender a demanda. No entanto a medida que esse número aumenta, o pavimento passa a sofrer maiores esforços devido a adição no tráfego de ônibus coletivos que ali trafegam, e pelo aumento de esforços que o pavimento a receber, fazendo com que a estrutura do pavimento utilizada atualmente seja sobrecarregada. Como consequência ocorrem patologias no pavimento, o que traz maior desgaste do veículo e desconforto as pessoas que o utilizam.

Quando se faz um estudo meticuloso para coletar dados mais atualizados e para que se possa entender melhor o tamanho do esforço que são disseminados no pavimento existente, pode-se identificar possíveis soluções para o problema possibilitando melhorias no pavimento asfáltico, menor desgaste dos ônibus coletivo e proporcionar maior conforto para o público dependente deste transporte.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é composto por 5 capítulos.

O capítulo 1 é composto por uma introdução, seguido dos objetivos gerais e específico, justificativa do trabalho e a própria estrutura do trabalho.

No capítulo 2 é composto pelo referencial bibliográfica, onde possui descrições dos processos e as principais condicionantes que possuem influência direta nos resultados gerados.

O capítulo 3 é toda a metodologia utilizada junto as variáveis presente nela para realização de todo o processo deste trabalho.

No capítulo 4 é a apresentação dos resultados e discussões, onde serão apresentados e discutidos todos os resultados encontrados atendendo aos objetivos aqui propostos.

O capítulo 5 é composto da conclusão e logo após as referências bibliográficas que foram necessárias para a elaboração do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Tipos de Pavimentos.

O pavimento, por injunções de ordem técnico-econômicas é uma estrutura de camadas em que materiais de diferentes resistências e deformabilidades são colocadas em contato resultando daí um elevado grau de complexidade no que respeita ao cálculo de tensões e deformações e atuantes nas mesmas resultantes das cargas impostas pelo tráfego. (DNIT-IPR. Pub. 719).

De uma forma geral, os pavimentos são classificados em flexíveis, semirrígidos e rígidos:

- **Flexível:** aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Exemplo típico: pavimento constituído por uma base de brita (brita graduada, macadame) ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica.
- **Semirrígido:** Caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como por exemplo, por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.
- **Rígido:** Aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado. Exemplo típico: pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland.

Nos revestimentos Betuminosos por mistura, o agregado é pré-envolvido com o material betuminoso, restringindo a compressão.

Quando o pré-envolvimento é feito em usinas fixas, resultam os “Pré-misturados Propriamente Ditos” e, quando feito na própria pista, têm-se os “Pré-misturados na Pista” (Road mixes). (DNIT-IPR. Pub. 719).

(DNIT-IPR. Pub. 719). As bases e sub-bases flexíveis e semi-rígidas podem ser classificadas nos seguintes tipos (Figura 1):

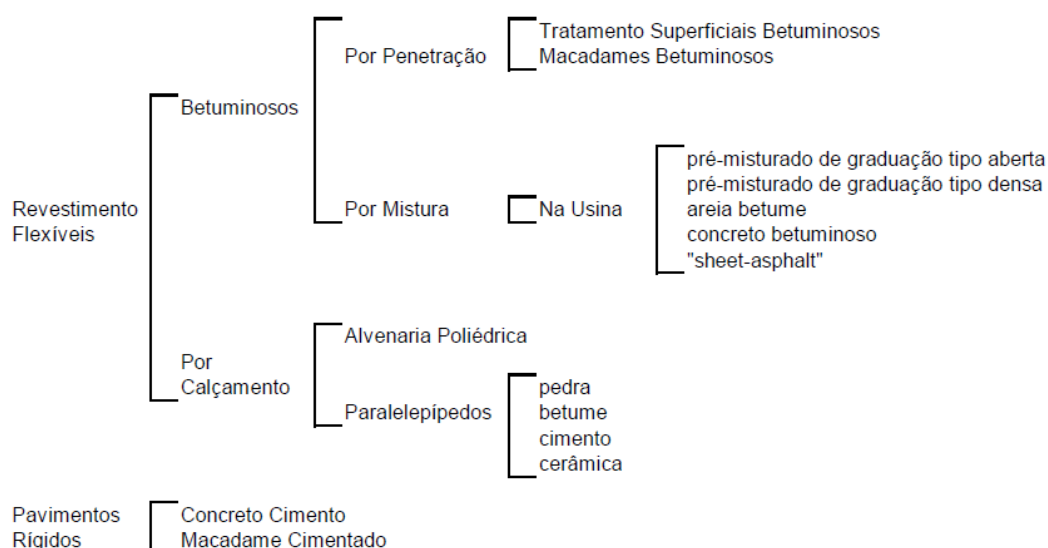


Figura 1 - Classificação das bases e sub-bases flexíveis e semi-rígidas.

Fonte: DNIT (2006)

Imprimação consiste na aplicação de material asfáltico sobre a superfície da base concluída, antes da execução do revestimento asfáltico, objetivando conferir coesão superficial, impermeabilização e permitir condições de aderência entre esta e o revestimento a ser executado. (Norma DNIT 144/2014-Es).

Pavimento é a estrutura construída sobre a terraplenagem e destinada, técnica e economicamente, a:

- a – resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego e distribuí-los;
- b – melhorar as condições de rolamento quanto ao conforto e segurança;
- c – resistir aos esforços horizontais (desgaste, tornando mais durável a superfície de rolamento. (SENÇO – 2007)

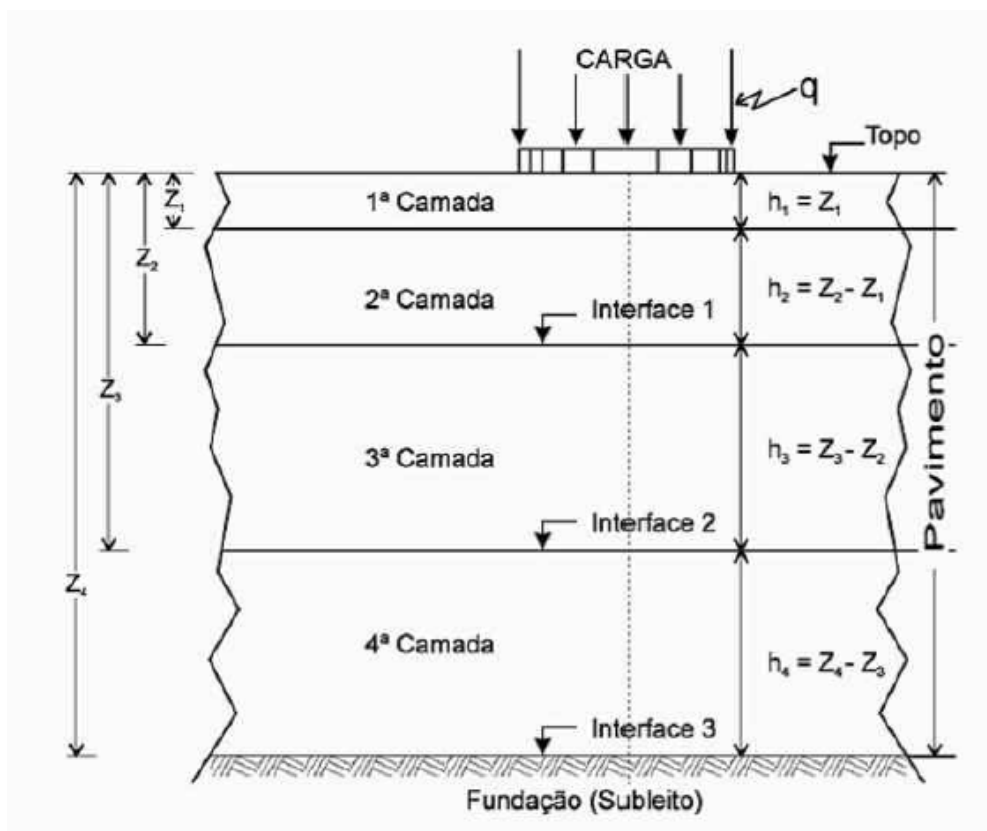


Figura 2 - Sistema de várias camadas

Fonte : Senço vol. 1 (2007)

2.2 Desempenho Funcional

O desempenho funcional refere-se à capacidade do pavimento de satisfazer sua função principal, que é a de fornecer uma superfície com serventia adequada em termos de qualidade de rolamento.

A serventia pode ser avaliada subjetivamente ou por medidas físicas correlacionáveis com avaliações subjetivas. No “AASHO Road Test”, concluiu-se que a característica do pavimento que mais afetava a avaliação dos usuários era a irregularidade longitudinal.

A irregularidade longitudinal é definida pela Norma DNER – PRO 164/94 como “ o desvio da superfície da rodovia em relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade ao rolamento e as cargas dinâmicas sobre a via”. Ela é a grandeza física mensurável, direta ou indiretamente, na superfície do pavimento, que melhor se correlaciona com o

custo operacional dos veículos, o conforto, a segurança, a velocidade e a economia das viagens.

No passado, a necessidade de restauração de um pavimento devido a sua condição funcional era definida por avaliações subjetivas. Atualmente, existem medidores de irregularidade longitudinal disponíveis a qualquer órgão rodoviário que facilitam este trabalho e que efetuam medidas diretas do perfil em várias unidades (QI, IRI, BI). Os pavimentos devem, pois, ser reabilitados quando atingirem valores limites de serventia ou irregularidade, que podem ser relacionadas com equações de desempenho que reproduzem a opinião dos usuários. (DNIT – IPR, pub. 720)

2.3 Camadas da estrutura do pavimento flexível.

Uma seção transversal típica de um pavimento – com todas as camadas possíveis – consta de uma fundação, o subleito, e de camadas com espessuras e materiais determinados por um dos inúmeros métodos de dimensionamento. (SENÇO – 2007)

2.3.1 Revestimento

Também chamado de capa de rolamento ou, simplesmente, capa.

É a camada, tanto quanto possível impermeável, que recebe diretamente a ação do tráfego e destinada a melhorar a superfície de rolamento quanto as condições de conforto e segurança, além de resistir ao desgaste, ou seja, aumentando a durabilidade da estrutura. (SENÇO – 2007)

2.3.1.1 Revestimento Flexíveis

Nos revestimentos betuminosos, como o nome indica, o aglutinante utilizado é o betume, seja asfalto, seja alcatrão. Têm merecido a preferência dos projetistas e dos construtores, muito embora deva ser considerada boa norma administrativa e técnica o uso do concreto de cimento, deixando alternativa válida para que as decisões não se restrinjam a um tipo único. (SENÇO – 2007)

2.3.1.2 Concreto betuminoso ou concreto betuminoso usinado a quente

É o mais nobre dos revestimentos flexíveis. Consiste na mistura íntima de agregado, satisfazendo rigorosas especificações, e betume devidamente dosado. A mistura é feita em usina, com rigoroso controle de granulometria, teor de betume, temperaturas do agregado e do betume, transporte, aplicação e compressão, sendo mesmo o serviço de mais acurado controle dos que compõem as etapas da pavimentação. (SENÇO – 2007)

2.3.1.3 Pré-misturado a quente

É também uma mistura, obtida em usina, de agregado e asfalto ou alcatrão. No entanto, as especificações quanto ao pré-misturado a quente são menos rigorosas do que as do concreto betuminoso, quer quanto à granulometria, quer quanto à estabilidade, ou quanto ao índice de vazios. No pré-misturado a quente, o agregado é aquecido até uma temperatura próxima da temperatura do betume – como no concreto betuminoso -, justificando o nome dado ao produto. A expressão “ a quente”, assim, refere-se a uma exigência quanto ao agregado. (SENÇO – 2007)

2.3.1.4 Tratamentos superficiais

Segundo o DNER 667/22, é a etapa por penetração que engloba aplicações em camadas alternadas de ligante asfáltico e agregados minerais, em simples ou múltiplas camadas, podendo ser divididos em:

- a) Simples: uma camada de agregado e uma pintura de betume;
- b) Duplo: duas camadas de agregado e duas pinturas de betume;
- c) Triplo: três camadas de agregado e três pinturas de betume. É o mais utilizado para pavimentação;
- d) Quádruplo: quatro camadas de agregado e quatro pinturas de betume.

2.3.2 Base

É a camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego e distribuí-los. Na verdade, o pavimento pode ser considerado composto de base e revestimento, sendo que a base poderá ou não ser complementada pela sub-base e pelo reforço do subleito. (SENÇO – 2007)

2.3.2.1 Tipos de Bases Flexíveis

2.3.2.1.1 Base de Solo estabilizado

É uma camada construída com solo satisfazendo determinadas especificações – granulometria, limite de liquidez e índice de plasticidade – cuja estabilização pode ser conseguida de forma natural ou artificial.

Quando a estabilização decorre da própria distribuição granulométrica dos grãos, permitindo a obtenção de uma base densa e relativamente impermeável, recebe o nome de base estabilizada granulometricamente. Quando a granulometria ideal é conseguida por meio da adição de pedra britada para suprir a ausência de material graúdo, a camada recebe o nome de solo brita. Essa adição e mistura do material graúdo é feita geralmente em usina.

A estabilização pode ser obtida, finalmente, pela adição de um aglutinante, como o asfalto, por exemplo, recebendo a base o nome de solo asfalto ou solo betume. (SENÇO-2007)

2.3.2.1.2 Base de macadame hidráulico

O termo “ macadame” retrata uma homenagem a John McADAM, engenheiro escocês que, em 1836, substituiu os serviços de assentamento de pedras pela construção de camadas de agregados devidamente comprimidas. O macadame hidráulico é uma variante do macadame original. Trata-se de uma base ou sub-base constituída de uma ou mais camadas de pedra britada, de fragmentos entrosados entre si e material de enchimento. Este último tem a função principal de travar o agregado graúdo e a função secundária de agir eventualmente como aglutinante. A introdução do material de enchimento nos

vazios o agregado graúdo é feito com o auxílio de água, justificando o nome de macadame hidráulico. (SENÇO -2007)

2.3.2.1.3 Solo cimento

É uma mistura de solo escolhido, cimento e água, em proporções convenientes e previamente determinadas, mistura essa que, convenientemente uniformizada e compactada, satisfaz as condições exigidas para funcionar como base de pavimento.

2.3.2.1.4 Base de brita graduada

Trata-se de um tipo de base que ganhou a preferência entre as bases de pedra. É resultante da mistura, feita em usinas de agregado previamente dosado, contendo inclusive material de enchimento, água e, eventualmente, cimento.

Guardadas as proporções, principalmente quanto a granulometria dos materiais, é uma base que substituiu o macadame hidráulico, com grandes vantagens no que concerne ao processo de construção. (SENÇO -2007)

2.3.2.1.5 Base de macadame betuminoso

É a base que mais guarda os princípios construtivos de John McAdam, porém usando o betume como elemento aglutinante. Consiste na superposição de camadas de agregados interligadas por pinturas de material betuminoso. É chamada também de base negra, sendo que o número de camadas depende da espessura estabelecida em projeto. Os agregados utilizados têm granulometria que corresponde a uma relação de diâmetro de baixo para cima, podendo, inclusive, chegar-se ao nível final superior com granulometria própria de camada de revestimento. (SENÇO – 2007)

2.3.3 Sub-base

É a camada complementar a base, quando, por circunstâncias técnicas e econômicas, não for aconselhável construir a base diretamente sobre a

regularização ou reforço do subleito. Segundo a regra geral – com exceção do pavimento de estrutura invertida – o material constituinte da sub-base deverá ter características tecnológicas superiores às do material de reforço: por sua vez, o material da base deverá ser de melhor qualidade que o material da sub-base. (SENÇO – 2007)

2.3.4 Subleito

É o terreno de fundação do pavimento.

Se a terraplenagem é recente. O subleito deverá apresentar as características geométricas definitivas. No caso de uma estrada de terra já em uso há algum tempo e que se pretende pavimentar, o subleito apresenta superfície irregular devido ao próprio uso e aos serviços de conservação.

Em qualquer caso do semi-espço infinito, apenas a camada próxima da superfície é considerada subleito, pois, à medida que se aprofunda no maciço, as pressões exercidas são reduzidas a ponto de serem consideradas desprezíveis. Os bulbos de pressão são construídos com curvas que representam percentuais da pressão de contato e decrescentes com o aumento da profundidade. (SENÇO – 2007).

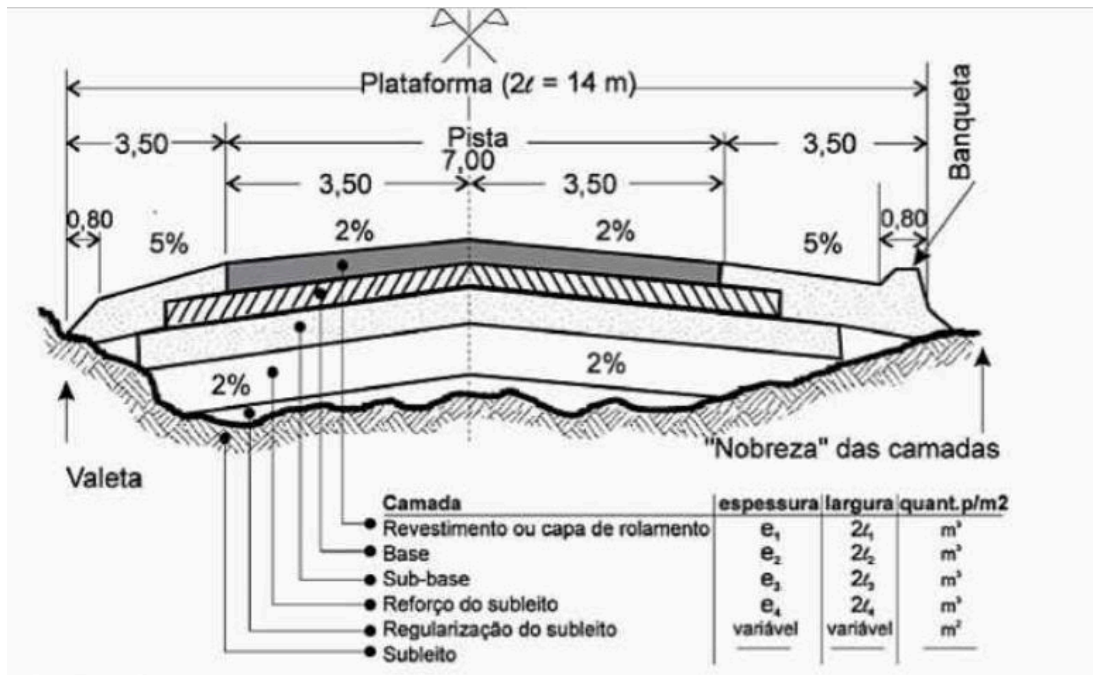


Figura 3 - Seção transversal típica – pavimento flexível

Fonte: Senço (2007)

2.4 Vida útil dos pavimentos

A vida útil dos pavimentos deve ser estimada na fase de projeto, pois é fator interveniente nessa fase. O gráfico da Figura 4, mostra a relação entre as deflexões provocadas pelas passagens dos veículos e o tempo de vida. No início, tem-se a fase de consolidação pelo tráfego. A seguir a fase de deflexões recuperáveis, que corresponde a fase de vida útil para se chegar a fase em que as deflexões não são mais recuperáveis entrando o pavimento em fadiga. SENÇO, VOL. 1 (2007)

A curva resultante, característica de vários materiais, devido a sua forma, pode ser conhecida como “banheira”. SENÇO, VOL.1 (2007)

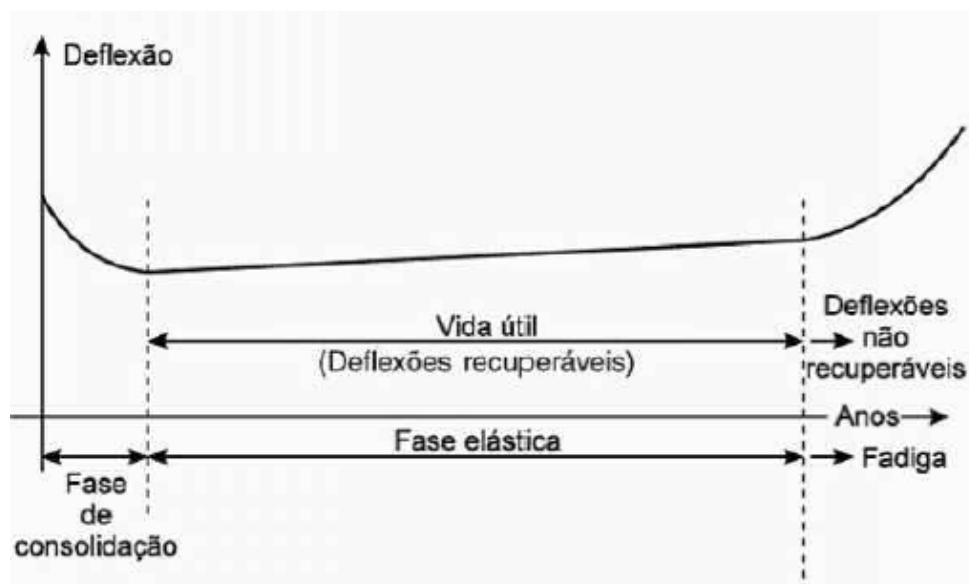


Figura 4 – Banheira

Fonte: Senço, Vol 1 (2007)

2.5 Tipo de Patologias existentes

No decorrer da vida útil dos pavimentos, essas estruturas apresentam defeitos ligados aos mais diversos motivos. Patologias estão fortemente ligadas aos materiais empregados e ao comportamento mecânico particular de cada pavimento. Assim, o conhecimento destas causas são: “[...] informações muito úteis ao engenheiro na tentativa de entender os problemas que se manifestam aos pavimentos e terão bastante influência nas técnicas que serão empregadas para serviços de manutenção.” BALBO (1997)

2.5.1 Trincamento por fadiga – tipo couro de jacaré

Trincamento por fadiga é um conjunto de trincas capilares interconectadas, formando uma malha composta de peças de orientações variadas, com ângulos agudos e muitos lados, sendo que o maior lado dessas peças mede menos de 30 cm, podendo ocorrer principalmente nas trilhas de roda ou se estender por toda a área que estiver sujeita ao tráfego. Esse trincamento caracteriza o fim da vida útil do revestimento. (DOMINGUES, 1993)

2.5.2 Trincamento Transversal

São Fendilhamentos perpendiculares ao eixo do pavimento e podem ocorrer ao longo de qualquer porção da superfície do pavimento. São consideradas curtas quando sua extensão for inferior a 1m, caso contrário, são consideradas longas. (DOMINGUES, 1993)

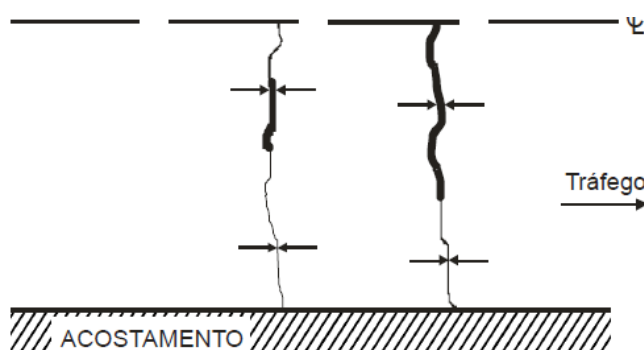


Figura 5 – Trincamento transversal

Fonte: DNIT 2006 - IPR. Pub. 720.

2.5.3 Remendos

O remendo é uma porção do revestimento onde o material original foi removido e substituído por outro material (similar ou diferente). Remendos existentes são em geral considerados falhas, já que refletem o mau comportamento da estrutura original, gerando normalmente incremento na irregularidade longitudinal.

Os remendos são considerados defeitos quando provocam desconforto devido às seguintes causas:

- Solicitação intensa do tráfego;
- Emprego de material de má qualidade;
- Agressividade das condições ambientais; e
- Problemas construtivos.

Os remendos, assim como os pavimentos, deterioram-se por diversos mecanismos, ou seja, a ação combinada do tráfego e das condições ambientais. A deterioração dos remendos ocorre obviamente nas áreas remendadas, que se localizam em regiões isoladas do pavimento.

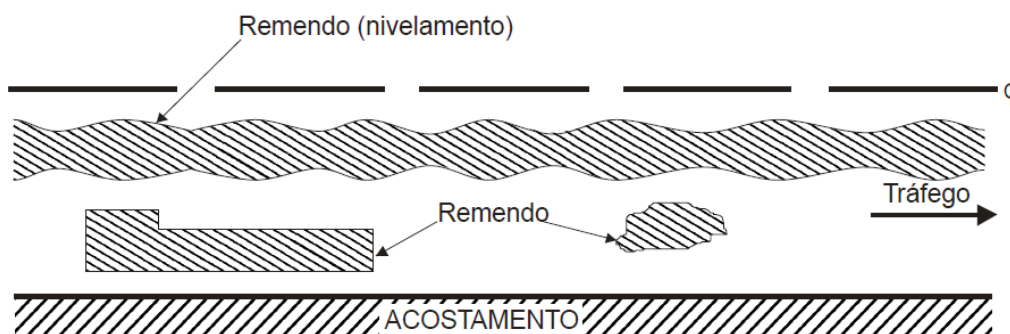


Figura 6 - Ilustração de remendos

Fonte: DNIT 2006 - IPR. Pub. 720.

2.5.3 Trincamento em bloco

Trincamento em bloco é um conjunto de trincas que divide a superfície do asfalto em peças retangulares com área de aproximadamente $0,1 \text{ m}^2$ (lados com aproximadamente 30cm) a 10 m^2 (lados com aproximadamente 3 m) e ocorrem sobre grandes áreas do pavimento.

Este trincamento quando ocorre em grandes blocos é geralmente classificado como trincamento longitudinal e transversal. (DOMINGUES, 1993)

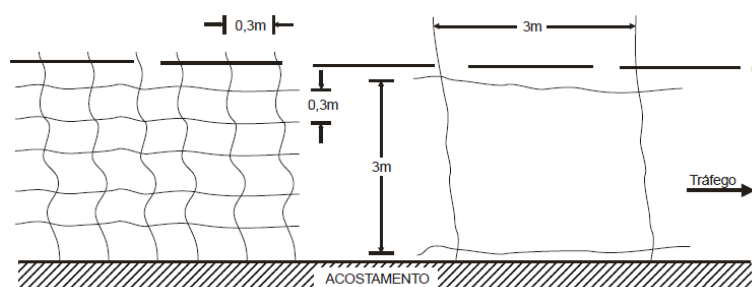


Figura 7 – Trincamento tipo bloco

Fonte: DNIT 2006 - IPR. Pub. 720.

2.5.4 Trincamento por propagação de juntas

Trincamento por propagação de juntas é um conjunto de trincas longitudinais e/ou transversais que aparecem sobre a superfície do pavimento,

refletindo as juntas das bases rígidas subjacentes à camada de revestimento asfáltico. (DOMINGUES, 1993)

2.5.5 Afundamento

Afundamento é uma deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento, podendo apresentar-se sob a forma de:

- Afundamento plástico causado pela influência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou de subleito; e
- Afundamento de consolidação causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas de pavimento ou de subleito. IPR (2006)

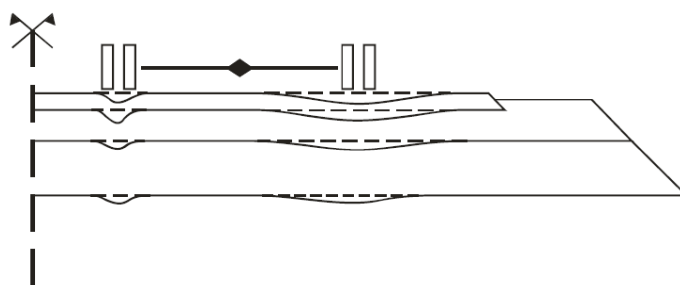


Figura 8 - Afundamento consolidação nas trilhas de roda

Fonte: DNIT 2006 - IPR. Pub. 720.

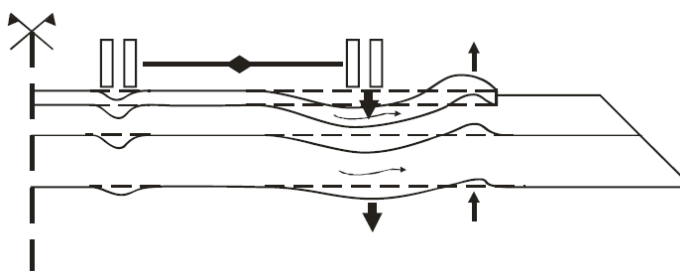


Figura 9 - Afundamento plástico nas trilhas de roda

Fonte: DNIT 2006 - IPR. Pub. 720.

2.5.6 Ondulação/ Corrugação

É uma falha caracterizada por ondulações transversais, de caráter plástico e permanente, no revestimento asfáltico.

Pode ser causada por:

- Instabilidade da mistura betuminosa da camada de revestimento e/ou a base de um pavimento;
- Excesso de umidade das camadas subjacentes;
- Contaminação da mistura asfáltica por materiais estranhos;
- Retenção de água na mistura asfáltica.

É uma ocorrência ocasionada pela ruptura por cisalhamento no revestimento ou na interface entre o revestimento e o material de base, ocasionado pelas cargas de tráfego.

Normalmente apresentam-se nas regiões de aceleração ou de frenagem dos veículos. Podem ocorrer em qualquer região da superfície, porém, com maior gravidade nas proximidades das trilhas de rodas. IPR (2006)

2.5.7 Escorregamento (do revestimento)

O escorregamento é um movimento horizontal do revestimento ocasionado pelos esforços tangenciais transmitidos pelos eixos dos veículos (frenagem e aceleração) e que produzem uma ondulação curta e abrupta na superfície do pavimento em forma de meia lua.

O escorregamento pode ser ocasionado por:

- Ligação inadequada entre o revestimento e a camada sobre a qual este se apoia (deficiências na imprimação ou pintura de ligação);
- Inércia limitada do revestimento asfáltico em virtude de sua reduzida espessura;
- Compactação deficiente das misturas asfálticas ou da porção superior da camada de base;
- Fluência plástica do revestimento na ocorrência de temperaturas elevadas.

O escorregamento é caracterizado inicialmente pela presença de trincas em forma de meia-lua (trincamento parabólico) ocorrentes nos locais de

aplicação dos esforços de tração das cargas de roda. Com o tempo surge escorregamento do revestimento ou da capa asfáltica, promovendo a exposição das camadas inferiores do pavimento.

Este defeito poderá ser encontrado nas regiões de aceleração e de desaceleração como: rampa acentuadas (aclives ou declives), curvas horizontais de raio pequeno, interseções e próximo a paradas de ônibus ou obstáculos (lombadas ou sonorizadores). IPR (2006)

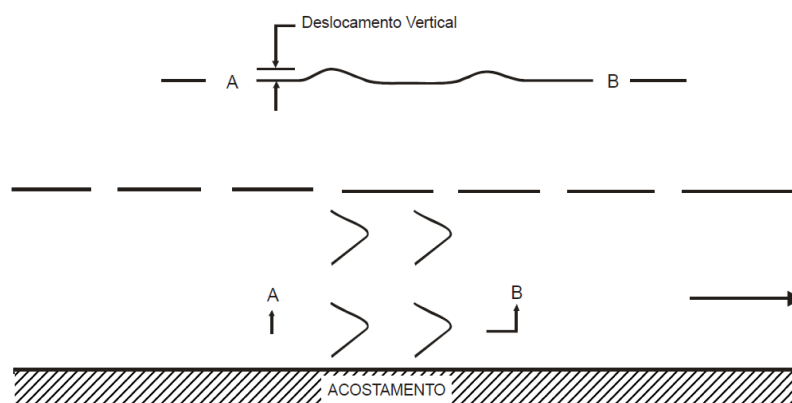


Figura 10 - Escorregamento (do revestimento)

Fonte: DNIT 2006 - IPR. Pub. 720

2.7 Dimensionamento do Pavimento

2.7.1 Pavimento Flexível – Método do DNER

O método tem como base o 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.

Relativamente aos materiais integrantes do pavimento, são adotados coeficientes de equivalência estrutural tomando por base os resultados obtidos na Pista Experimental da AASHTO, com modificações julgadas oportunas. DNIT (2006).

O subleito e as diferentes camadas do pavimento devem ser compactados de acordo com os valores fixados nas "especificações Gerais", recomendando-se que, em nenhum caso, o grau de compactação calculado estaticamente deve ser inferior a 100% do que foi especificado.

Para solos granulares com granulação grossa deverá ser empregada a energia descompressão correspondente ao proctor modificado.

Os materiais do subleito devem apresentar uma expansão, medida no ensaio C.B.R., menor ou igual a 2% e um C.B.R. $\geq 2\%$.

Classificação dos materiais empregados no pavimento.

- a) Materiais para reforço do subleito, os que apresentam C.B.R. maior que o do subleito e expansão $\leq 1\%$ (medida com sobrecarga de 10 lb)
- b) Materiais para sub-base, os que apresentam C.B.R. $\geq 20\%$, I.G. = 0 e expansão $\leq 1\%$ (medida com sobrecarga de 10 lb)
- c) Materiais para base, os que apresentam: C.B.R. $\geq 80\%$ e expansão $\leq 0,5\%$ (medida com sobrecarga de 10 lb), Limite de liquidez $\leq 25\%$ e Índice de plasticidade $\leq 6\%$

Caso o limite de liquidez seja superior a 25% e/ou índice de plasticidade seja superior a 6; o material pode ser empregado em base (satisfeitas as demais condições), desde que o equivalente de areia seja superior a 30.

Para um número de repetições do eixo-padrão, durante o período do projeto $N \leq 5 \times 10^6$, podem ser empregados materiais com C.B.R. $\geq 60\%$ e as faixas granulométricas E e F já citadas.

Os materiais para base granular devem se enquadrar numa das seguintes faixas granulométricas tabela 1.

Tipos	Para N > 5 x 10 ⁶			Para N < 5 x 10 ⁶			Tolerâncias da faixa de projeto
	A	B	C	D	E	F	
	% em peso passando						
2"	100	100	-	-	-	-	±7
1"	-	75-90	100	100	100	100	±7
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	-	-	±7
Nº 4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	10-100	±5
Nº 10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100	±5
Nº 40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70	±2
Nº 200	2-8	5-15	5-15	10-25	6-20	8-25	±2

Tabela 1 – Granulometria para base granular

Fonte: DNIT (2006)

2.6.2 Tráfego

O pavimento é dimensionado em função do número equivalente (N) de operações de um eixo tomado como padrão, durante o período de projeto escolhido. DNIT (2006)

Sendo VI o volume médio diário de tráfego no ano de abertura, num sentido e admitindo-se uma taxa t% de crescimento anual, em progressão aritmética, o volume médio diário de tráfego, V_m, (num sentido) durante o período de P anos, será: DNIT (2006)

$$V_m = \frac{V_1 x \left[\frac{2+(P-1) x t}{100} \right]}{2} \quad (1^a \text{ Eq.})$$

2.6.3 Fator de Carga (F.C)

Conforme o IPR – 719 (2006), F.C é um fator de carga, isto é, um número que, multiplicado pelo número de eixos que operam, dá o número de eixos equivalentes ao eixo padrão.

$$F.C = \frac{\text{Equivalência}}{100} \quad (2^a \text{ Eq.})$$

2.6.4 Fator de Eixos (F.E)

Segundo o DNIT (2006), F.E é um fator de eixos, isto é, um número que, multiplicado pelo número de veículos, dá o número de eixos correspondentes.

$$FE = \frac{(FEa \times \text{passagens de A}) + (FEb \times \text{passagens de B})}{(\text{passagens de A} + \text{passagens de B})} \quad (3^{\text{a}} \text{ Eq.})$$

2.6.5 Fator de Veículo (F.V)

F.V é um fator de veículo, isto é, um número que multiplicado pelo número de veículos que operam, dá, diretamente, o número de eixos equivalentes aos eixos padrão. DNIT (2006)

$$F.V = (F.E) \times (F.C) \quad (4^{\text{a}} \text{ Eq.})$$

2.7 Número “N”

Conforme o Manual de Pavimentação do DNIT, é o número equivalente de operações do eixo simples padrão durante o período de projeto e o parâmetro de tráfego usado no dimensionamento.

$$N = 365 \times Vm \times P \times Fv \quad (5^{\text{a}} \text{ Eq.})$$

Segundo SENÇO (2007), H_t é a espessura total do pavimento, em termos de material granular.

$$H_t = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598} \quad (6^{\text{a}} \text{ Eq.})$$

2.8 Espessuras das camadas

Uma vez determinadas as espessuras H_m , H_n , H_{20} , pelo gráfico da figura 53, e R pela tabela apresentada, as espessuras de base (B), sub-base (h_{20}) e reforço do subleito (h_n) são obtidas pela resolução sucessiva das seguintes inequações:

$$RK_R + BK_B \geq H_{20} \quad (7^a \text{ Eq.})$$

$$RK_R + BK_B + h_{20} K_S \geq H_n \quad (8^a \text{ Eq.})$$

$$RK_R + BK_B + h_{20} K_S + h_n K_{Ref} \geq H_m \quad (9^a \text{ Eq.})$$

3 METODOLOGIA

3.1. Avaliação das patologias encontradas

A avaliação das patologias encontradas no pavimento asfáltico nas paradas de ônibus coletivo em estudo, será realizada através de pesquisa bibliográfica, onde é feita uma visita em campo e assim relatando as principais patologias do pavimento asfáltico nas paradas de ônibus coletivo das quadras 101 norte, 103 sul e 101 sul. Ao serem encontradas estas patologias serão fotografadas, catalogadas e apresentadas, e será descrito as causas para tal manifestação ocorrida nos pavimentos em estudo.

3.2 Etapas do dimensionamento do projeto

3.2.1. Análise e caracterização da via

Para a análise e caracterização da via foi utilizada as normas padrão da NBR e o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), para auxiliar neste estudo.

3.2.1.1 Estudo das Camadas do pavimento existente

Para realizar os ensaios objetos desta pesquisa, que foram o ensaio de granulometria do material, umidade ótima, compactação do solo e CBR, foi necessário a retirada da amostra de cada pavimento nos três locais de estudo escolhidos localizados nas quadras 101 norte, 103 sul e 101 sul no município de Palmas Tocantins, e logo após foram separadas as camadas uma por uma e colocando em sacos com denominações de cada camada seguindo tudo em conformidade com a norma vigente.



Figura 11- Parada de ônibus 101 Norte



Figura 12 - Parada de ônibus 103 Sul



Figura 13 - Parada de ônibus 101 Sul

A coleta de todas as amostras seguiu os critérios do Manual de Pavimento do DNIT (2006). As amostras foram retiradas com apoio e observação também da secretaria de infraestrutura e serviços públicos do município de Palmas-TO. Para tal ação na retirada da amostra foi utilizado um equipamento denominado fresadora, o recorte feito em forma geométrica retangular conforme a norma determina e que após a retirada do material foi realizada a reconstrução do pavimento no local da retirada, e as amostras foram encaminhadas para realização dos ensaios no laboratório de solos da instituição CEULP/ULBRA.

3.2.1.2 Determinação do CBR de projeto

Após os ensaios realizados e já com os resultados obtidos através do mesmo, deve-se então passar a calcular o CBR para o dimensionamento do pavimento e determinar a capacidade do subleito em estudo.

Primeiramente calcula-se a média aritmética, somando todas os valores de CBR que foram obtidos através dos ensaios, dividindo-se pela quantidade de valores de CBR:

$$\bar{IS} = \frac{(\sum_{i=1}^n IS_i)}{n}$$

Depois de encontrar a média, calcula-se o Desvio Padrão:

$$S = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{IS} - IS_i)^2}{n-1} \right)^{1/2}$$

E finalizando calculamos o CBR de projeto:

$$IS_{mín} = \bar{IS} - \left(\frac{1,29}{n^{\frac{1}{2}}} + 0,68 \right) \times S$$

Quando o valor do CBR estiver fora do desvio padrão, deve ser retirado o valor do somatório, e fazer a realização de todo o cálculo para que assim todos os valores possam estar dentro do desvio padrão. E para a verificação do intervalo utiliza-se a seguinte equação:

$$\bar{IS} \pm 2,5 \times S$$

3.2.1.3. Dimensionando do Pavimento Flexível

Conforme os padrões do Manual de Pavimentação do DNIT, para o dimensionamento do pavimento flexível utilizaremos o método do DNER, que segue como base o trabalho “ Design of Flexible 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.

3.2.1.3.1 Contagem classificatória de tráfego (V1)

Foi necessário para a realização desta pesquisa uma contagem para se classificar os tipos de veículos conforme considerados pelo DNIT que trafegam sobre o pavimento, e para se obter tais dados, haverá coleta de dados na

Secretaria Municipal de Acessibilidade, Mobilidade, Transito e Transporte no município de Palmas Tocantins, sobre informações sobre o número de passagens, quantidade de eixos, dentre outras variáveis para melhor atender ao estudo.

3.2.1.3.2 Determinação do volume médio diário (Vm)

Após realizada da contagem de tráfego em campo em cada ponto específico de realização desta pesquisa, será calculado o volume médio diário de tráfego durante o período de projeto. E de acordo com o método que é utilizado pelo Manual de Pavimentação do DNIT (2006), o volume médio diário no primeiro ano do período de projeto, utilizará a seguinte equação (5):

$$V_m = \frac{V_1 \times \left[\frac{2+(P-1) \times t}{100} \right]}{2}$$

Dados:

V1= Volume médio diário na abertura da via;

Vm= Volume médio diário de tráfego durante o período de projeto;

t = Taxa de crescimento em porcentagem por unidade do período de projeto

P = Período de projeto em anos;

3.2.1.3.3 Determinar o Fator de Carga (FC)

Com os dados de pesagem, organiza-se uma tabela, demonstrado na tabela 3 abaixo, agrupando-se os diversos eixos por intervalos de carga, representados pelo seu ponto central.

FATORES DE EQUIVALÊNCIA DE CARGA		
Tipos de Eixo	Faixa de Carga (tf)	Equações (P em tf)
Dianteiro Simples	0 - 8	$F_{ci} = 2,0782E-4 * P^4,0175$
Traseiro Simples	≥ 8	$F_{ci} = 1,8320E-6 * P^6,2542$
Tandem Duplo	0 - 11	$F_{ci} = 1,5920E-4 * P^3,472$
	≥ 11	$F_{ci} = 1,5280E-6 * P^5,484$
Tandem Triplo	0 - 18	$F_{ci} = 8,0359E-5 * P^3,3549$
	≥ 18	$F_{ci} = 1,3229E-7 * P^5,5789$

Tabela 2 - Equivalência de Carga

Fonte: DNIT (2006)

ORDEM	TIPOS DE EIXOS			FCI	FREQUENCIA ABSOLUTA (Fi)	FREQUENCIA RELATIVA (fi)	FCiXi
	ES	ED	ET				

Tabela 3 - Tabela para resolução do Fator de Carga (FC)

Fonte: PINI (1997)

Dados:

F_{ci} = Equação da Fórmula (Fc)

F_i = Quantidade de vez que eixo passou na via

f_i = F_i do Eixo / F_i Total

FC = Somatória do $F_{ci} * f_i$ de todos os eixos

3.2.1.3.3 Cálculo do Fator de Eixo (FE)

$$FE = \frac{(FEa \times \text{passagens de A}) + (FEb \times \text{passagens de B})}{(\text{passagens de A} + \text{passagens de B})}$$

3.2.1.3.4 Determinar o Fator Veículo

$$FV = FC \times FE$$

3.2.1.3.5 Determinar o número "N"

$$N = 365 \times Vm \times P \times Fv$$

Quando encontrado o número "N" podemos em seguida determinar qual é a espessura mínima de revestimento betuminoso conforme mostra a tabela 4.

N	Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Tabela 4 - Tabela de Espessura mínima de revestimento betuminoso

Fonte: DNIT (2006)

Na figura 14 é mostrado os coeficientes de Equivalência Estrutural para os diferentes materiais construtivos do pavimento que definiremos para usar, conforme DNIT (2006).

Componentes do pavimento	Coefficiente 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 betuminoso por penetração	1,20
Camadas granulares	1,00
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

Figura 14 - Coeficiente de equivalência estrutural

Fonte: DNIT (2006)

Os coeficientes conforme o DNIT (2006) é determinado da seguinte forma:

- a) Revestimento: KR
- b) Base: KB
- c) Sub-base: KS
- d) Reforço: KRef

Com base no DNIT (2006), para se realizar o dimensionamento deve seguir os seguintes parâmetros:

- a) A espessura construtiva mínima para cada camada do pavimento deve ser de 10cm;

- b) As espessuras máxima e mínima de compactação das camadas granulares são respectivamente 20 e 10cm.
- c) A estrutura do pavimento segue os seguintes critérios apresentados na figura 15:

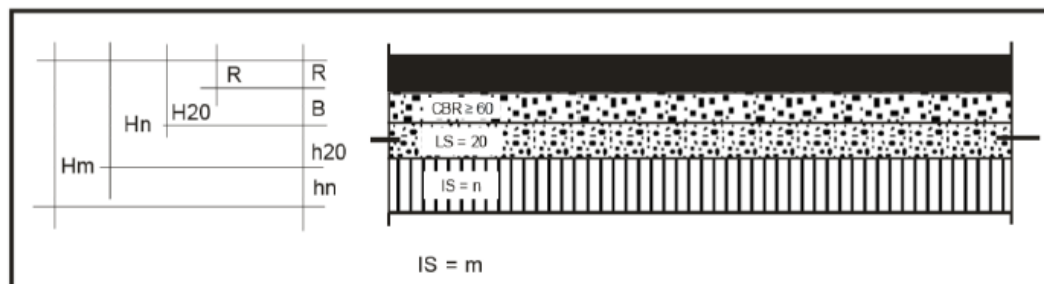


Figura 15 - Camadas do Pavimento Flexível.

FONTE: DNIT (2006)

Dados de acordo com o DNIT (2006):

- R: revestimento betuminoso com altura R da superfície do pavimento;
- B: Base de CBR $\geq 80\%$ e com altura H20 da superfície do pavimento;
- H20: Sub-base de CBR $\geq 20\%$ e com altura Hn da superfície do pavimento;
- Hm: Reforço do subleito com altura Hm da superfície do pavimento.

Conforme o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), para se aferir a altura de cada camada, deve-se determinar a altura total do pavimento, podendo ser determinada através da equação pelo método de resiliência e pelo ábaco demonstrado na figura 16:

3.2.1.3.6 Determinação da altura total do pavimento

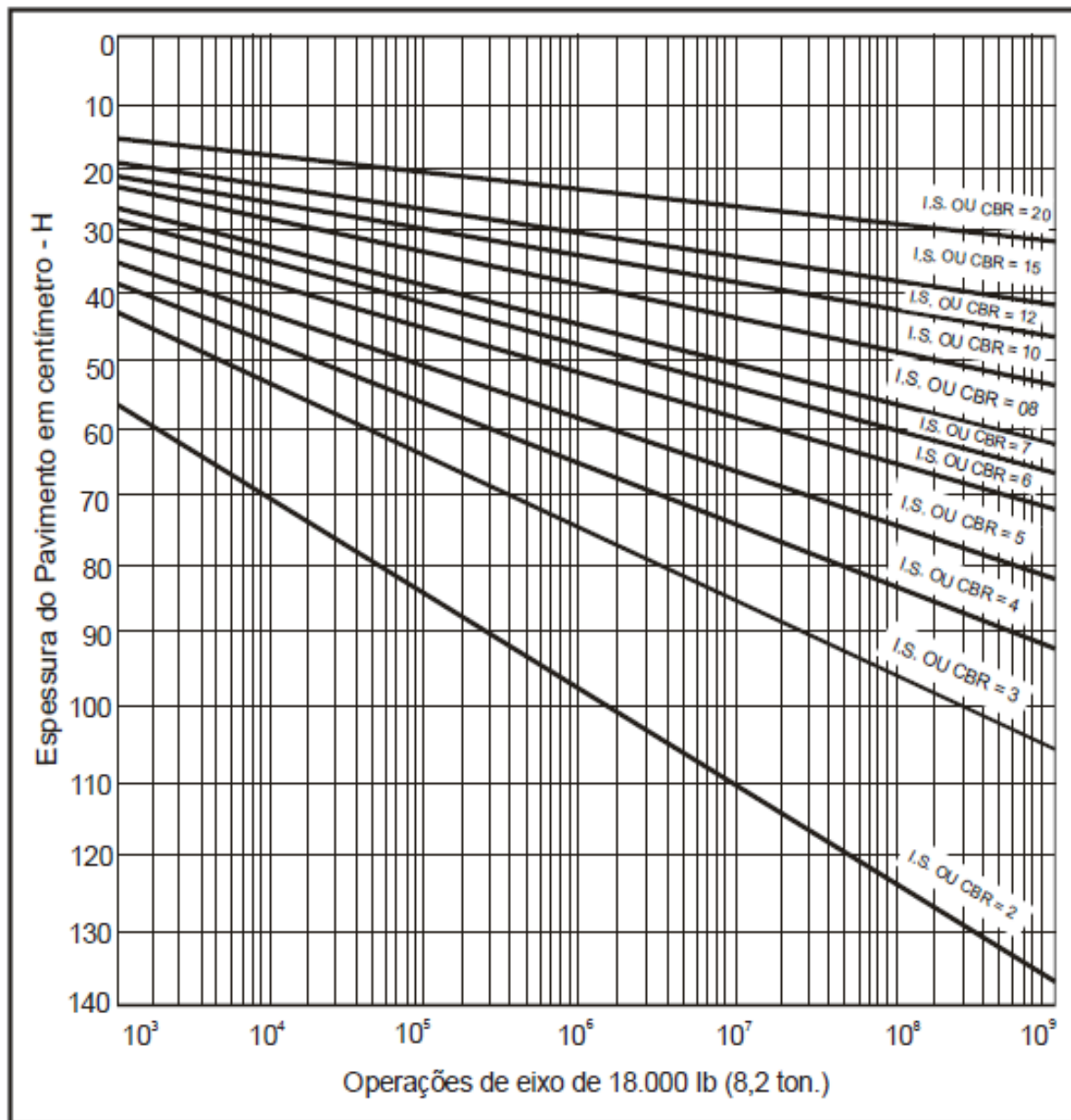


Figura 16 - Determinação de espessuras do pavimento

Fonte: DNIT (2006)

$$H_t = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598} \quad (9^{\text{a}} \text{ Equação})$$

Os valores dos coeficientes de equivalência de cada material para se determinar a altura de cada camada serão aplicados a seguintes formulas conforme DNIT (2006):

3.2.1.3.7 Determinação da altura de cada camada

$$RK_R + BK_B \geq H_{20}$$

$$RK_R + BK_B + h_{20} K_S \geq H_n$$

$$RK_R + BK_B + h_{20} K_S + h_n K_{Ref} \geq H_m$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Avaliação das patologias encontradas

4.1.1 Afundamento

Afundamento é causado por deformação de uma ou mais das estruturas abaixo da capa asfáltica. Costumam ocorrer devido à falta de resistência a compressão das cargas que o pavimento sofre. Um dos motivos da causa do afundamento é o equívoco no cálculo do número N no projeto de pavimentação ou excesso de carga dos veículos que trafegam na via. Afundamentos com até 6 (seis) metros de comprimento são considerados como locais, afundamentos que ultrapassam esta dimensão são considerados afundamentos de trilhos de roda. (IPR-2006)



Figura 17 - Manifestação Patológica na parada de ônibus da quadra 101 Sul:

Afundamento plástico nas trilhas de roda acima de 6 metros



**Figura 18 - Manifestação Patológica na parada de ônibus da quadra 103 Sul:
Afundamento Local**

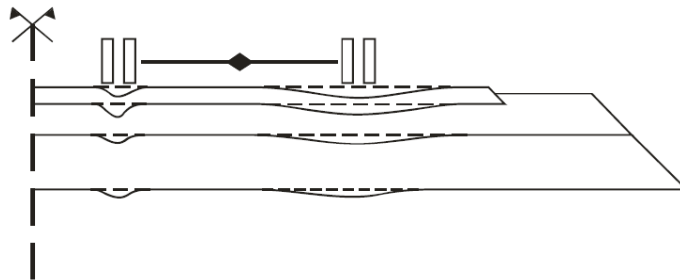


Figura 19 - Afundamento consolidação nas trilhas de roda

Fonte: DNIT 2006 - IPR. Pub. 720.

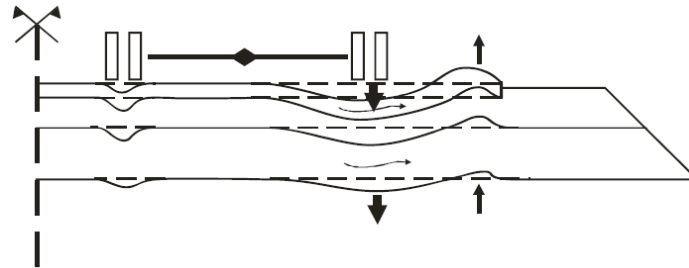


Figura 20 - Afundamento plástico nas trilhas de roda

Fonte: DNIT 2006 - IPR. Pub. 720.

4.1.2 Escorregamento do revestimento

Esta manifestação patológica ocorre em locais onde o pavimento sofre maiores esforços de trações de frenagem e aceleração de veículos, sua principal característica são as ondulações em forma de meia-lua no pavimento asfáltico conforme demonstrado na figura 21 e 22.

Segundo o IPR-2006, o escorregamento pode ser ocasionado por:

- Ligação inadequada entre o revestimento e a camada sobre a qual este se apoia (deficiências na imprimação ou pintura de ligação);
- Inércia limitada do revestimento asfáltico em virtude de sua reduzida espessura;
- Compactação deficiente das misturas asfálticas ou da porção superior da camada de base;
- Fluência plástica do revestimento na ocorrência de temperaturas elevadas.



Figura 21 - Manifestação Patológica na parada de ônibus da quadra 103 Sul:

Escorregamento do Revestimento

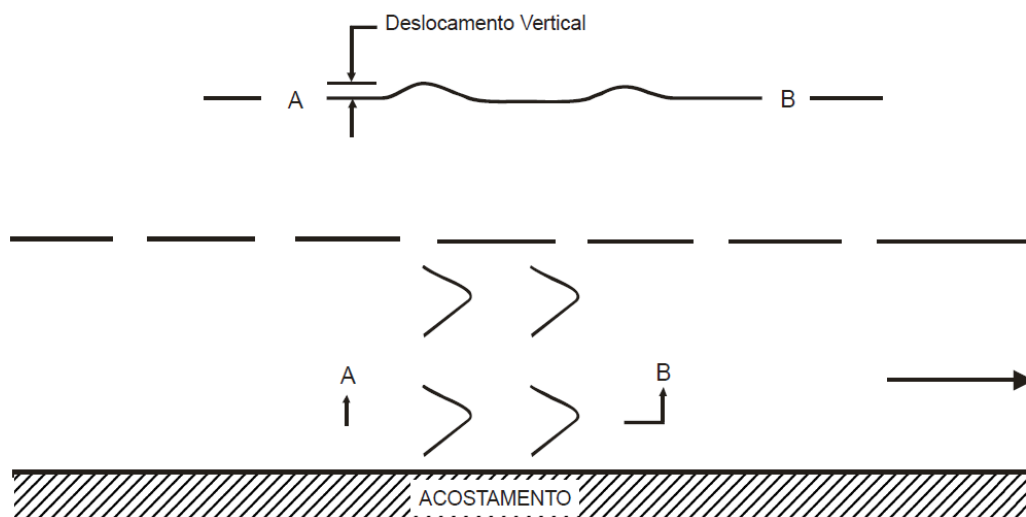


Figura 22 - Escorregamento (do revestimento)

4.1.3 Remendos

O remendo é uma porção do revestimento onde o material original foi removido e substituído por outro material (similar ou diferente). Remendos existentes são em geral consideradas falhas, já que refletem o mau comportamento da estrutura original, gerando normalmente incremento na irregularidade longitudinal.

Os remendos são considerados defeitos quando provocam desconforto devido às seguintes causas:

- Solicitação intensa do tráfego;
- Emprego de material de má qualidade;
- Agressividade das condições ambientais; e
- Problemas construtivos.

Os remendos, assim como os pavimentos, deterioram-se por diversos mecanismos, ou seja, a ação combinada do tráfego e das condições ambientais. A deterioração dos remendos ocorre obviamente nas áreas remendadas, que se localizam em regiões isoladas do pavimento.



Figura 23 - Imagem do pavimento asfáltico na parada da quadra 101 Norte:

Remendo

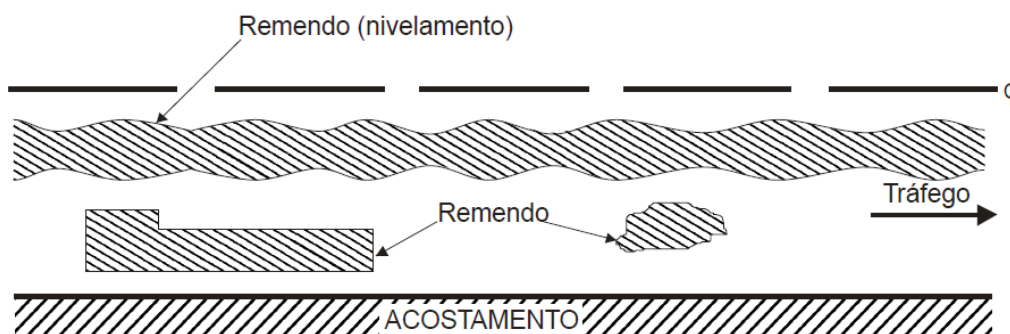


Figura 24 - ilustração de Remendos

Fonte: DNIT 2006 - IPR. Pub. 720.

4.1.4 Trincamento por fadiga – tipo de couro de jacaré

Trincamento por fadiga é um conjunto de trincas capilares interconectadas, formando uma malha composta de peças de orientações variadas, com ângulos agudos e muitos lados, sendo que o maior lado dessas peças mede menos de 30 cm, podendo ocorrer principalmente nas trilhas de roda ou se estender por toda a área que estiver sujeita ao tráfego. Esse trincamento caracteriza o fim da vida útil do revestimento. (DOMINGUES, 1993)



Figura 25 - Manifestação patológica na parada de ônibus da quadra 101 Norte:

Trincamento por fadiga - Tipo couro de Jacaré

4.2 Caracterização do pavimento em estudo

4.2.1 Localização da via em estudo

O trecho em estudo, fica situado nas avenidas Lo 01, e Ns 01, nas respectivas quadras 101 Norte, 103 Sul e 101 Sul, e foi considerado uma dimensão de 100 metros do pavimento em cada ponto de ônibus utilizando o cálculo de física com relacionado a distância de parada conforme equação abaixo, onde o resultado obtido foi 49,62 m e arredondamos para 50 m, e que além do resultado obtidos foi levado em consideração a possível parada de mais de um ônibus no local do ponto e por isso esse resultado foi dobrado e adotado o valor de 100 metros como uma margem de segurança.

$$D = \frac{V^2}{(2 \cdot a)}$$

Dados:

$$V = 60 \text{ Km/h} = 16,67 \text{ m/s}$$

$$a = 2,8$$

Resultado de D = **49,62 metros**

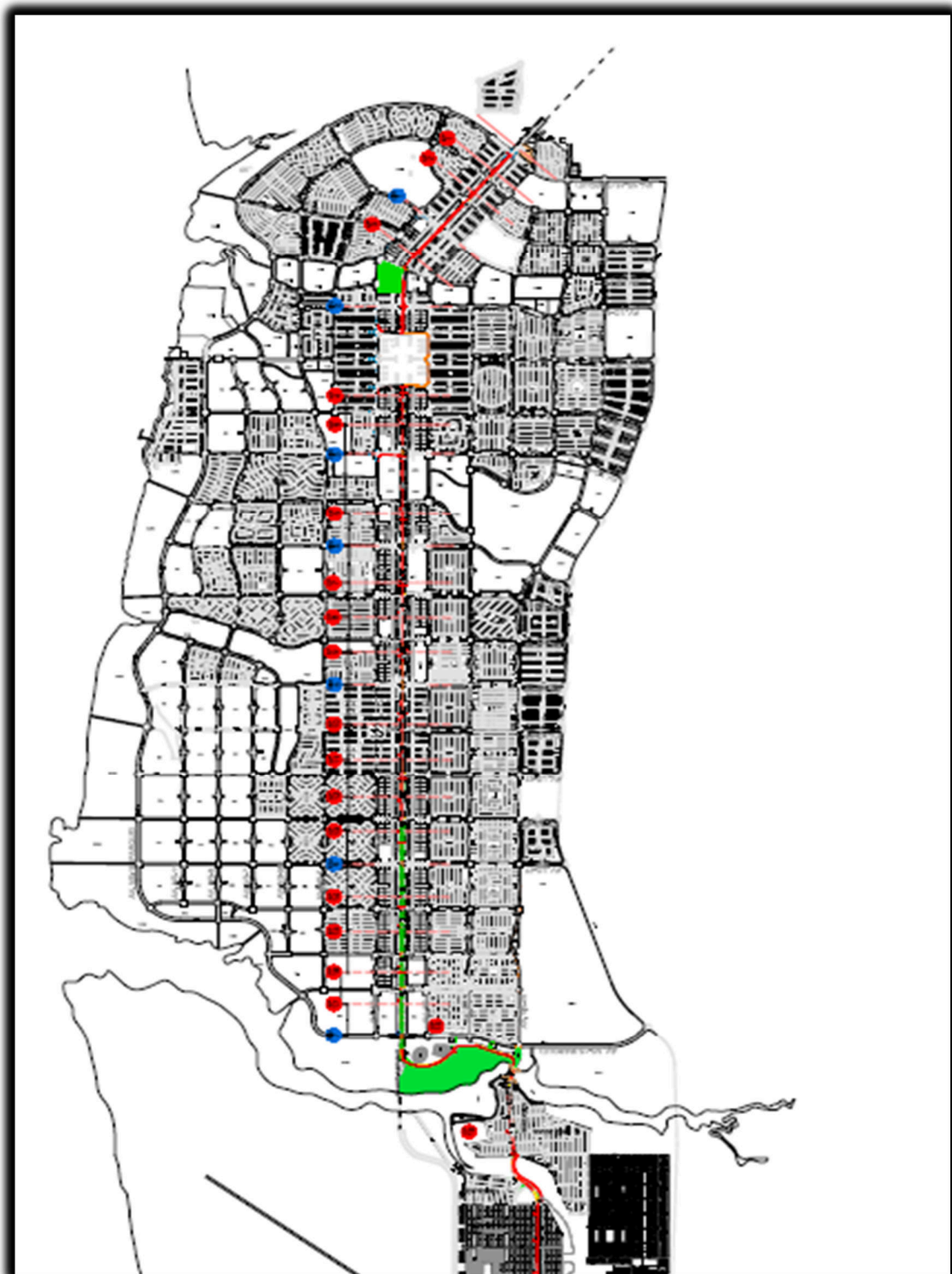


Figura 26 - Plano Diretor de Palmas

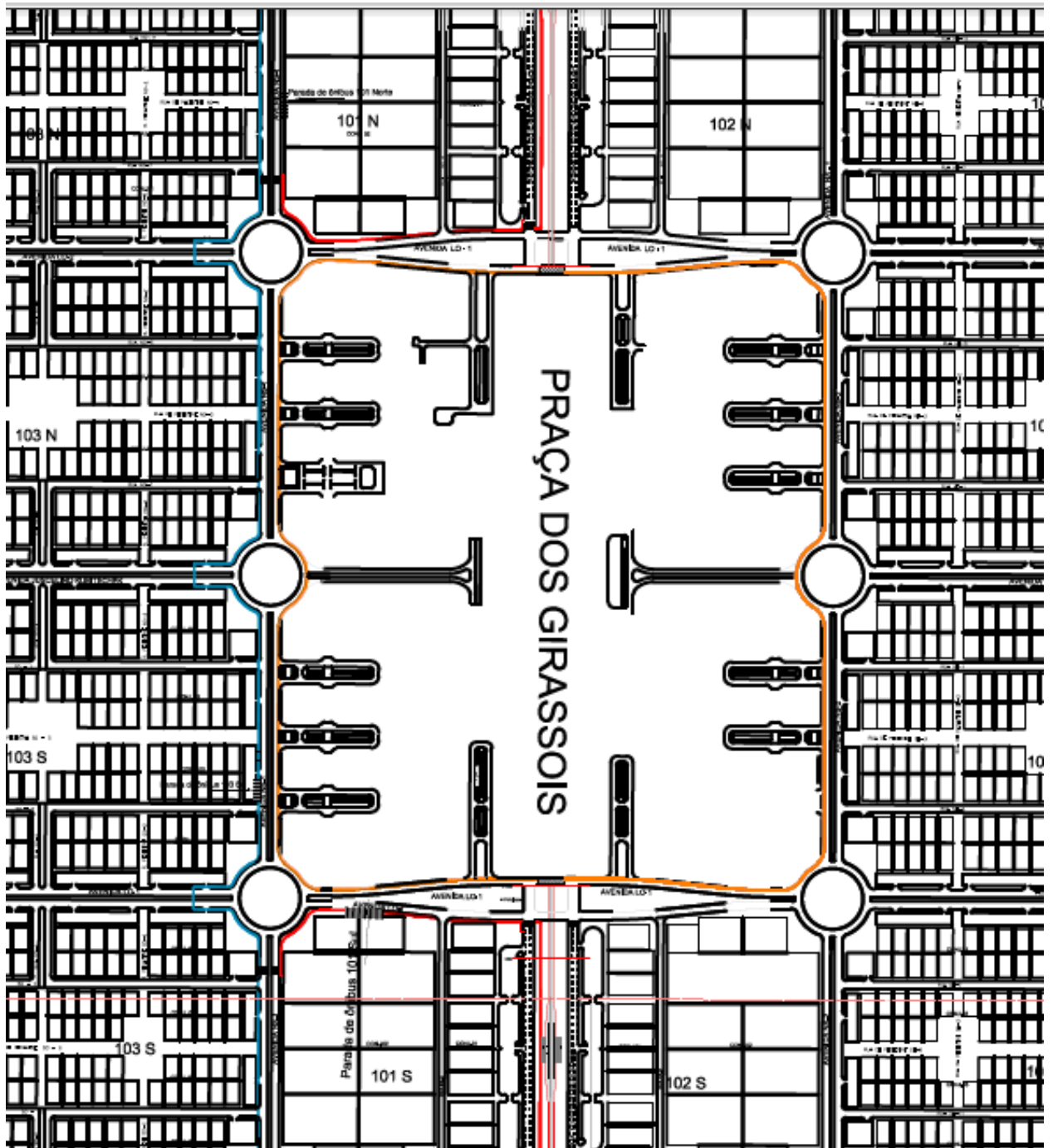


Figura 27 - Recorte do Plano Diretor com localização das paradas de ônibus em estudo



Figura 28 - Imagem da parada de ônibus 101 Norte

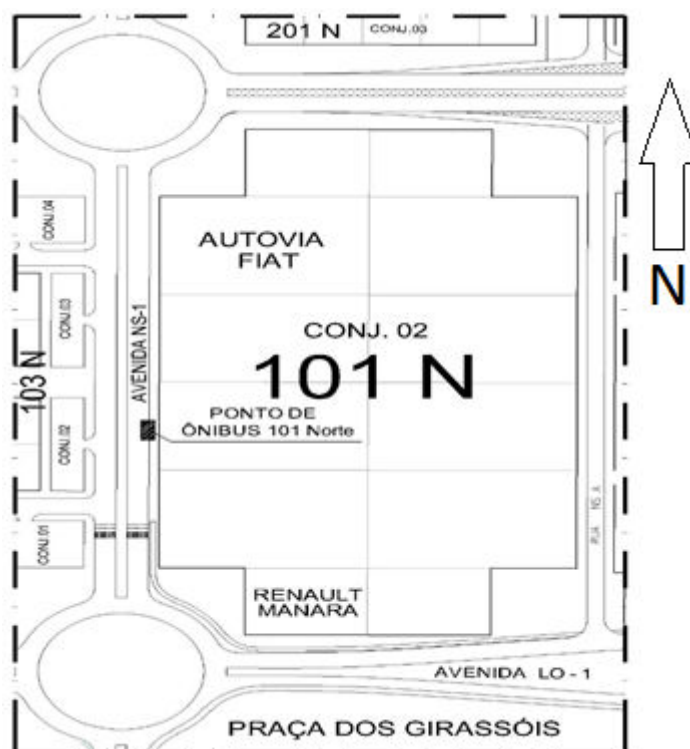


Figura 29 - Detalhe da Localização da Parada de Ônibus 101 Norte



Figura 30 - Imagem da parada de ônibus da 103 Sul

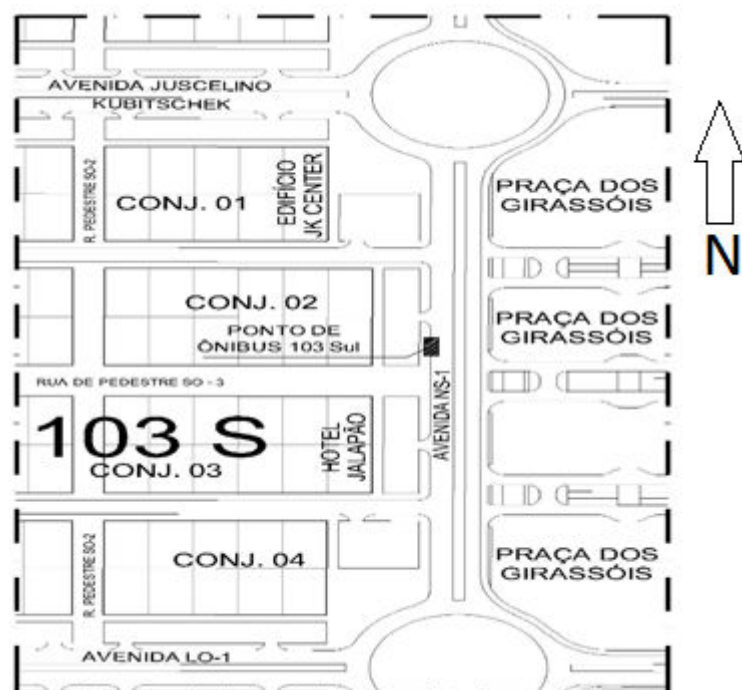


Figura 31 - Detalhe da Localização da Parada de Ônibus 103 Sul



Figura 32 - Imagem da parada de ônibus 101 Sul

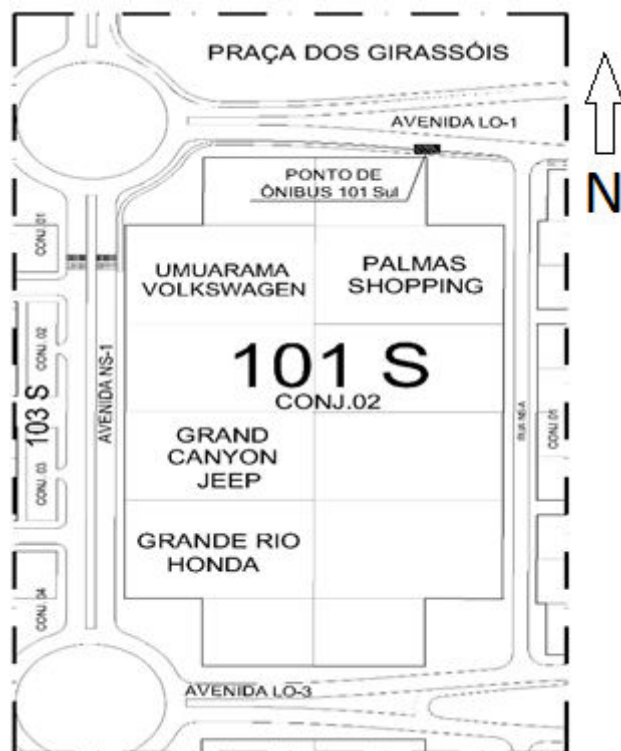


Figura 33 - Detalhe da Localização da Parada de Ônibus 101 Sul

4.2.2 Estudos Geotécnicos

Durante todo o processo de estudo, foram realizadas retiradas de amostras utilizando uma fresadora, onde foi feito um recorte no pavimento de forma retangular, e retirado todo o revestimento TSD para se chegar a base e assim foi cavado os primeiros 10 cm na camada de base para se evitar mistura de material, e assim realizada a retirada do material que compõe a base, logo após foram cavados mais 20 cm, que são os últimos 10 cm da base, e depois aprofundando 10 cm na camada de sub-base com a mesma intenção de se evitar a mistura de material, e assim colhendo o material da mesma, e logo após foram cavados os últimos 20 cm, 10 cm restantes de sub base e 10 cm aprofundando no subleito.

Através da retirada do material obtivemos a informação de que o pavimento atual é formado por 20 cm de sub-base, 20 cm de base e 2,5 cm de revestimento TSD (tratamento superficial duplo).

O material retirado para amostras em cada ponto de estudo, foram levados para o Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), na sala 605 onde está situado o Laboratório de Solo da instituição, onde foram realizados a caracterização do material utilizando peneiras 4mm e 19mm para separação do material grosso do fino e o material que seria descartado, e logo depois espalhadas para a secagem até que estivesse próxima a umidade higroscópica com mostram as figuras 34 e 35.



Figura 34- Caracterização da granulometria do material



Figura 35 - Secagem do material já caracterizado

Após a secagem dos materiais, as amostras foram pesadas, para que assim fosse possível realizar a caracterização do material onde foi descoberto a porcentagem de materiais finos e grossos de cada amostra, e logo após foram pesadas e separadas as amostras conforme cada

camada em estudo em cinco sacos contendo dentro de cada um deles 5kg de cada material de acordo com a figura 36, possibilitando com que se trabalhasse com teores de umidade variados.



Figura 36 - Material separado em cinco corpos de prova contendo 5 kg cada

4.2.3 Ensaio de Compactação

De acordo com a norma vigente NBR 7182/86, realizamos o ensaio de compactação para se obter os valores de teor de umidade ótima e massa específica aparente máxima, de cada amostra dos três pontos de ônibus em estudo, elas foram separadas em capsulas mostradas na figura 37, onde pesamos cada capsula vazia e depois de adicionado o material dentro das capsulas foram pesadas novamente, e levadas a estufa para secagem por um período de 24 horas, onde foram obtidos resultados conforme apresentado na tabela 6.



Figura 37 - Capsulas contendo material para ser realizado teste de umidade ótima

O ensaio de granulometria apresentou resultados satisfatórios onde a faixa de resultado foi conforme a da peneira E, conforme mostrado na tabela de número 1 no referencial teórico.

4.2.4 Índice de Suporte Califórnia (CBR)

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

O ensaio de CBR de cada amostra foi realizado no laboratório de solos da instituição CEULP/ULBRA, realizado de acordo com a norma DNER-ME 049/94 – Solos - Determinação do Índice de Suporte Califórnia, onde o solo foi colocado em moldes que apresentavam três teores de umidade para cada camada em estudo, compactados com 26 golpes quando se trata de materiais de base e sub-

base e 12 golpes quando para camadas de materiais de subleito , é utilizado um soquete grande, onde após compactadas foram colocadas as cargas nos corpos de prova e o extensômetro conforme a figura 38 e 39, e após passadas 96 horas foram retiradas do tanque de agua e realizado o ensaio de expansão. Após realizados o ensaio, obtivemos resultados satisfatórios, já que os corpos de prova de subleito se manterão abaixo dos 2% que é permitido, os de sub-base também permaneceram abaixo de 1,0%, e a expansão da base que também ficou abaixo de 0,5%, conforme determina o DNIT (2006) e demonstrados na tabela 6.



Figura 38 - Compactação do material de base no corpo de prova



Figura 39 – Corpos de prova submersos por 96 horas

No ensaio de penetração que realizamos logo após a medição da expansão, submetemos cada corpo de prova a pressões na prensa hidráulica apresentada na figura 40, até se romperem, onde conforme cada tempo premeditado eram feitas leituras do extensômetro e anotadas conforme exemplo da tabela 5, e que com os dados obtidos traçamos uma curva pressão-penetração para a base, sub-base, subleito de cada amostra retirados dos três pontos de ônibus conforme apresentados logo abaixo nos gráficos mostrando que obtivemos resultados satisfatórios, para subleito, e sub-base porem para a camada de base o resultado foi insatisfatório já que apresentaram C.B.R $\leq 80\%$.

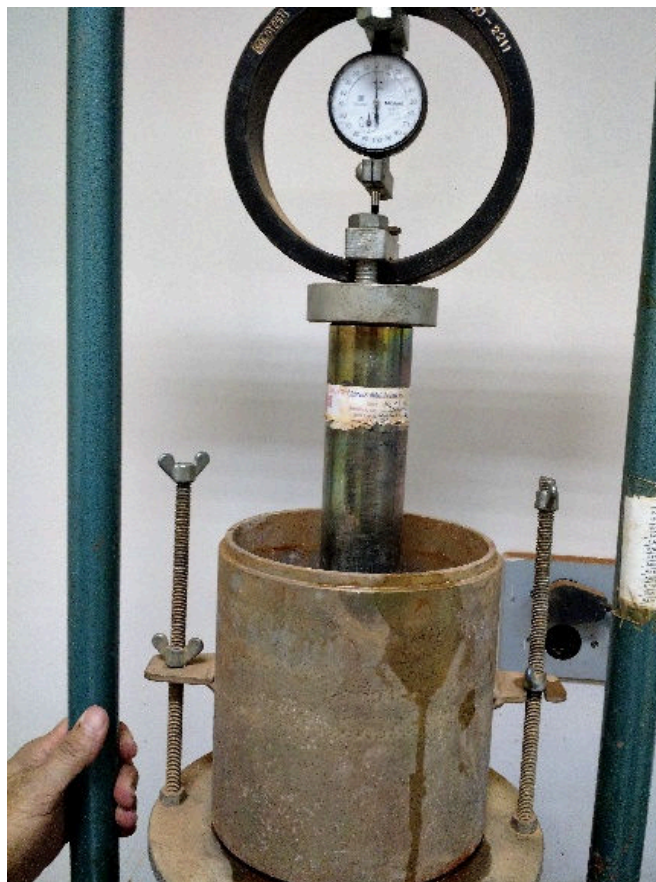


Figura 40 - Prensa hidráulica, ensaio de penetração

ENSAIO DE PENETRAÇÃO			
Tempo em min	Leituras das Amostras (mm)		
	0,5	38	60
1	53	105	52
1,5	68	150	65
2	80	190	80
3	112	240	115
4	153	298	146
6	220	400	225
8	-	-	-

Tabela 5 - Ensaio de Compactação / Leituras de penetração da sub-base

Utilizando a equação abaixo passamos a determinar o ISC em porcentagem de cada corpo-de-prova em estudo, aqui adotaremos o maior valor obtido nas penetrações, que é 2,54 e 5,08mm, e deve ser levado em consideração o CBR correspondente dos corpos de provas com umidade ótima das camadas de base, sub-base e subleito de cada parada de ônibus em estudo.

$$ISC = \frac{\text{Pressão Calculada ou pressão corrigida}}{\text{Desvio Padrão}}$$

Após a obtenção de valores de ISC de cada amostra conforme apresentadas, e deve-se levar em consideração apenas o CBR' correspondente aos corpos de prova com umidade ótima, para determinação ideal do subleito, onde primeiro foi calculado a média aritmética (\overline{IS}) de todos os valores obtidos através de cada amostra coletada, e em seguida o desvio padrão (S) e por último o CBR de projeto (IS_{min}) utilizando as equações.

$$\overline{IS} = \frac{(\sum_{i=1}^n IS_i)}{n}$$

$$S = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (\overline{IS} - IS_i)^2}{n-1} \right)^{1/2}$$

$$IS_{min} = \overline{IS} - \left(\frac{1,29}{n^{1/2}} + 0,68 \right) \times S$$

$$\bar{IS} \pm 2,5 \times S$$

Conforme analisado o CBR de todas as amostras, neste estudo foi decidido utilizar como CBR de projeto, a situação mais desfavorável que foi o CBR de subleito encontrado, onde o resultado é de 11,9 %, e que foi arredondado para 12%.

LOCAL	MATERIAL	DENSIDADE (g/cm ³)	UMIDADE ÓTIMA %	CBR %	EXPANSÃO %
101 NORTE	BASE	2,090	8,1	62,6	0,00
	SUB-BASE	1,998	8,3	29,6	0,00
	SUBLEITO	1,987	8,9	22,4	0,00
103 SUL	BASE	2,035	8,5	64,5	0,00
	SUB-BASE	2,043	8,6	30,8	0,82
	SUBLEITO	1,964	8,0	20,9	0,00
101 SUL	BASE	2,029	8,9	60,6	0,00
	SUB-BASE	2,012	8,2	28,8	0,00
	SUBLEITO	2,009	8,4	22,9	0,00

Tabela 6 - Resultados dos Corpos de provas com Umidade Ótima

Como podemos analisar na tabela 6, os resultados foram satisfatórios, os materiais se manterão dentro dos níveis aceitáveis de expansão que conforme o DNIT-2006 materiais do subleito deve apresentar uma expansão, medida no ensaio C.B.R., menor ou igual a 2% e um C.B.R. $\geq 2\%$, materiais para sub-base, são os que apresentam C.B.R. $\geq 20\%$ e expansão $\leq 1\%$, e os materiais para base, os que apresentam: C.B.R. $\geq 80\%$ e expansão $\leq 0,5\%$, entretanto os materiais de base alcançaram um CBR $\geq 60\%$, o que não é satisfatório, pois para como nosso número N conforme será mostrado nos cálculos a seguir está acima de 5×10^6 , conforme norma deve ser utilizado um CBR $\geq 80\%$. Ainda sobre a expansão, valores iguais a 0, demonstra que o solo utilizado no ensaio não é um solo plástico.

4.3 Levantamento de Tráfego e Dimensionamento do Pavimento

Para o levantamento do tráfego das vias em estudo, foi adotado um levantamento com base nos dados da secretaria do transporte do município de Palmas – To, onde foi levantado a quantidade de passagens em cada ponto de ônibus, a quantidade de linhas que passam nas paradas, e levando em consideração o caso mais crítico para determinação do volume médio diário (VMD) conforme tabela abaixo.

LINHAS QUE PASSÃO PELO PONTO DA QUADRA 101 NORTE	QUANTIDADES DE PASSAGENS POR DIA							TOTAL DE PASSAGENS POR SEMANA DE CADA LINHA
	SEGUNDA	TERÇA	QUARTA	QUINTA	SEXTA	SABADO	DOMINGO	
LINHAS DE ONIBUS								-
EIXÃO	260	260	260	260	260	183	121	1604
04-16 ARNO 407n	61	61	61	61	61	0	0	305
05 APINAJE - HEMOCENTRO	40	40	40	40	40	35	34	269
09 APINAJE - CAPIM DOURADO	2	2	2	2	2	17	35	62
09 APINAJE - UFT	95	95	95	95	95	5	0	480
11 APINAJE QCG - MARISTA	30	30	30	30	30	26	15	191
14 APINAJE SONHO MEU	5	5	5	5	5	3	2	30
15 APINAJE IFTO-HGP	38	38	38	38	38	33	33	256
18 APINAJE KRAHO - ULBRA	68	68	68	68	68	48	0	388
19 NS 10	52	52	52	52	52	38	0	298
62 CORUJÃO	5	5	5	5	5	5	5	35
69 APINAJE - LUZIMANGUES	3	3	3	3	3	2	2	19
69A APINAJE/ VILAGE MORENA	1	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL DE PASSAGENS POR SEMANA								3938
TOTAL DE PASSAGENS POR DIA								563

Tabela 7 - Levantamento do Tráfego com base em dados da secretaria municipal de acessibilidade, mobilidade, transito e transporte de Palmas Tocantins

Para o dimensionamento do pavimento foi adotado o resultado mais crítico do estudo de tráfego que foi no ponto de ônibus da quadra 101 Norte, com 563 passagens conforme tabela, e que foi o valor utilizado para este estudo, levando em consideração em seu dimensionamento o estudo de crescimento populacional de Palmas pelos próximos 20 anos. Para tal fim, utilizamos um estudo de projeções populacionais a partir de cenários econômicos, que segundo (Waldecy Rodrigues) da Universidade do Estado do Goiás, onde levaremos em consideração o cenário que apresenta maior porcentagem de crescimento populacional, que neste caso é o (Cenário 3), onde a população de Palmas em 2025 fica entre 290 mil e 390 mil pessoas, com uma tendência de 340 mil pessoas. Levando em consideração que atualmente segundo dados do (IBGE-2015) a população de Palmas é estimada em 272.726 pessoas, para se chegar aos 340 mil em 2025, a porcentagem de crescimento de Palmas seria de aproximadamente 24%, o que nos daria um crescimento anual médio de 2,4%. Onde esse será a porcentagem aproximado anual adicionada ao para obtermos um VMD para os próximos 20 anos.

4.4 Dimensionamento do Pavimento

4.4.1 Determinação do número “N”

4.4.1.1 Determinando o Volume Médio Diário (VM), conforme a Equação (5)

$$V_m = \frac{V_1 \times \left[\frac{2+(P-1) \times t}{100} \right]}{2}$$

Dados:

V1= 563 passagens diárias

Vm= Volume médio diário de tráfego durante o período de projeto;

t = 2,4%

P = 20 anos

Resultado: **691 passagens**

4.4.1.2 Determinando o Fator de Carga

Para determinação do fator de carga, utilizamos para o cálculo a tabela de equivalência de carga (tabela 2), e também a tabela de determinação de fator de carga (tabela 3), encontradas no referencial teórico, sendo preenchida e após realizados os cálculos através da equação 6, determinamos que o valor do fator de carga é de 1,784 assim como é mostrado na tabela abaixo.

Tipo de Veículo	Ordem	Eixo (t)			Fci	Frequência Absoluta (fi)	Frequência Relativa	Fci x Fi
		ES	ED	ET				
2C	1	6	-	-	0,278	691	0,500	0,139
2C	2	10	-	-	3,289	691	0,500	1,645
						1382	1,000	1,784

$$F.C = \frac{\text{Equivalência}}{100}$$

Resultado do FC = **1,784**

Dados:

Fci = Equação da fórmula (FC)

Frequência Absoluta (Fi) = Número de passagens de cada eixo

Frequência Relativa = Frequência Absoluta/ Frequência absoluta total

Fator de carga (Fc) = Somatória do (Fci x fi) de todos os eixos

4.4.1.3 Calculando o Fator eixo (FE)

O fator eixo é calculado para que se tenha uma média de quantos eixos que se passagem diariamente pelo pavimento, através da equação 6, porém como as passagens do pavimento em estudo é levado um único veículo que são os ônibus coletivos, é levado em consideração apenas eixos simples, neste caso o fator eixo é igual a 1,00.

$$FE = \frac{(FEa \times \text{passagens de A}) + (FEb \times \text{passagens de B})}{(\text{passagens de A} + \text{passagens de B})}$$

Resultado do **FE = 1,00**

4.4.1.4 Determinação do Fator Veículo (FV)

Depois da determinação dos fatores de eixo (FE) e o fator de carga (FC), vamos calcular o fator veículo conforme a equação abaixo, onde obtivemos o resultado de FV = 1,784.

$$F.V = (F.E) \times (F.C)$$

Após a determinação de todas as variáveis, calculamos o número de operação por eixo padrão conforme o período de tempo que foi determinado, conforme o DNIT (2006) onde com o Vm = 691, FV = 1,784 e P=20, valores esses adicionados a equação 8 onde encontramos o número N.

$$N = 365 \times Vm \times P \times Fv$$

Resultado: **N = 9,00 x 10⁶**

Com o resultado obtido e analisado com o auxílio da tabela 4 na metodologia, vemos que para o dimensionamento do projeto em estudo será utilizado uma espessura mínima de revestimento do concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura.

4.4.2 Dimensionamento da espessura total do pavimento

Para determinarmos a altura de cada camada, devemos primeiro de acordo com o DNIT (2006), fazer a determinação da altura total de cada camada utilizando a equação 9:

$$H_t = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598}$$

Dados:

Ht = Espessura total

N= número "N" encontrado da rodovia

CBR = será considerado o CBR da camada inferior

4.4.3 Dimensionamento das camadas do pavimento

Conforme obtivemos os resultados de número N, e altura total (Ht), agora realizaremos o dimensionamento da espessura de cada camada que é a base, sub-base, e subleito, utilizando as equações 10, 11 e 12 abaixo, e também retirando os valores das variáveis que as equações necessitam conforme a tabela 6 de coeficientes de equivalência estrutural para os diferentes tipos de materiais, do DNIT (2006), que se encontra na metodologia, lembrando também que a espessura mínima para cada camada do pavimento deve ser de 10 cm, e que para dimensionarmos o CBUQ, o coeficiente para revestimento betuminoso (KR), foi igual a 2,00 por ser um revestimento de CBUQ, e o (KB) que será 1,0.

A altura mínima do revestimento betuminoso será de 7,5 cm de espessura.

4.4.3.1 Determinação da altura da base

$$(R * K_R) + (B * K_b) \geq H_{20}$$

Dados:

R = Altura do revestimento, que é = 7,5 cm

B= Altura da base

K_b= 1,00

K_r = 2,00

Resultado: **B = 15 cm**

4.4.3.2 Determinação da altura da Sub-base

$$(R * K_R) + (B * K_B) + (h_{20} * K_S) \geq H_n$$

Dados:

R = altura do revestimento, que é = 7,5 cm

K_r = 2,00

B = 20 cm

K_b = 1,00

K_s = 1,00

Resultado: **B = 20**

Após determinadas as espessuras de cada camada, elas ficaram distribuídas da seguinte maneira conforme mostra a figura 41 logo abaixo.

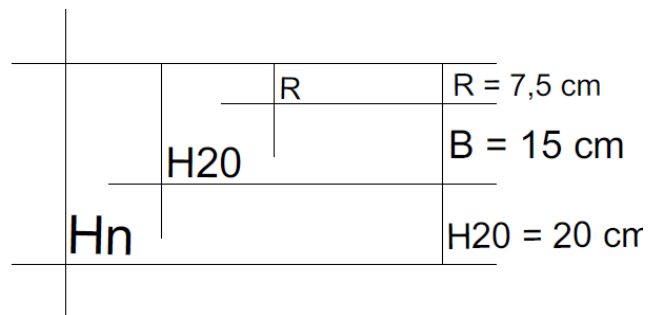


Figura 41 - Detalhamento da distribuição das camadas que compõe o pavimento

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após obtermos todos os resultados, chegamos à conclusão de que o pavimento existente nas paradas de ônibus coletivo já não atende a quantidade de esforços que lhes são deferidos, isso por que os métodos utilizados para o dimensionamento e conseqüentemente alguns dos materiais empregados já não são mais adequados.

Contudo após análise dos resultados e buscando atender a uma solução apropriada, foi realizado um novo cálculo para o dimensionamento do pavimento flexível, onde foi utilizado como CBR de projeto para este dimensionamento o pior CBR encontrado durante os ensaios laboratoriais em que esse valor foi de 12 % com um tempo de projeto para 20 anos, onde foi considerado um crescimento linear de palmars de 2,4%, onde esse novo projeto demonstrou que para o pavimento suportar todas essas variáveis, que o revestimento conforme número N encontrado, será de 7,5 cm CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado Quente), já a camada de base como não atendeu o requisitos de que o CBR deveria ser maior que 80 %, parâmetro esse definido conforme o manual de pavimentação (DNIT-2006), pois o número N encontrado está acima de 5×10^6 e sendo assim a camada de base deve possuir CBR igual ou superior aos 80%, havendo essa necessidade pode ser utilizado para a camada de base, material de solo cimento. Dando continuação as camadas de sub-base e subleito apresentaram resultados satisfatórios e por isso não a necessidade da busca por um novo material, pois o material existente atendem as especificações para este projeto, além do maior outro fator foi levado em consideração, que é a altura das camadas para que elas não ultrapassem o valor atual, pois deve ser lembrado que estamos mexendo em um trecho da via, por isso o seu perfil geométrico deve ser mantido, contudo o novo projeto atendeu à altura de forma coerente atendendo ao perfil geométrico, que ficou da seguinte forma, 7,5 cm de revestimento, 15 cm de base e 20 cm de sub-base, mantendo a altura total de 42,5 cm conforme existe atualmente e como esta detalhado na seção tipo representado pela figura 42. Enfim este estudo traz como benefícios, um pavimento de melhor qualidade com a intenção de resistir melhor aos

esforços aqui impostos, porem como se trata principalmente da grande quantidade de veículos passando e freando a todo momento, tem-se a noção de que o pavimento flexível poderá não suportar conforme esperado na pratica, pois quando se dimensiona um pavimento flexível, essa dimensão leva em consideração esforços aplicados verticalmente, e o que ocorre nas frenagens é que temos uma maior quantidade de esforços horizontais, por isso, para a certeza do pleno atendido do pavimento a estes esforços, este estudo indica que devemos utilizar pavimento de concreto nestes pontos para que assim possa se atender a todos os esforços aplicados, sejam eles aplicados na vertical ou horizontal.

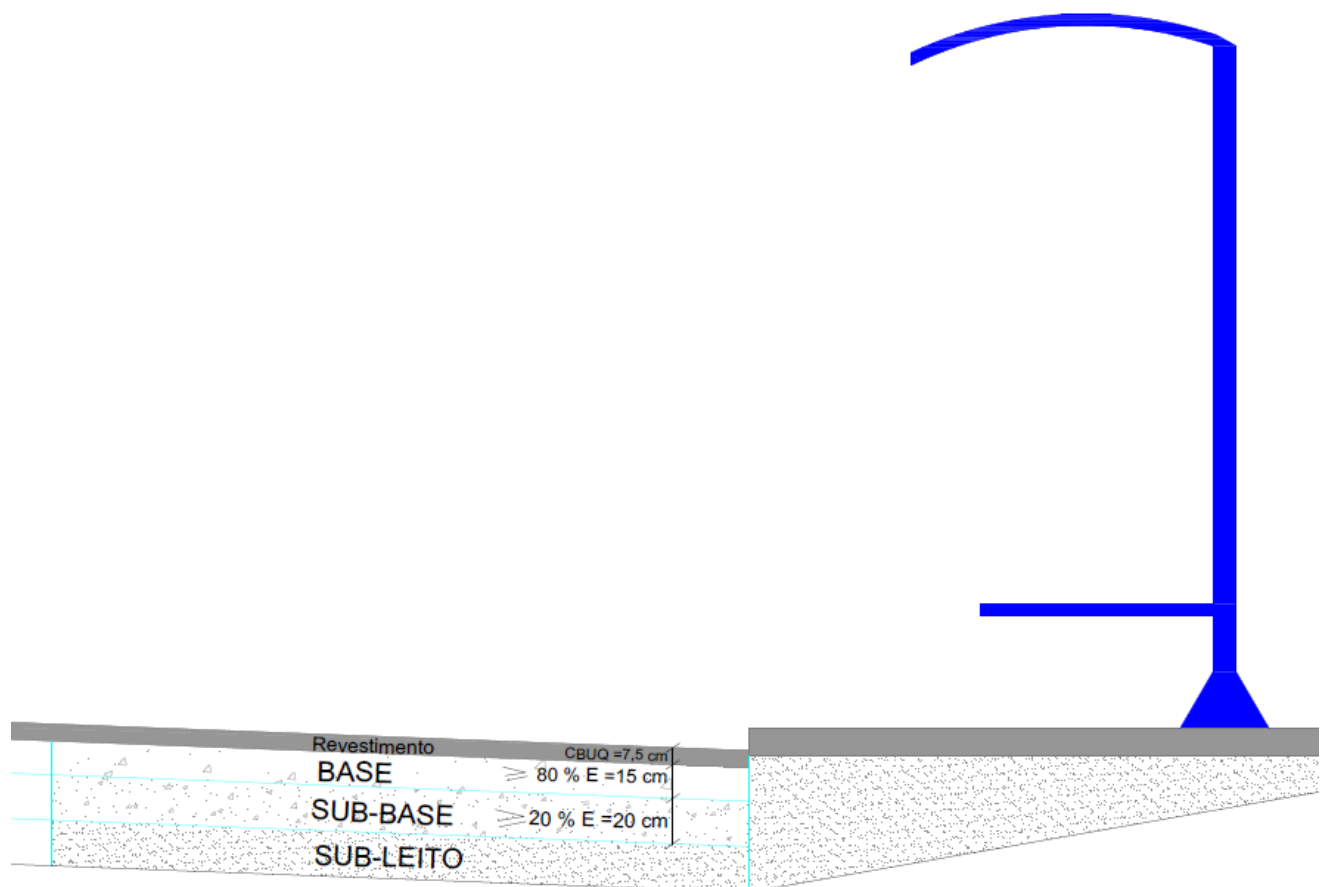


Figura 42 - Detalhamento da seção tipo

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: Informação e Documentação – Trabalhos Acadêmicos – Apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Solo – Análise Granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**: Solo – Determinação do Limite de Liquidez. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180**: Solo – Determinação do Limite de Plasticidade. Rio de Janeiro, 1984

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182**: Solo – Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro, 1986.

BALBO, J. T. **Pavimentos asfálticos**: patologias e manutenção. São Paulo: Plêiade, 1997.

BERNUCCI, L. B.; CERATTI, J. A. P.; MOTTA, L. M. G.; SOARES, J. B. (2007) **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. PETROBRAS, ABEDA, Rio de Janeiro, RJ.

.DER/RJ MT 667/22: **Método de projeto de pavimentos flexíveis**. Rio de Janeiro, 1981.

_____. DNIT 031/2004 - ES: **Pavimentos flexíveis – concreto asfáltico**. Rio de Janeiro, 2004.

_____. DNIT 031/2006 - ES: **Pavimentos flexíveis – concreto asfáltico**. Rio de Janeiro, 2006.

DOMINGUES, F. A. A., MID – **Manual para identificação de defeitos de revestimento asfálticos de pavimentos**. São Paulo, s.n., 1993.

Manual de Restauração de Pavimento Asfáltico, (IPR. Pub., 720) – DNIT 2006.

Manual de pavimentação. 3.ed. – Rio de Janeiro, 274p. (IPR. Pub., 719) – DNIT 2006.

SENÇO, Wlastermiler. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. vol. 1 . 2. ed. Ampl. São Paulo: Pini, 2007.

SENÇO, Wlastermiler. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. vol. 2. 1. ed. São Paulo: Pini, 2001.

SOUZA, Murillo Lopes de. **Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis**. 3 ed. Ver. e atual. Rio de Janeiro, IPR, 1981 (IPR. Publ. 667).

ANEXOS

TEOR DE UMIDADE DO SOLO - Base 101 Norte						
Nº Cápsula	Unidades	1	2	3	4	5
C + S + A	(g)	79,0	74,1	91,2	82,0	116,3
C + S	(g)	77,0	70,9	85,6	75,9	106
C - Cápsula	(g)	18,8	17,2	16,7	19,2	19,2
A - Água	(g)	2,0	3,2	5,6	6,1	10,3
S - Solo	C	58,2	53,7	68,9	56,7	86,8
Umidade Ótima	(%)	3,4	6,0	8,1	10,8	11,9
Umidade Média	(%)	8,04				
$\rho_{s,max}$	(g/cm ³)	2,090				
Umidade Ótima	(%)	8,1				

Tabela 8 - Teor de umidade ótima - base 101 Norte

Massa Especifica dos Grãos Passante na Peneira Nº 10						
Nº do Molde	#	1	2	3	4	5
Água Adic.	(g)	100	200	300	400	500
% Água Adic.	(%)	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
Umidade Calc.	(%)	3,4	6,0	8,1	10,8	11,9
Nº do Molde	#	1	2	3	4	5
M + S + A	(g)	9560	9790	10020	10030	9850
M - Molde	(g)	5420	5510	5312	5360	5383
S + A	(g)	4140	4280	4708	4670	4467
g úmida	(g/cm³)	1,980	2,057	2,260	2,240	2,140
g seca	(g/cm³)	1,914	1,941	2,090	2,022	1,913

Tabela 9 - Massa Especifica Aparente máxima – base 101 Norte

TEOR DE UMIDADE DO SOLO - Base 101 Sul						
Nº Cápsula	Unidades	1	2	3	4	5
C + S + A	(g)	74,5	78,6	79,2	76,9	101,8
C + S	(g)	72,5	74,6	73,7	71,2	91,8
C - Cápsula	(g)	18,8	18,5	11,6	18,2	16,5
A - Água	(g)	2	4	5,5	5,7	10
S - Solo	C	53,7	56,1	62,1	53	75,3
Umidade Ótima	(%)	3,7	7,1	8,9	10,8	13,3
Umidade Média	(%)	8,76				
Massa espec. Max	(g/cm ³)	2,029				
Umidade Ótima	(%)	8,9				

Tabela 10 - Teor de umidade ótima - base 101 Sul

Massa Específica dos Grãos Passante na Peneira Nº 10						
Nº do Molde	#	1	2	3	4	5
Água Adic.	(g)	100	200	300	400	500
% Água Adic.	(%)	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
Umidade Calc.	(%)	3,7	7,1	8,9	10,8	13,3
Nº do Molde	#	1	2	3	4	5
M + S + A	(g)	9540	9730	9980	10010	9850
M - Molde	(g)	5420	5320	5380	5390	5270
S + A	(g)	4120	4410	4600	4620	4580
g úmida	(g/cm³)	1,974	2,111	2,208	2,215	2,186
g seca	(g/cm³)	1,903	1,971	2,029	2,000	1,930

Tabela 11 - Massa Específica Aparente máxima – base 101 Sul

TEOR DE UMIDADE DO SOLO - Base 103 Sul						
Nº Cápsula	Unidades	1	2	3	4	5
C + S + A	(g)	114,3	101,1	107,3	126,2	117
C + S	(g)	110,4	96,1	99,8	115,8	105,1
C - Cápsula	(g)	15,3	19	11,9	16,4	16,3
A - Água	(g)	3,9	5	7,5	10,4	11,9
S - Solo	C	95,1	77,1	87,9	99,4	88,8
Umidade Ótima	(%)	4,1	6,5	8,5	10,5	13,4
Umidade Média	(%)	8,6				
Massa espec. Max	(g/cm ³)	2,035				
Umidade Ótima	(%)	8,5				

Tabela 12 - Teor de umidade ótima - base 103 Sul

Massa Especifica dos Grãos Passante na Peneira Nº 10						
Nº do Molde	#	1	2	3	4	5
Água Adic.	(g)	100	200	300	400	500
% Água Adic.	(%)	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
Umidade Calc.	(%)	4,1	6,5	8,5	10,5	13,4
Nº do Molde	#	1	2	3	4	5
M + S + A	(g)	9560	9790	10020	9960	9850
M - Molde	(g)	5460	5310	5420	5390	5260
S + A	(g)	4100	4480	4600	4570	4590
g úmida	(g/cm ³)	1,970	2,143	2,208	2,190	2,191
g seca	(g/cm ³)	1,893	2,012	2,035	1,982	1,932

Tabela 13 - Massa Especifica Aparente máxima – base 103 Sul

TEOR DE UMIDADE DO SOLO – Sub-base 101 Norte						
Nº Cápsula	Unidades	1	2	3	4	5
C + S + A	(g)	106,0	106,4	91,1	84,8	71,1
C + S	(g)	102,6	101,5	85,6	79,1	65,3
C - Cápsula	(g)	18,5	17,6	19,1	17,4	12,2
A - Água	(g)	3,4	4,9	5,5	5,7	5,8
S - Solo	C	84,1	83,9	66,5	61,7	53,1
Umidade Ótima	(%)	4,0	5,8	8,3	9,2	10,9
Umidade Média	(%)	7,64				
Massa espec. Max	(g/cm ³)	1,998				
Umidade Ótima	(%)	8,3				

Tabela 14 - Teor de umidade ótima - Sub-base 101 Norte

Massa Específica dos Grãos Passante na Peneira Nº 10						
Nº do Molde	#	1	2	3	4	5
Água Adic.	(g)	100	200	300	400	500
% Água Adic.	(%)	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
Umidade Calc.	(%)	4,0	5,8	8,3	9,2	10,9
Nº do Molde	#	1	2	3	4	5
M + S + A	(g)	9440	9715	9970	9850	9710
M - Molde	(g)	5240	5330	5420	5343	5240
S + A	(g)	4160	4260	4515	4467	4420
g úmida	(g/cm³)	1,995	2,048	2,163	2,140	2,120
g seca	(g/cm³)	1,918	1,935	1,998	1,959	1,911

Tabela 15 - Massa Específica Aparente máxima – Sub-base 101 Norte

TEOR DE UMIDADE DO SOLO – Sub-base 103 Sul						
Nº Cápsula	Unidades	1	2	3	4	5
C + S + A	(g)	131,4	125,2	132,2	139,4	156,1
C + S	(g)	126,6	119,3	122,7	128,2	142,2
C - Cápsula	(g)	18,8	19,9	11,8	17,6	17,3
A - Água	(g)	4,8	5,9	9,5	11,2	13,9
S - Solo	C	107,8	99,4	110,9	110,6	124,9
Umidade Ótima	(%)	4,5	5,9	8,6	10,1	11,1
Umidade Média	(%)	8,0				
Massa espec. Max	(g/cm ³)	2,043				
Umidade Ótima	(%)	8,6				

Tabela 16 - Teor de umidade ótima - Sub-base 103 Sul

Massa Especifica dos Grãos Passante na Peneira Nº 10						
Nº do Molde	#	1	2	3	4	5
Água Adic.	(g)	100	200	300	400	500
% Água Adic.	(%)	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
Umidade Calc.	(%)	4,5	5,9	8,6	10,1	11,1
Nº do Molde	#	1	2	3	4	5
M + S + A	(g)	9430	9690	10120	9850	9740
M - Molde	(g)	5320	5390	5490	5313	5240
S + A	(g)	4110	4300	4630	4537	4500
g úmida	(g/cm ³)	1,976	2,057	2,218	2,178	2,158
g seca	(g/cm ³)	1,892	1,942	2,043	1,978	1,942

Tabela 17 - Massa Especifica Aparente máxima – Sub-base 103 Sul

TEOR DE UMIDADE DO SOLO – Sub-base 101 Sul						
Nº Cápsula	Unidades	1	2	3	4	5
C + S + A	(g)	84,2	95,7	90,0	113,9	127,7
C + S	(g)	82,2	91,5	84,1	105,5	115,7
C - Cápsula	(g)	19,1	19,2	12,1	17,6	17,6
A - Água	(g)	2,0	4,2	5,9	8,4	12,0
S - Solo	C	63,1	72,3	72,0	87,6	98,1
Umidade Ótima	(%)	3,2	5,8	8,2	9,6	12,2
Umidade Média	(%)	7,8				
Massa espec. Max	(g/cm ³)	2,012				
Umidade Ótima	(%)	8,2				

Tabela 18 - Teor de umidade ótima - Sub-base 101 Sul

Massa Específica dos Grãos						
Passante na Peneira Nº 10						
Nº do Molde	#	1	2	3	4	5
Água Adic.	(g)	100	200	300	400	500
% Água Adic.	(%)	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
Umidade Calc.	(%)	3,2	5,8	8,2	9,6	12,2
Nº do Molde	#	1	2	3	4	5
M + S + A	(g)	9440	9715	9970	9850	9710
M - Molde	(g)	5240	5330	5420	5343	5340
S + A	(g)	4200	4385	4550	4507	4370
g úmida	(g/cm³)	2,014	2,101	2,177	2,165	2,098
g seca	(g/cm³)	1,953	1,986	2,012	1,976	1,869

Tabela 19 - Massa Específica Aparente máxima – Sub-base 101 Sul

TEOR DE UMIDADE DO SOLO – Subleito 101 Norte						
Nº Cápsula	Unidades	1	2	3	4	5
C + S + A	(g)	70,5	63,5	87,4	98,9	97,2
C + S	(g)	68,1	60,3	81,9	90,1	87,6
C - Cápsula	(g)	15,3	17,3	20,2	16,1	17,8
A - Água	(g)	2,4	3,2	5,5	8,8	9,6
S - Solo	C	52,8	43,0	61,7	74,0	69,8
Umidade Ótima	(%)	4,5	7,4	8,9	11,9	13,8
Umidade Média	(%)	9,3				
Massa espec. Max	(g/cm ³)	1,987				
Umidade Ótima	(%)	8,9				

Tabela 20 - Teor de umidade ótima - Subleito 101 Norte

Massa Específica dos Grãos						
Passante na Peneira Nº 10						
Nº do Molde	#	1	2	3	4	5
Água Adic.	(g)	150	300	450	600	750
% Água Adic.	(%)	3,0	6,0	8,0	10,0	12,0
Umidade Calc.	(%)	4,5	7,4	8,9	11,9	13,8
Nº do Molde	#	1	2	3	4	5
M + S + A	(g)	9320	9650	10115	9850	9615
M - Molde	(g)	5383	5295	5603	5400	5383
S + A	(g)	3937	4355	4512	4450	5232
g úmida	(g/cm ³)	1,892	2,091	2,164	2,128	2,028
g seca	(g/cm ³)	1,810	1,946	1,987	1,902	1,783

Tabela 21 - Massa Específica Aparente máxima – Subleito 101 Norte

TEOR DE UMIDADE DO SOLO – Subleito 103 Sul						
Nº Cápsula	Unidades	1	2	3	4	5
C + S + A	(g)	125,6	112,9	126,8	120,6	128,5
C + S	(g)	120,3	105,8	116,3	108,9	115,5
C - Cápsula	(g)	17,9	17,2	17,6	17,5	17,3
A - Água	(g)	5,3	7,1	10,5	11,7	13,0
S - Solo	C	102,4	88,6	98,7	91,4	98,2
Umidade Ótima	(%)	5,2	8,0	10,6	12,8	13,2
Umidade Média	(%)	9,9				
Massa espec. Max	(g/cm ³)	1,964				
Umidade Ótima	(%)	8,0				

Tabela 22 - Teor de umidade ótima - Subleito 103 Sul

Massa Especifica dos Grãos						
Passante na Peneira Nº 10						
Nº do Molde	#	1	2	3	4	5
Água Adic.	(g)	150	300	450	600	750
% Água Adic.	(%)	3,0	6,0	8,0	10,0	12,0
Umidade Calc.	(%)	5,2	8,0	10,6	12,8	13,2
Nº do Molde	#	1	2	3	4	5
M + S + A	(g)	9420	9740	10210	9950	9715
M - Molde	(g)	5295	5290	5680	5490	5280
S + A	(g)	4125	4450	4530	4460	4435
g úmida	(g/cm³)	1,973	2,132	2,173	2,141	2,133
g seca	(g/cm³)	1,876	1,974	1,964	1,898	1,884

Tabela 23 - Massa Especifica Aparente máxima – Subleito 103 Sul

TEOR DE UMIDADE DO SOLO – Subleito 101 Sul						
Nº Cápsula	Unidades	1	2	3	4	5
C + S + A	(g)	90,8	95,7	81,2	125,0	113,5
C + S	(g)	87,9	90,9	76,5	113,8	101,4
C - Cápsula	(g)	18,9	19,0	20,3	12,2	11,8
A - Água	(g)	2,9	4,8	4,7	11,2	12,1
S - Solo	C	69,0	71,9	56,2	101,6	89,6
Umidade Ótima	(%)	4,2	6,7	8,4	11,0	13,5
Umidade Média	(%)	8,8				
Massa espec. Max	(g/cm ³)	2,009				
Umidade Ótima	(%)	8,4				

Tabela 24 - Teor de umidade ótima - Subleito 101 Sul

Massa Específica dos Grãos						
Passante na Peneira Nº 10						
Nº do Molde	#	1	2	3	4	5
Água Adic.	(g)	150	300	450	600	750
% Água Adic.	(%)	3,0	6,0	8,0	10,0	12,0
Umidade Calc.	(%)	4,2	6,7	8,4	11,0	13,5
Nº do Molde	#	1	2	3	4	5
M + S + A	(g)	9530	9830	10320	9920	9610
M - Molde	(g)	5395	5390	5780	5520	5310
S + A	(g)	4135	4440	4540	4400	4300
g úmida	(g/cm³)	1,978	2,127	2,177	2,112	2,068
g seca	(g/cm³)	1,898	1,994	2,009	1,903	1,822

Tabela 25 - Massa Específica Aparente máxima – Subleito 101 Sul

ENSAIO DE EXPANSÃO DA BASE 101 NORTE				
Molde	Leituras do Extensômetro (mm)		Altura do Molde (cm)	Expansão (%)
	Inicial	Final		
1	0	0,021	11,38	0,18
2	0	0,00	11,38	0
3	0	0,032	11,38	0,28

Tabela 26 - Ensaio de expansão da base 101 Norte

ENSAIO DE EXPANSÃO DA SUB-BASE 101 NORTE				
Molde	Leituras do Extensômetro (mm)		Altura do Molde (cm)	Expansão (%)
	Inicial	Final		
1	0	0	11,38	0
2	0	0	11,38	0
3	0	0	11,38	0

Tabela 27 - Ensaio de Expansão da sub-base 101 Norte

ENSAIO DE EXPANSÃO DO SUBLEITO 101 NORTE				
Molde	Leituras do Extensômetro (mm)		Altura do Molde (cm)	Expansão (%)
	Inicial	Final		
1	0	0,095	11,38	0,84
2	0	0	11,38	0
3	0	0	11,38	0

Tabela 28 - Ensaio de expansão do subleito 101 Norte

ENSAIO DE EXPANSÃO DA BASE 103 SUL				
Molde	Leituras do Extensômetro (mm)		Altura do Molde (cm)	Expansão (%)
	Inicial	Final		
1	0	0	11,38	0
2	0	0	11,38	0
3	0	0,027	11,38	0,23

Tabela 29 - Ensaio de Expansão da base 103 Sul

ENSAIO DE EXPANSÃO DA SUB-BASE 103 SUL				
Molde	Leituras do Extensômetro (mm)		Altura do Molde (cm)	Expansão (%)
	Inicial	Final		
1	0	0,087	11,38	0,76
2	0	0,093	11,38	0,82
3	0	0,101	11,38	0,89

Tabela 30 - Ensaio de Expansão da Sub-base 103 Sul

ENSAIO DE EXPANSÃO DO SUBLEITO 103 SUL				
Molde	Leituras do Extensômetro (mm)		Altura do Molde (cm)	Expansão (%)
	Inicial	Final		
1	0	0	11,38	0
2	0	0	11,38	0
3	0	0	11,38	0

Tabela 31 - Ensaio de Expansão do subleito 103 Sul

ENSAIO DE EXPANSÃO DA BASE 101 SUL				
Molde	Leituras do Extensômetro (mm)		Altura do Molde (cm)	Expansão (%)
	Inicial	Final		
1	0	0	11,38	0
2	0	0	11,38	0
3	0	0	11,38	0

Tabela 32 - Ensaio de Expansão da base 101 Sul

ENSAIO DE EXPANSÃO DA SUB-BASE 101 SUL				
Molde	Leituras do Extensômetro (mm)		Altura do Molde (cm)	Expansão (%)
	Inicial	Final		
1	0	0	11,38	0
2	0	0	11,38	0
3	0	0,078	11,38	0,68

Tabela 33 - Ensaio de Expansão da sub-base 101 Sul

ENSAIO DE EXPANSÃO DO SUBLEITO 101 SUL				
Molde	Leituras do Extensômetro (mm)		Altura do Molde (cm)	Expansão (%)
	Inicial	Final		
1	0	0	11,38	0
2	0	0	11,38	0
3	0	0	11,38	0

Tabela 34 - Ensaio de Expansão do subleito 101 Sul

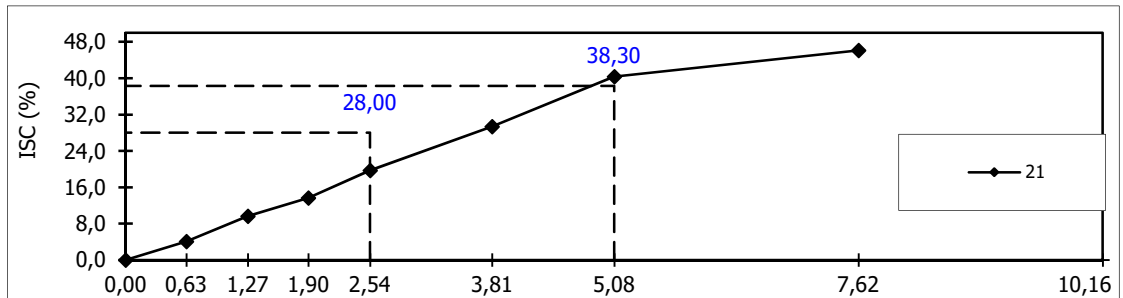


Gráfico 1 - pressão-penetração Cp 1 Base 101 Norte Amostra Seca

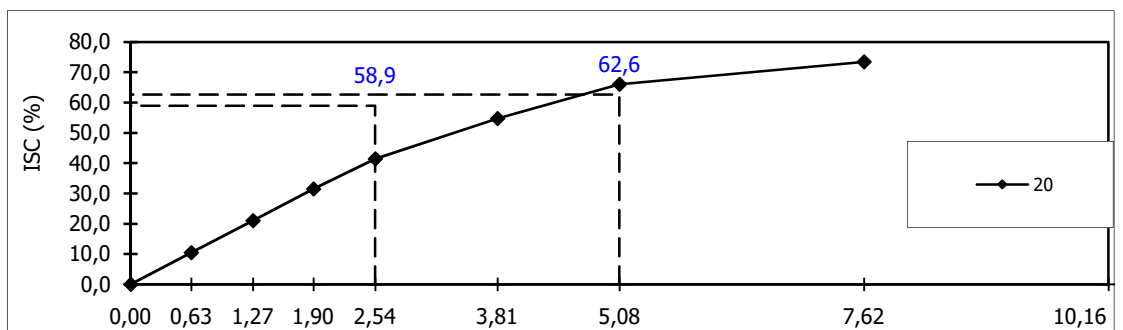


Gráfico 2 - pressão-penetração Cp 2 Base 101 Norte Amostra na Umidade Ótima

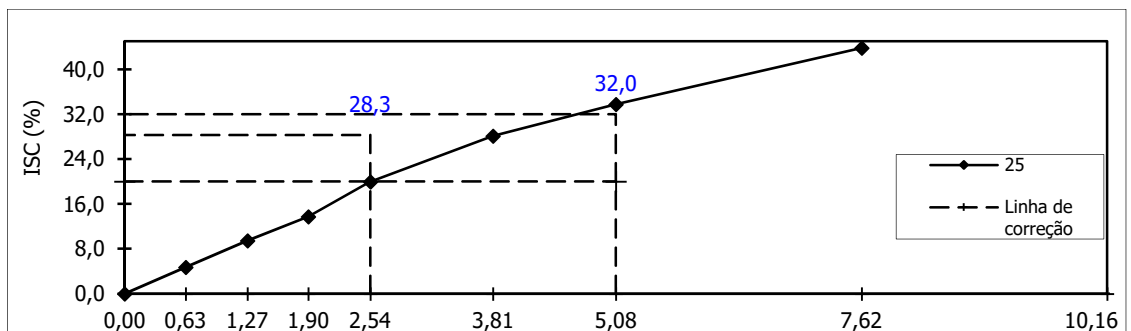


Gráfico 3 - pressão-penetração Cp 3 Base 101 Norte Amostra Saturada

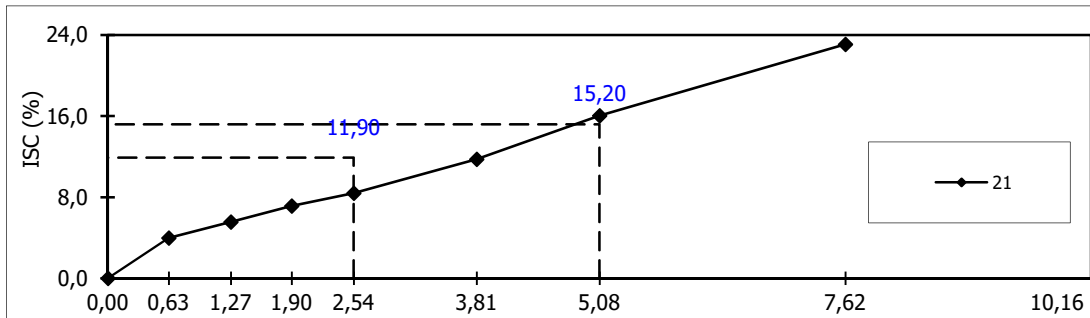


Gráfico 4 - pressão-penetração Cp 1 Sub-base 101 Norte Amostra Seca

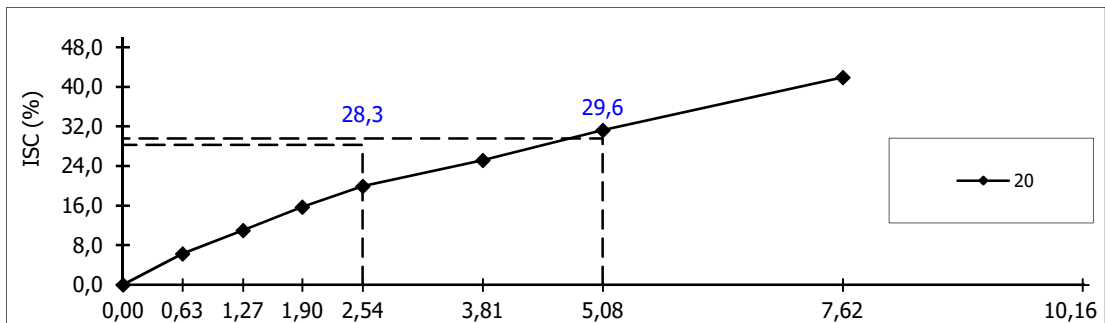


Gráfico 5 - pressão-penetração Cp2 Sub-base 101 Norte Amostra Umidade Ótima

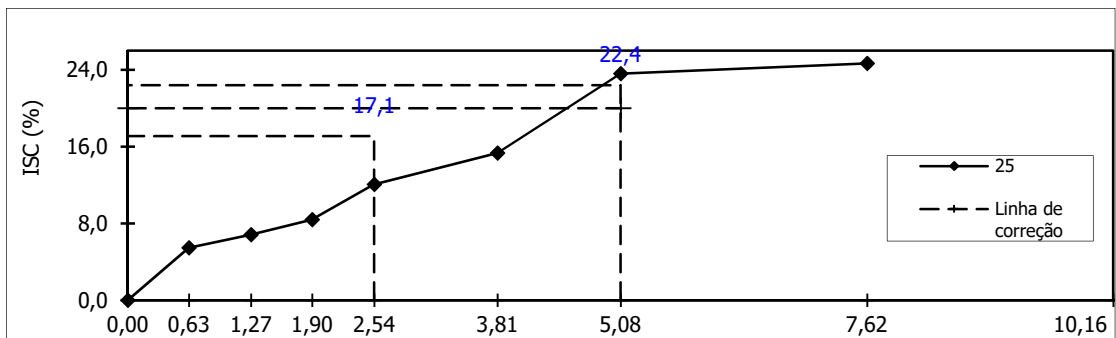


Gráfico 6 - pressão-compressão Cp 3 Sub-base 101 Norte Amostra Saturada

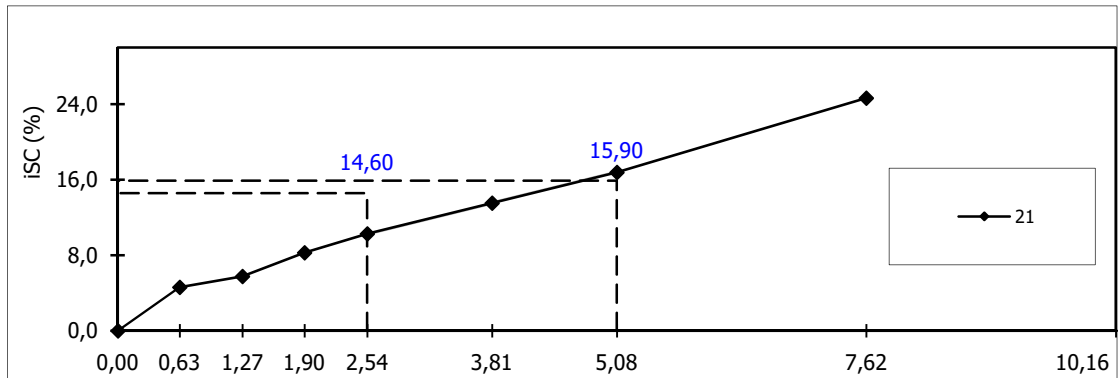


Gráfico 7 – pressão-compressão Cp 1 Subleito 101 Norte Amostra Seca

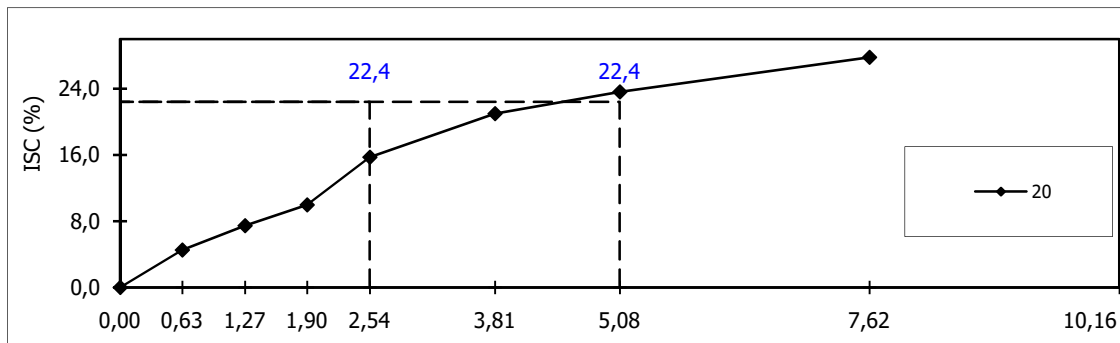


Gráfico 8 - pressão-compressão Cp 2 Subleito 101 Norte Amostra Umidade Ótima

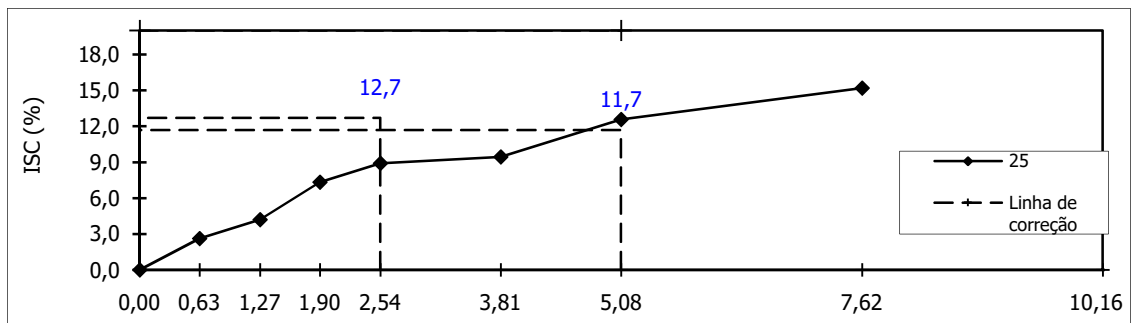


Gráfico 9 - pressão-compressão Cp3 Subleito 101 Norte Amostra Saturada

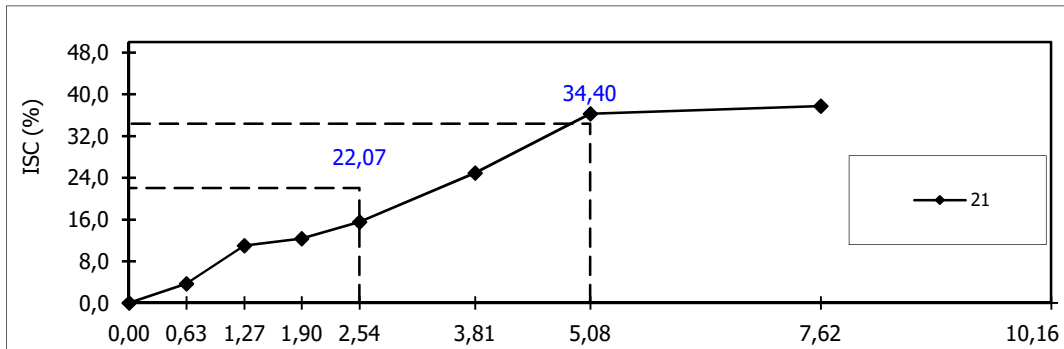


Gráfico 10 - pressão-compressão Cp1 Base 101 Sul Amostra Seca

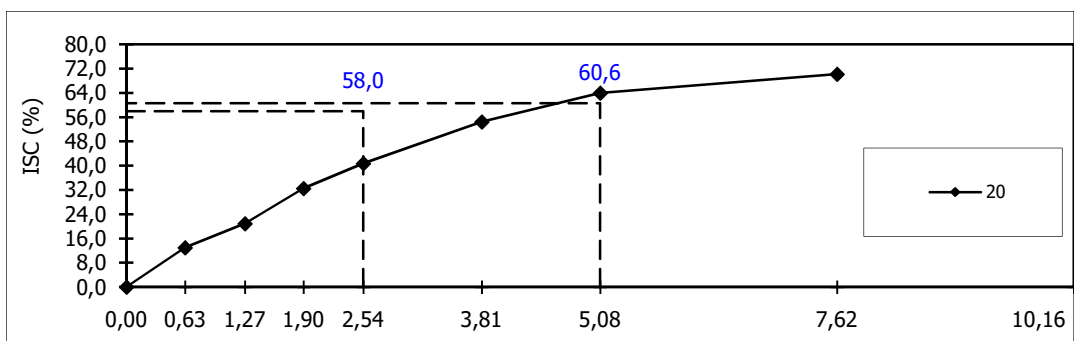


Gráfico 11 - pressão-compressão Cp2 Base 101 Sul Amostra Umidade Ótima

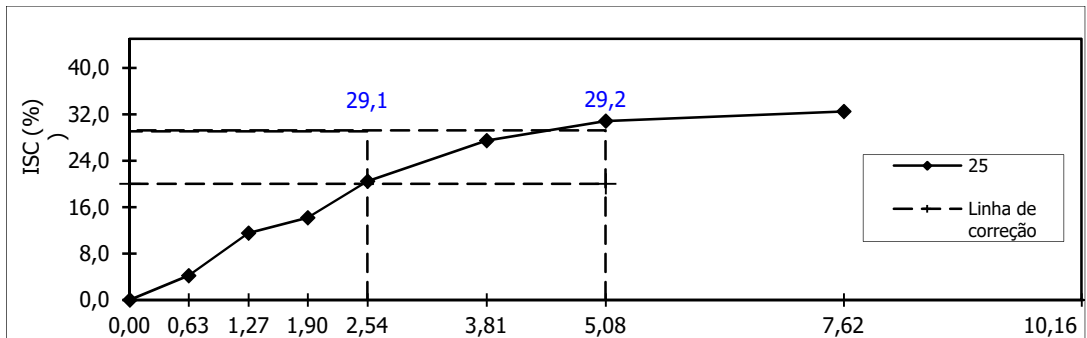


Gráfico 12 - - pressão-compressão Cp3 Base 101 Sul Amostra Saturada

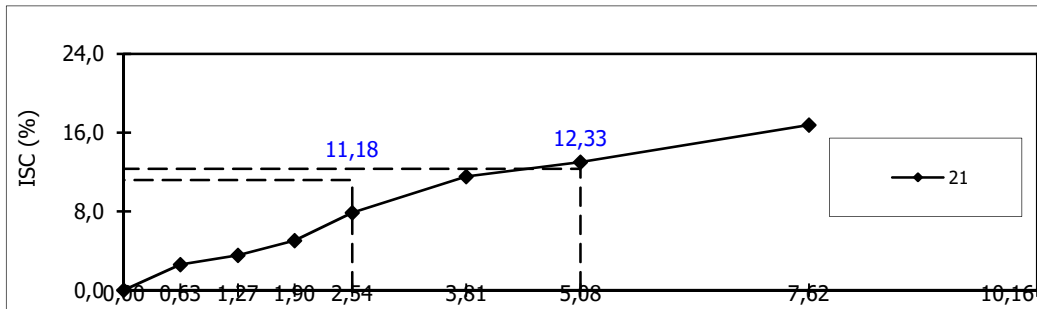


Gráfico 13 - pressão-compressão Cp1 Sub-base 101 Sul Amostra Seca

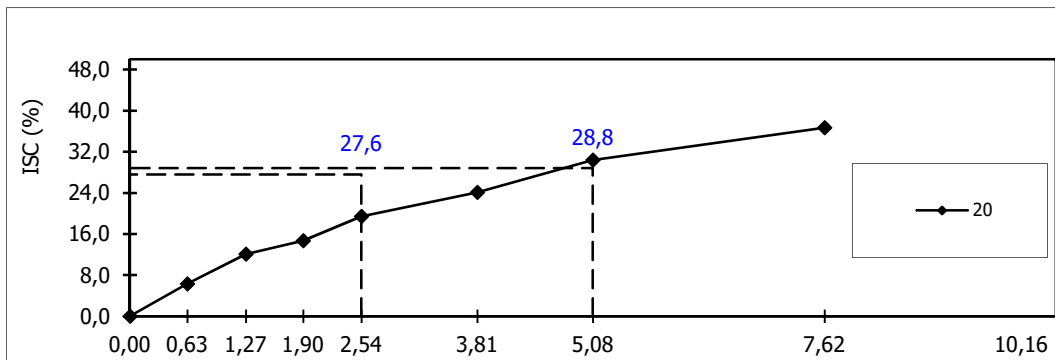


Gráfico 14 - pressão-compressão Cp2 Sub-base 101 Sul Amostra Umidade Ótima

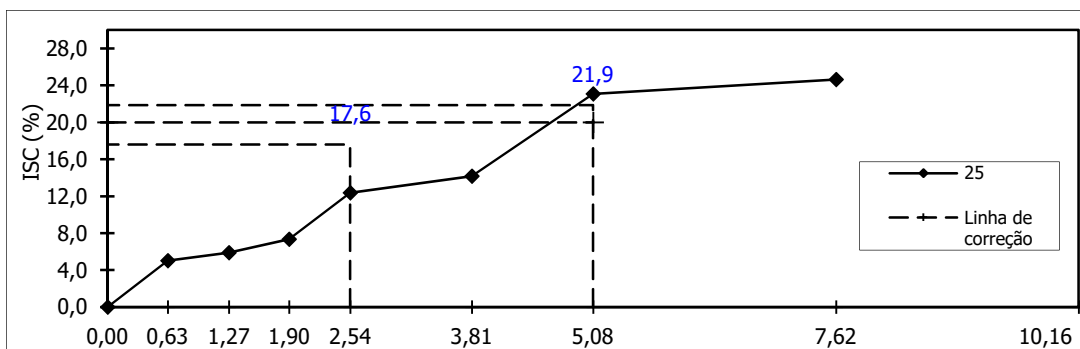


Gráfico 15 - pressão-compressão Cp3 Sub-base 101 Sul Amostra Saturada

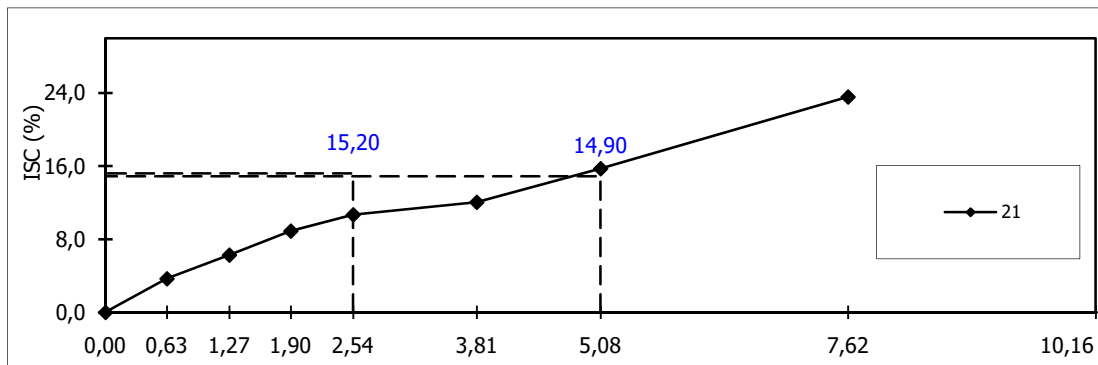


Gráfico 16 - pressão-compressão Cp1 Subleito 101 Sul Amostra Seca

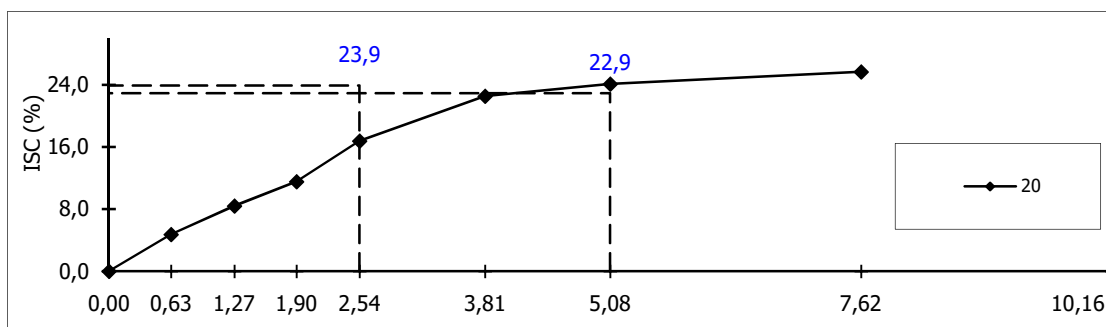


Gráfico 17 - pressão-compressão Cp2 Subleito 101 Sul Amostra Umidade Ótima

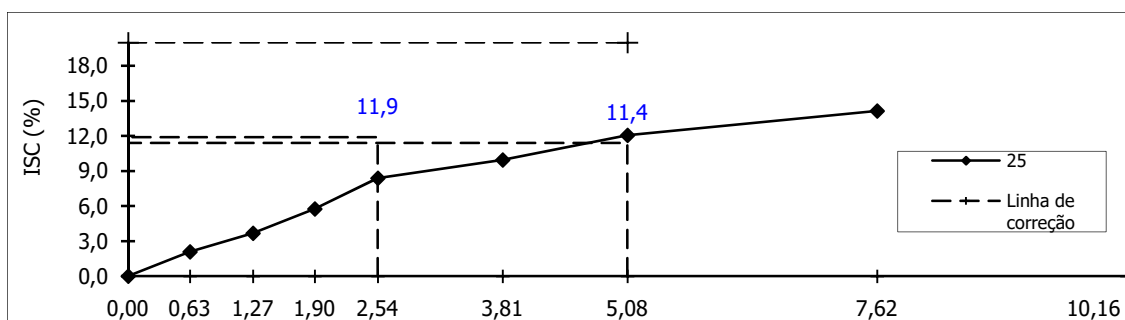


Gráfico 18 - pressão-compressão Cp3 Subleito 101 Sul Amostra Saturada

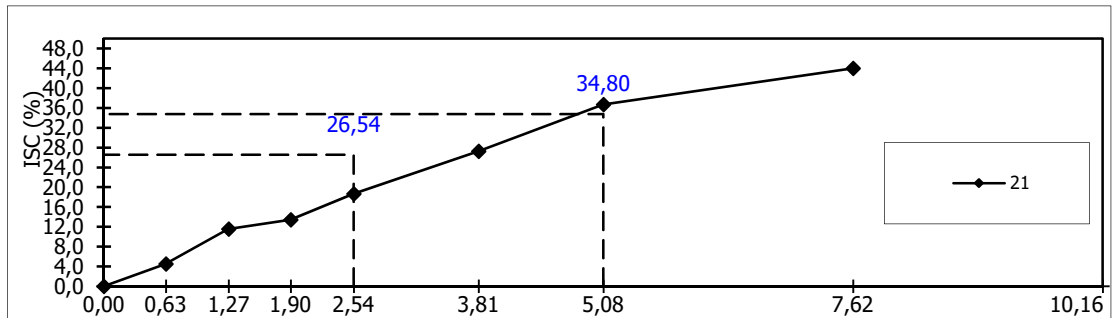


Gráfico 19 - pressão-compressão Cp1 base 103 Sul Amostra Seca

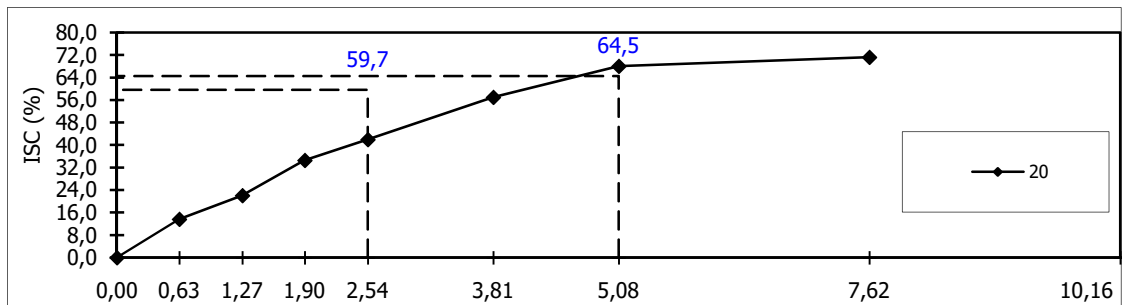


Gráfico 20 - pressão-compressão Cp2 base 103 Sul Amostra Umidade Ótima

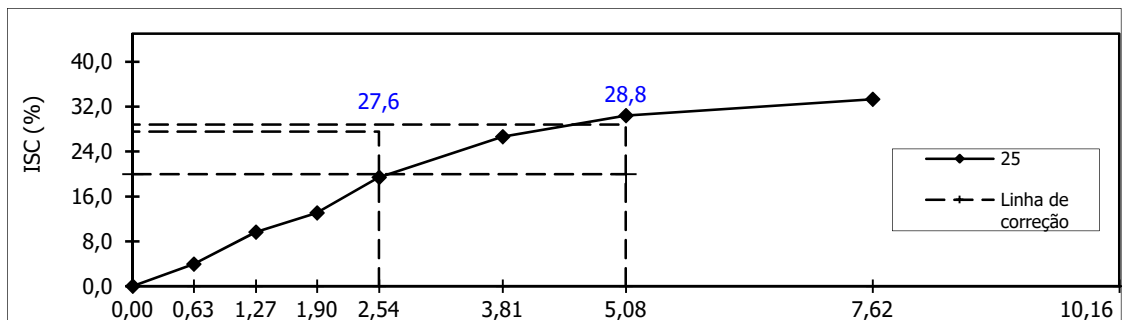


Gráfico 21 - pressão-compressão Cp3 base 103 Sul Amostra Saturada

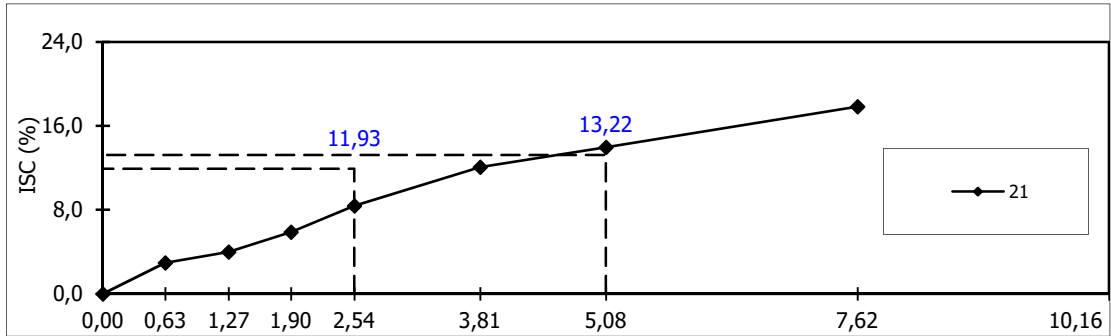


Gráfico 22 - pressão-compressão Cp1 Sub-base 103 Sul Amostra Seca

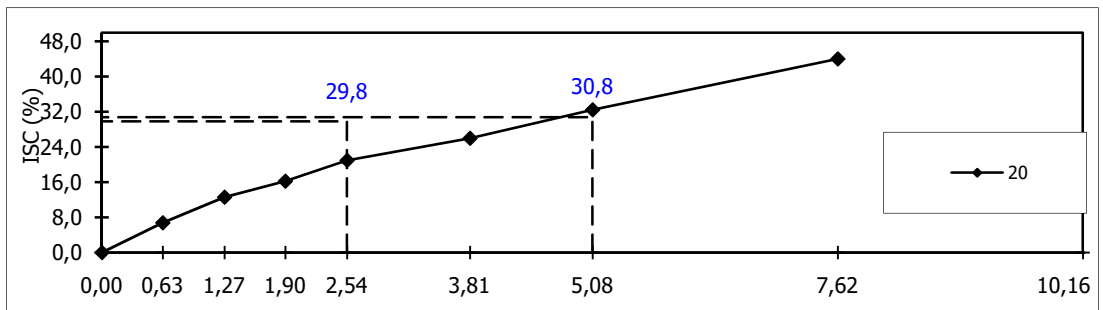


Gráfico 23 - pressão-compressão Cp2 Sub-base 103 Sul Amostra Umidade Ótima

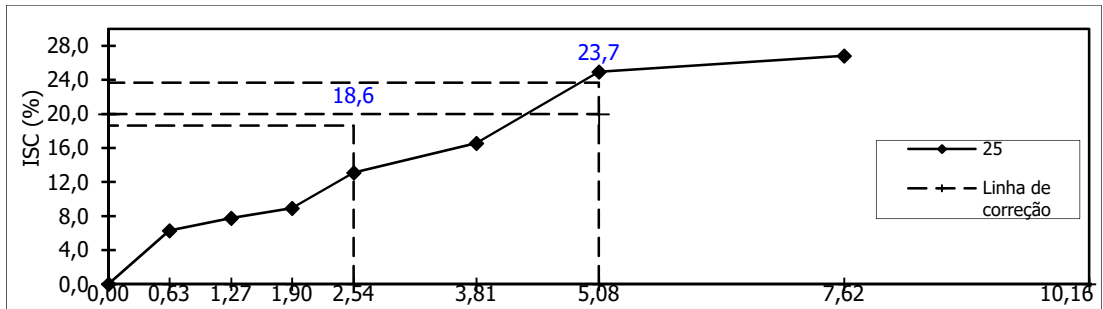


Gráfico 24 - pressão-compressão Cp3 Sub-base 103 Sul Amostra Saturada

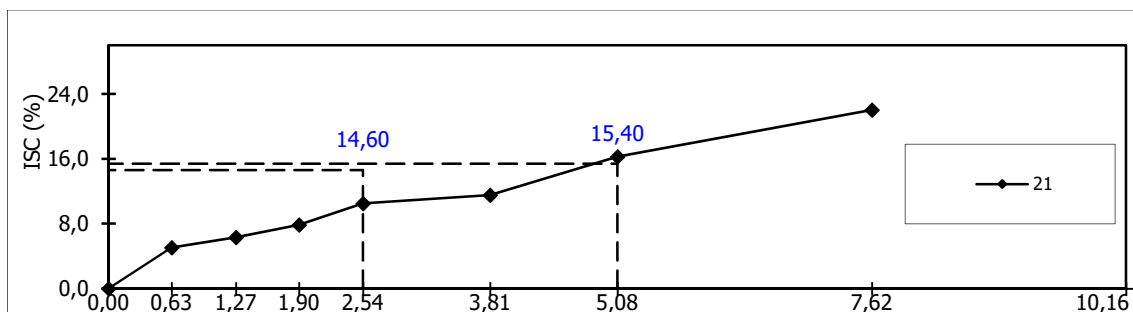


Gráfico 25 - pressão-compressão Cp1 subleito 103 Sul Amostra Seca

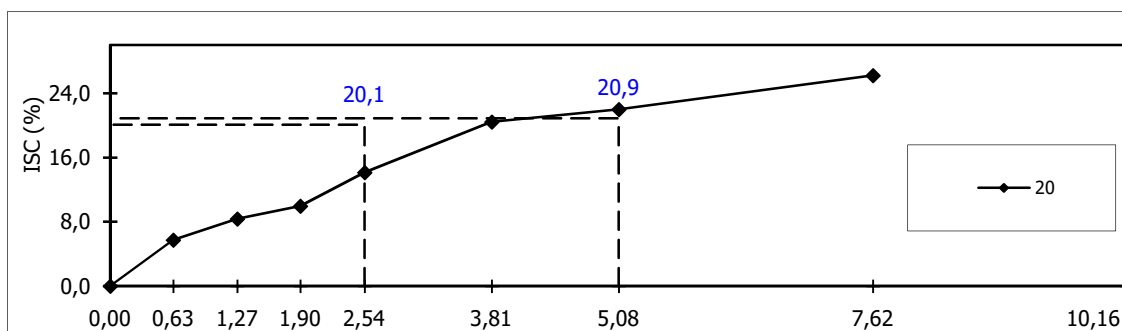


Gráfico 26 - pressão-compressão Cp2 Subleito 103 Sul Amostra Umidade Ótima

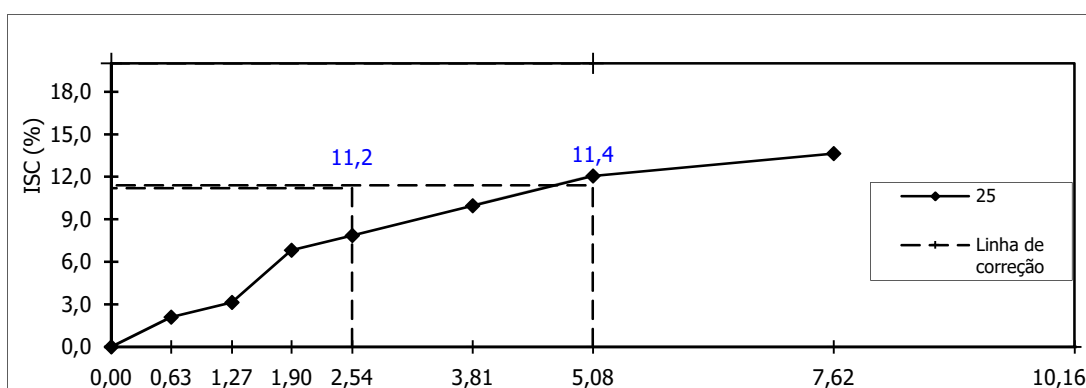


Gráfico 27 - pressão-compressão Cp3 Subleito 103 Sul Amostra Saturada