

1. UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

FREDERICO LEMOS FRANÇA

TÁRSIS MADAY JORGE FERNANDES

PATOLOGIAS EM PAVIMENTO ASFÁLTICO

ANÁPOLIS / GO

2017

FREDERICO LEMOS FRANÇA
TÁRSIS MADAY JORGE FERNANDES

PATOLOGIAS EM PAVIMENTO ASFÁLTICO

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: RODOLFO RODRIGUES SOUZA BORGES

COORIENTADORA: ANA LÚCIA CARRIJO ADORNO

ANÁPOLIS / GO: 2017

FICHA CATALOGRÁFICA

FRANÇA, FREDERICO LEMOS/FERNANDES, TÁRSIS MADAY

Dimensionamento de vigas pré-tracionadas protendidas 2017

57p, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2017).

Trabalho de Conclusão de Curso - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|---------------|---------------------------------------|
| 1. Patologias | 2. Pavimento asfáltico |
| 3. Manutenção | 4. Recapeamento |
| I. ENC/UNI | II. Patologias em Pavimento Asfáltico |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FRANÇA, Frederico Lemos; FERNANDES, Társis Maday Jorge. Patologias em Pavimento Asfáltico. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 57p. 2017.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Frederico Lemos França

Társis Maday Jorge Fernandes

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Patologias em Pavimento Asfáltico

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2017

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Frederico Lemos França

E-mail: fredericolemosf@gmail.com

Társis Maday Jorge Fernandes

E-mail: pratrauca@hotmail.com

FREDERICO LEMOS FRANÇA
TÁRSIS MADAY JORGE FERNANDES

PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL

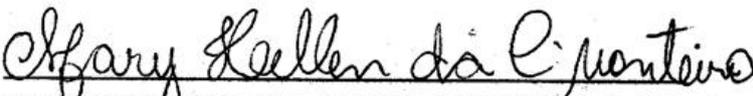
APROVADO POR:



RODOLFO RODRIGUES DE SOUSA BORGES, Especialista (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)



FABRÍCIO NASCIMENTO SILVA, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)



MARY HELLEN DA COSTA MONTEIRO, Mestra (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)

ANÁPOLIS/GO, 01 de dezembro de 2017

RESUMO

No Brasil, o transporte rodoviário é, sem dúvidas, o principal meio de escoamento da produção nacional, devido a este fato, a preocupação com a conservação da malha viária deve ser uma constante visto a importância e representatividade desta para o desenvolvimento do país e para o crescimento da economia.

Pretende-se com este estudo trazer informações que capacitem a detecção dos defeitos no pavimento, conhecer os fatores causadores e elencar soluções aplicáveis às possíveis situações em que possam ocorrer, para que seja possível prolongar a vida útil desses pavimentos e mantê-los em condições adequadas de uso visando a segurança

PALAVRAS-CHAVE: Pavimentos, patologias, revestimento, manutenção, recuperação.

ABSTRACT

In Brazil, road transport is undoubtedly the main means of disposing of domestic production, due to this fact, the concern with the conservation of the road network must be constant, as the importance and representativeness of this for the development of the country and for the growth of the economy.

The aim of this study is to provide information that enables the detection of defects in the pavement, to know the causative factors and to list applicable solutions to possible situations in which they may occur, so that it is possible to extend the useful life of these pavements and to maintain them in adequate safety conditions.

KEYWORDS: Pavements, pathologies, coating, maintenance, recovery.

AGRADECIMENTOS

Não podemos deixar de começar agradecendo a Deus, que nos sustentou todos os dias desta jornada. Aos nossos familiares, que são nosso porto seguro e a quem nós devemos tudo! Somos gratos a todos os professores pelos ensinamentos e pela contribuição, de forma admirável, em nosso aprendizado. Aos amigos, aqueles com quem já tínhamos amizade onde o tempo só fortaleceu e aos novos que a engenharia nos proporcionou, amizade essa que a convivência diária construiu e que vamos levar por toda a vida! E por fim, agradecemos ao orientador Rodolfo Rodrigues, a arquiteta Natália Bernardes que tanto ajudou na construção desse trabalho com seus conhecimentos incríveis e ao engenheiro civil Fábio Maurício e toda sua equipe na Secretaria municipal de obras, serviços urbanos e habitação da cidade de Anápolis.

Frederico Lemos França
Társis Maday Jorge Fernandes

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Camadas do pavimento	17
Figura 2 - Comparação entre os tipos de estrutura dos pavimentos	17
Figura 3 - Camadas do pavimento flexível	18
Figura 4 - Comportamento do pavimento flexível em relação a carga	18
Figura 5 - Seção típica de um pavimento flexível	19
Figura 6 - Pavimento semirrígido	19
Figura 7 - Pavimento Deep Strength	20
Figura 8 - Pavimento Full Deep Strength	21
Figura 9 - Camadas do pavimento rígido	22
Figura 10 - Comportamento do pavimento rígido em relação à carga	22
Figura 11 - Pavimento de concreto simples	23
Figura 12 - Pavimento de concreto armado	23
Figura 13 - Pavimento de concreto protendido	24
Figura 14 – Corrugação	25
Figura 15 - Afundamento da trilha de roda	26
Figura 16 – Exsudação	27
Figura 17 – Desgaste	28
Figura 18 – Panela	29
Figura 19 – Remendo	29
Figura 20 – Escorregamento	30
Figura 21 - Trincas transversais	31
Figura 22 - Trincas por reflexão	32
Figura 23 - Trincas longitudinais	33

Figura 24 - Trincas de bordo	33
Figura 25 - Trincas em blocos	34
Figura 26 - Trinca por fadiga tipo "couro de jacaré"	35
Figura 27 – Bombeamento	36
Figura 28 - Seção longitudinal da via	40
Figura 29 - Seção transversal da via	40
Figura 30 - Deformação permanente	41
Figura 31- Deformação permanente	41
Figura 32 – Desgaste	42
Figura 33 – Desgaste	42
Figura 33 - Panela	43
Figura 35 – Panela	43
Figura 34 – Remendo	44
Figura 37 – Remendo	44
Figura 35 - Trinca couro de jacaré	45
Figura 39 - Trinca couro de jacaré	45
Figura 36 - Trinca em blocos	46
Figura 37 - Trinca em blocos	46
Figura 38 - Trincas longitudinais	47
Figura 4339 - Trincas longitudinais	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Ocorrência de patologias na área	50
Quadro 2 - Identificação dos níveis de severidade e das causas das patologias no trecho	51

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ALC	Afundamento de consolidação local
ALP	Afundamento plástico local
ATC	Afundamento de consolidação da trilha
ATP	Afundamento plástico da trilha
DAIA	Distrito agroindustrial de Anápolis
DNER	Departamento nacional de estradas de rodagem
DNIT	Departamento nacional de infraestrutura de transportes
FRN	Fundo rodoviário nacional
SANEAGO	Saneamento de Goiás
SEMOSUH	Secretaria municipal de obras, serviços urbanos e habitação
SHRP	Programa estratégico de pesquisas rodoviárias
TLC	Trinca longitudinal curta
TLL	Trinca longitudinal longa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 JUSTIFICATIVA	13
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Objetivo geral	14
1.2.2 Objetivos específicos	14
1.3 METODOLOGIA	14
2 DESENVOLVIMENTO	16
2.1 PAVIMENTAÇÃO	16
2.2 REVESTIMENTO ASFÁLTICO	16
2.2.1 Pavimento flexível	18
2.2.2 Pavimento semirrígido	19
2.2.3 Pavimento Invertido	20
2.2.4 Deep Dtrength	20
2.2.5 Full Deep Strength	20
2.3 REVESTIMENTO DE CONCRETO	21
2.3.1 Pavimento de concreto simples	22
2.3.2 Pavimento de concreto armado	23
2.3.3 Pavimento de concreto protendido	23
2.4 PATOLOGIAS	24
2.4.1 Deformação da superfície	25
2.4.1.1 Corrugação	25
2.4.1.2 Afundamento/ Deformação permanente	26
2.4.2 Defeitos da superfície	27
2.4.2.1 Exsudação	27
2.4.2.2 Desgaste	27
2.4.2.3 Panela	28
2.4.2.4 Remendo	29
2.4.2.5 Escorregamento do revestimento betuminoso	30
2.4.3 Trincas e fissuras (fendas)	30
2.4.3.1 Trincas Transversais	31
2.4.3.2 Trincas por reflexão	31

2.4.3.3 Trincas longitudinais	32
2.4.3.4 Trincas de bordo	33
2.4.3.5 Trincas em bloco	34
2.4.3.6 Trincas por fadiga	34
2.4.3.7 Bombeamento	35
3 ESTUDO DE CASO: APLICAÇÕES DE TÉCNICAS DE REPARAÇÃO DE PAVIMENTO NO MUNICÍPIO DE ANÁPOLIS	37
3.1 MANUTENÇÕES REALIZADAS	37
3.2 DIAGNÓSTICO DO TRECHO ANALISADO – DENIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEVERIDADE E SELEÇÃO DE ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO	39
3.2.1 Identificação das patologias	52
3.3 PROPOSTAS DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DAS PATOLOGIAS	52
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1 INTRODUÇÃO

Pavimento é o nome dado ao revestimento usado para cobrir uma superfície terraplanada. São estruturas complexas, que sustentam variadas cargas e estão sujeitas ao atrito constante e às intempéries. (ANDRADE, Mário Henrique Furtado, 2005, p.4)

Patologias, são defeitos estruturais ocasionados por falhas no momento da construção ou por diversos fatores que ocorrem ao longo do tempo em que tal estrutura está sendo utilizada. (JUNIOR, José Leomar Fernandes, 1999).

No Brasil, o uso de rodovias representa a maior parcela do tráfego tanto de pessoas quanto de cargas e a tecnologia utilizada na pavimentação dessas rodovias não tem avançado nas últimas décadas de forma proporcional ao crescimento de seu uso. De acordo com os dados do boletim estatístico de 2016 da Confederação Nacional de Transporte, a malha rodoviária em extensão (km) no território é:

A. Federal – 64.804,7 km (pavimentada) / 11.4998,2 km (não pavimentada)

B. Estadual – 119.747,0 km (pavimentada) / 105.600,6 km (não pavimentada)

C. Municipal – 26.826,7 km (pavimentada) / 1.234.918,3 km (não pavimentada)

Enquanto a frota de veículos é:

A. Caminhão – 2.675.213

B. Cavalos Mecânicos – 603.857

C. Reboque – 1.373.744

D. Semirreboque – 89.469

E. Ônibus interestaduais, internacionais, intermunicipais, fretamentos e urbanos – 209.128

Durante o regime militar houve uma ampliação da malha rodoviária asfaltada de 3000 km para 45000 km, sabendo que parte dos pavimentos rodoviários foram construídos na década de 70 pelos próprios militares.

A cidade de Anápolis começou seu processo de pavimentação asfáltica antes do regime militar. De acordo com Fernandes Jr (1999), uma das características desse tipo de pavimentação, como a utilizada em Anápolis, é o fato de se deteriorar de forma mais lenta nos primeiros anos e à medida que sua vida de serviço vai chegando ao fim, sua taxa de deterioração vai se elevando cada vez mais.

Os tipos de patologias que podemos encontrar em pavimentos são:

A. Trincas por fadiga;

B. Trincas em blocos;

- C. Trincas nos bordos;
- D. Trincas longitudinais;
- E. Trincas por reflexão;
- F. Trincas transversais;
- G. Remendos;
- H. Painéis;
- I. Escorregamento do revestimento betuminoso;
- J. Deformação permanente nas trilhas de roda;
- K. Corrugação;
- L. Exsudação;
- M. Agregados polidos;
- N. Desgaste;
- O. Desnível entre pista e acostamento;
- P. Bombeamento;

Em suma, o estudo visa buscar compreender o comportamento dos pavimentos diante às falhas que causam patologias, conhecer seus processos de degradação e reconhecê-las na prática, para propor uma solução plausível, em meio às possibilidades.

1.1 JUSTIFICATIVA

No que se trata de um sistema de pavimentação, é fundamental estabelecer processos de manutenção e reabilitação, porém, mais do que escolher a intervenção ideal, é primordial garantir a perfeita execução dos serviços.

Conhecer as patologias e saber como saná-las de maneira eficiente é o que garantirá o melhor aproveitamento do tempo e dos recursos. Isto posto, a escolha do tema busca então apresentar os mais variados tipos de patologias, apresentando suas possíveis causas e principais consequências e as maneiras mais assertivas de tratá-las, identificando com precisão sua aplicabilidade conforme o caso.

O processo de gerenciamento do projeto, execução e manutenção do pavimento é tão importante quanto o resultado final da pavimentação. É ele quem vai garantir a maior prevenção de problemas e vai determinar prazos em que devem ser executados os processos de manutenção.

Em função da crise do petróleo, da extinção do FRN (Fundo Rodoviário Nacional) e dos progressivos cortes de investimentos na área da expansão rodoviária, a ênfase foi

gradualmente deslocada da construção para as atividades de recuperação e restauração, que seriam mais autossustentáveis (Manual de Restauração de Pavimentos DNIT 2006).

Portanto, é de fundamental importância conhecer os tipos possíveis de patologias que podem ocorrer no pavimento, suas causas, suas soluções e principalmente, como podem ser evitadas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O trabalho de pesquisa visa então elucidar a problemática acerca de pavimentação, tratando de problemas provenientes de fatores ligados ao uso (cargas, atrito e pressão) e de fatores ligados às variações climáticas, ilustrar através de um estudo de caso minucioso de um determinado trecho de pavimento na cidade de Anápolis e apresentar soluções viáveis que podem ser aplicadas de forma eficaz.

1.2.2 Objetivos específicos

O estudo irá avaliar as condições dos pavimentos por características específicas, onde será possível delimitar todos os aspectos causadores de patologias levantados antes de apresentar um laudo das patologias. Logo em seguida, baseado nesse estudo preliminar, apresentará um levantamento técnico do pavimento da Rua Dona Sandita, localizada na cidade de Anápolis identificando todas motivações e possíveis recuperações dos problemas encontrados.

1.3 METODOLOGIA

O desenvolvimento do presente trabalho se dará em duas etapas. A primeira é o referencial teórico que engloba toda a pesquisa realizada acerca dos tipos de pavimentos, sua composição, exemplos do seu uso, seguido por um levantamento dos tipos de patologias com possibilidade de ocorrência nos pavimentos, suas características e causas que possibilite entender seu comportamento para estabelecer as melhores práticas de correção desses problemas, assim como, formas de evitar que ocorram.

Numa segunda etapa do trabalho, tendo o embasamento teórico como referência, será elaborado um estudo de caso do pavimento da Rua Dona Sandita, localizada na cidade de Anápolis, onde se observará o tipo de pavimento utilizado, as patologias presentes no local, apresentar um laudo técnico das causas e propor uma sugestão para a recuperação do trecho.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 PAVIMENTAÇÃO

O pavimento é constituído de camadas elaboradas com agregados que, segundo DNER, MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, (1996) devem possuir características tecnológicas que assegurem a fácil distinção dos materiais, que compactados uniformemente nas camadas inferiores, possa garantir a resistência de forma eficiente às cargas que o pavimento precisará suportar.

Os aspectos a serem observados em relação aos agregados são:

- Granulometria;
- Forma;
- Absorção de água;
- Resistência ao choque e ao desgaste;
- Durabilidade;
- Limpeza;
- Adesividade;
- Massa específica aparente;
- Densidade real e aparente do grão.

O DNER, (1996) normatiza um ensaio de avaliação granulométrica do agregado com um índice chamado Índice de Forma, esse ensaio apresentará, conforme as formas e características do grão dos agregados, os índices de estabilidade em consequência do maior atrito interno obtido pelo entrosamento das partículas, da mais graúda à mais fina.

Também será avaliado nesse ensaio o índice de absorção, a resistência ao choque e ao desgaste e a durabilidade dos agregados em função das intempéries. Os testes são realizados também nos componentes da massa betuminosa, para garantir a boa adesividade entre as camadas, ou seja, certificar que não haja deslocamento da película betuminosa pela ação da água.

2.2 REVESTIMENTO ASFÁLTICO

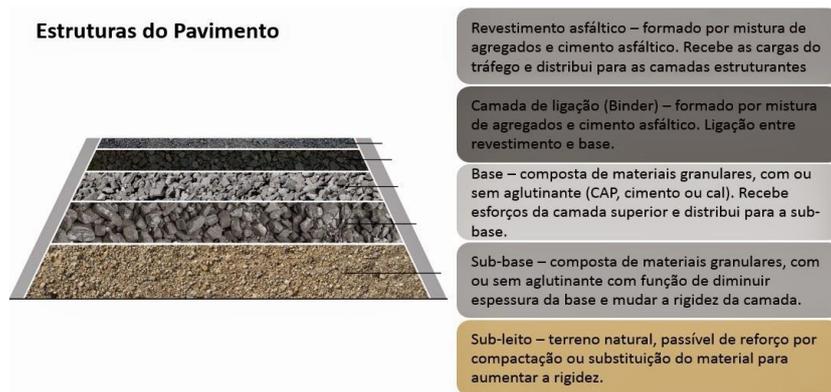
Segundo Nakamura (2011) o revestimento asfáltico em pavimentos flexíveis é uma das soluções mais utilizadas na construção e manutenção de vias urbanas, vicinais e de rodovias.

Segundo dados da Associação Brasileira das Empresas distribuidoras de asfalto (ABEDA), mais de 90% das estradas pavimentadas no Brasil são de revestimento asfáltico.

“O sistema de pavimentação é formado por quatro camadas principais: revestimento de base asfáltica, base, sub-base e reforço do subleito. Dependendo da intensidade e do tipo de tráfego, do solo existente e da vida útil do projeto, o revestimento pode ser composto por uma camada de rolamento e camadas intermediárias ou de ligação. Mas nos casos mais comuns, utiliza-se uma única camada de mistura asfáltica como revestimento.” (Nakamura, infraestrutura urbana, p. 16, 2011)

A figura 1 mostra como são dispostas as camadas desse pavimento e a figura 2 apresenta as diferenças entre os tipos de pavimentos existentes em relação a disposição das suas camadas

Figura 1 - Camadas do pavimento



Fonte: <http://asfaltodequalidade.blogspot.com.br> – acessado em 22 de maio de 2017

Figura 2 - Comparação entre os tipos de estrutura dos pavimentos



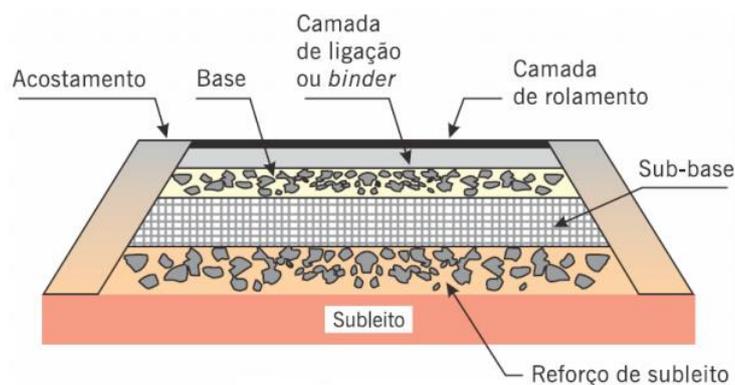
Fonte: www.der.pr.gov.br – acessado em 22 de maio de 2017

2.2.1 Pavimento Flexível

“São aqueles em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, por tanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas.” (NORMA DNIT 031/2006, p. 3 2006)

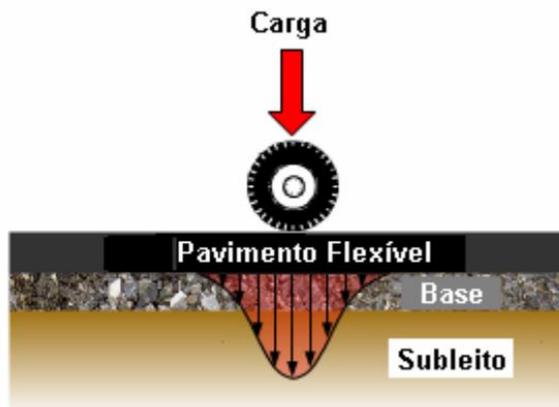
Esses pavimentos normalmente são constituídos de revestimentos betuminosos sobre camadas granulares e são consideradas as características geotécnicas dos materiais utilizados nas camadas. Sua capacidade de suporte de carga se dá em função da distribuição em camadas superpostas como mostram as figuras 3, 4 e 5.

Figura 3 - Camadas do pavimento flexível



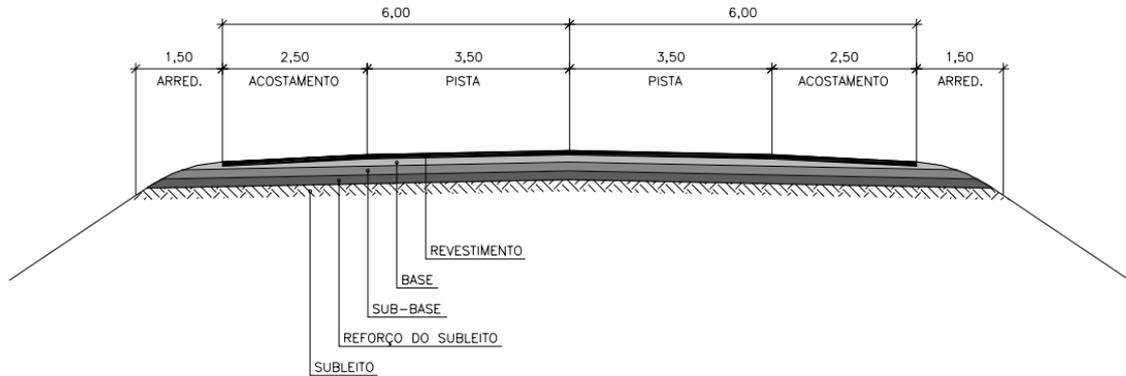
Fonte: Bianchi, Flávia Regina, Estudo comparativo entre pavimento rígido e flexível, 2008 p.03

Figura 4 - Comportamento do pavimento flexível em relação a carga



Fonte: www.dtt.ufpr.br/Pavimentacao/Notas/TextoComplementar.pdf - acessado em 19 de maio de 2017

Figura 5 - Seção típica de um pavimento flexível



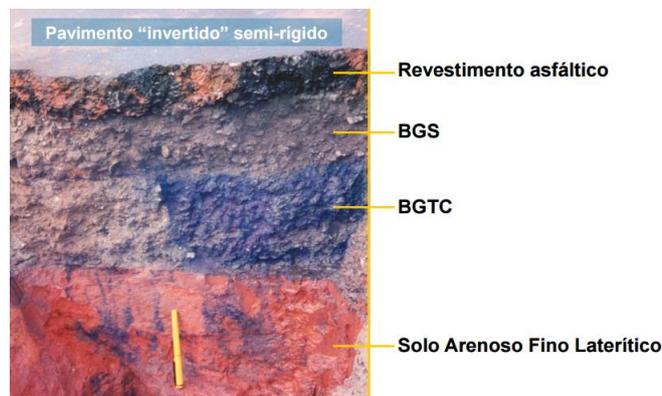
Fonte: Sousa, Maurício José, Patologia em pavimentos flexíveis, São Paulo, 2004 p. 32

2.2.2 Pavimento Semirrígido

“O pavimento semirrígido apresenta em sua camada de revestimento o próprio asfalto, sua base é composta de material cimentício e sua sub-base pode ser de material granular ou pode ser o próprio solo. A resistência a compressão axial mínima da base cimentada deverá ser de 4,6 MPa.” (SILVA, 2008, p.13) A figura 6 mostra as camadas do pavimento semirrígido onde é possível observar o comportamento de suas camadas.

“Pavimento semirrígido é constituído por revestimento asfáltico e camadas de base ou sub-base em material estabilizado com adição de cimento. O pavimento semirrígido é conhecido como pavimento do tipo direto quando a camada de revestimento asfáltico é executada sobre camada de base cimentada e do tipo indireto ou invertido quando a camada de revestimento é executada sobre camada de base granular e sub-base cimentada.” (DEP. ESTRADAS E RODAGENS - DIRETORIA DE ENGENHARIA – SP, p. 21, 2006)

Figura 6 - Pavimento semirrígido



Fonte: <http://www.dtt.ufpr.br/Pavimentacao/Notas/Basesesub-bases.pdf> – acessado em 19 de maio de 2017

2.2.3 Pavimento Invertido

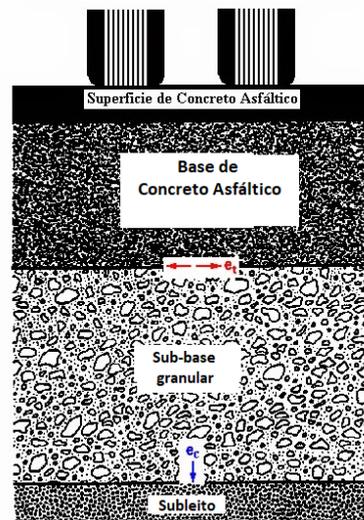
Quando a sub-base do pavimento é executada com material cimentício, ele recebe a nomenclatura de pavimento invertido e, nesse caso, essa é a camada responsável por absorver os esforços de tração. Na composição do pavimento invertido, a camada de revestimento é feita de asfalto e a base de material granular.

2.2.4 Deep Strength

Também conhecido como pavimento perpétuo esse é um tipo de pavimento projetado para suportar grandes cargas e em contrapartida, terem uma durabilidade muito maior que os tradicionalmente utilizados. De acordo com Grillo (2015), as pesquisas a cerca desse tipo de pavimentação começaram na década de 60 e pretendiam atender a demanda do aumento do tráfego que ocorreu nas décadas seguintes.

Nesse pavimento, como pode ser observado na figura 7, a camada de revestimento e a base são de asfalto e a sub-base de material granular ou solo.

Figura 7 - Pavimento Deep Strength



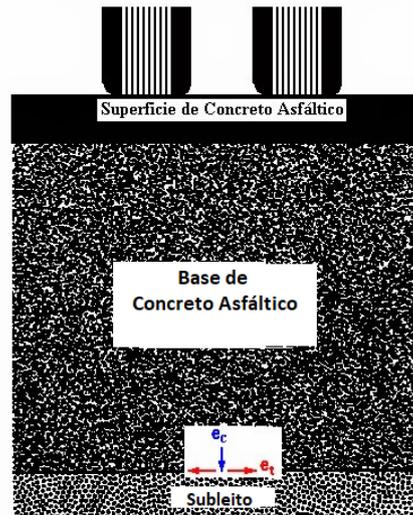
Fonte: Asphalt Institute's thickness Design Manual (MS-1)

2.2.5 Full Deep Strength

O pavimento full deep strength é uma evolução da técnica do anteriormente apresentado, deep strength como se pode observar na figura 8. Ambos buscam uma pavimentação com grande expectativa de vida.

“Pavimentos Full-depth são construídos colocando-se camadas de materiais asfálticos acima do solo (modificado ou não) ou da camada de Sub-base. Pavimentos Deep-strength consistem em camadas de materiais asfálticos sobre uma fina camada de base granular. Ambos os tipos de pavimentos permitem que engenheiros apliquem um pavimento que possua uma camada total mais fina do que no caso de pavimentos que utilizem camadas granulares grossas” (NEWCOMB; WILLIS; TIMM, 2002)

Figura 8 - Pavimento Full Deep Strength



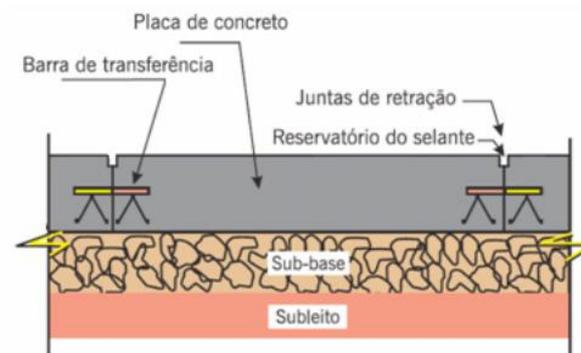
Fonte: Asphalt Institute's Thickness Design Manual (MS-1)

2.3 REVESTIMENTOS DE CONCRETO

Os pavimentos de concreto, conhecidos também como pavimentos rígidos, são pavimentos que conforme consta no Manual de Pavimentos Rígidos (DNIT 2005) são elaborados com concreto de cimento Portland, agregados graúdos, agregados miúdos, água, aditivos e selantes de junta e quanto a durabilidade, enquanto a dos pavimentos flexíveis é de 10 anos, os pavimentos rígidos duram 30 anos com a necessidade de intervenções mínimas de manutenção.

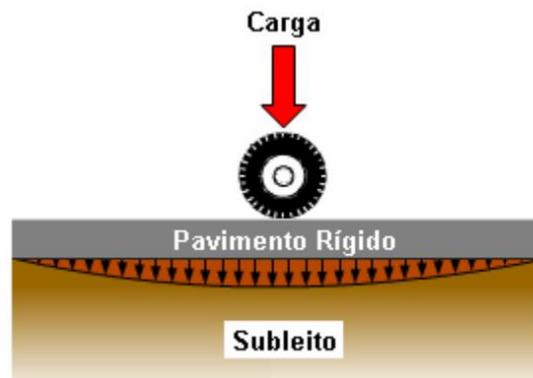
Segundo Loturco (2005) uma das principais diferenças tecnológicas entre pavimentos rígidos e flexíveis, é que enquanto os flexíveis transmitem às camadas subjacentes a carga de forma vertical e concentradas em um único ponto (conforme a figura 4), os pavimentos rígidos, devido à configuração das placas de concreto, tendem a atuar como uma ponte sobre o subleito, distribuindo dessa forma as cargas por uma área maior reduzindo assim a responsabilidade de absorção de impacto do solo. É possível observar na figura 9 a disposição das camadas nesse tipo de pavimento e na figura 10 como ele se comporta em relação às cargas aplicadas sob o mesmo.

Figura 9 - Camadas do pavimento rígido



Fonte: Bianchi, Flávia Regina, Estudo comparativo entre pavimento rígido e flexível, 2008 p.03

Figura 10 - Comportamento do pavimento rígido em relação à carga

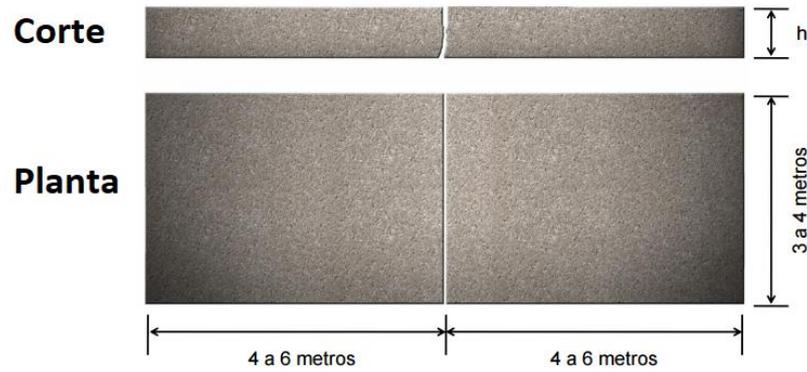


Fonte: www.dtt.ufpr.br - acessado em 19 de maio de 2017

2.3.1 Pavimento de concreto simples

Este tipo de pavimento, como mostra a figura 11 é definido na Norma NBR 7583 – Execução de pavimentos de concreto simples por meio mecânico, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o pavimento de concreto de cimento Portland no qual as tensões solicitantes são combatidas tão somente pelo próprio concreto e que não contém nenhum tipo de armadura distribuída, não se considerando como tal, eventuais sistemas de ligação, ou de transferência de carga entre as placas formadas pelas juntas longitudinais e transversais, nem armaduras de retração, também eventualmente exigidas pelo projeto e aplicadas em poucas placas isoladas de forma, tamanho ou função não usuais.

Figura 11 - Pavimento de concreto simples



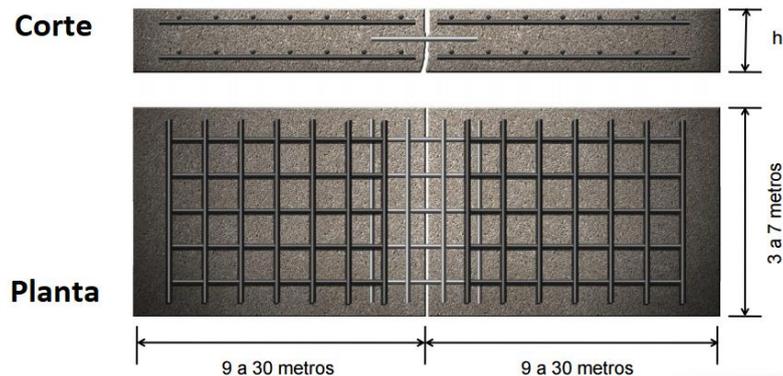
Fonte: www.dtt.ufpr.br - acessado em 19 de maio de 2017

2.3.2 Pavimento de concreto armado

Esse pavimento rígido de cimento Portland recebe armadura na parte inferior da placa para suportar tensões do tráfego e outra na parte superior da placa para combater esforços de retração e empenamento como mostra a figura 12.

Por ser uma tecnologia em pavimentação muito recente no Brasil, ainda é pouco utilizada apesar das vantagens que apresenta, como a redução a espessura da placa, o maior espaçamento entre as juntas e maior durabilidade já que não está sujeito à fadiga.

Figura 12 - Pavimento de concreto armado



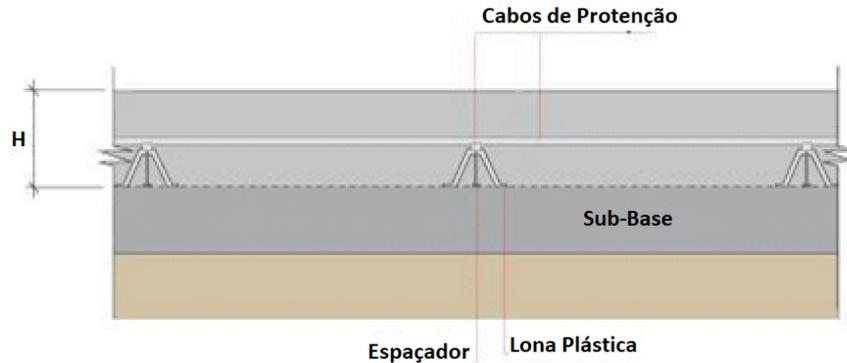
Fonte: www.dtt.ufpr.br - acessado em 19 de maio de 2017

2.3.3 Pavimento de concreto protendido

No pavimento rígido em concreto protendido, a resistência à tração é controlada pela protensão que comprime previamente o concreto criando nele uma reserva de tensão que permite uma redução sensível na espessura da placa.

Verificou-se que a maioria das recorrentes em pavimentos são provenientes de problemas com as juntas. Isto posto, o aludido pavimento traz como grande diferencial em relação às técnicas convencionais de construção, a possibilidade da incidência das juntas e elimina o perigo das fissuras.

Figura 13 - Pavimento de concreto protendido



Fonte: Cândido, Eduardo Souza, dimensionamento e técnicas construtivas, 2014 p. 19

2.4 PATOLOGIAS

Devido à maior incidência no território brasileiro do pavimento de revestimento asfáltico, o presente estudo terá enfoque em apresentar nesse momento as possíveis patologias recorrentes dessa tipologia de pavimentação para que se torne possível a detecção e compreensão da problemática existente no trecho da análise prática.

O Brasil possui hoje, além de inúmeros estudos realizados em âmbito acadêmico, diretrizes para a identificação de patologias em pavimentos e as possíveis/ideais formas de saná-lo, a exemplo tem-se o Manual de restauração de Pavimentos Asfálticos – DNIT (2006) em que se embasa a pesquisa à cerca de dados e levantamentos e que delimita o programa de ações baseado em normas técnicas brasileiras.

Ao se realizar o levantamento “in loco”, questionamentos relacionados à identificação e a forma de medição dos defeitos podem surgir. Vários manuais têm sido elaborados no intuito de criar um padrão de nomenclaturas, definições, conceitos e métodos de levantamento das patologias. Criado em 1987 pelo Congresso dos Estados Unidos, o SHRP – Programa Estratégico de Pesquisas Rodoviárias, busca estabelecer esses parâmetros para facilitar a ação de profissionais da área, o programa foi elaborado de forma colaborativa entre mais de 20 países incluindo o Brasil.

As patologias mais comuns a esse tipo de pavimento são divididas em:

- Deformação de superfície (corrugações e afundamentos);
- Defeitos de superfície (exsudação de asfalto e desgaste);
- Panela;
- Escorregamento do revestimento betuminoso;
- Trincas e fissuras (fendas)

2.4.1 Deformação de superfície

2.4.1.1 Corrugação

Características: também conhecidas como “costela de vaca”, são deformações plásticas que formam ondulações intervaladas em menos de 3 metros, transversais ao eixo na superfície do pavimento como mostra a figura 14, sua incidência é comum em rampas, subidas, curvas e intersecções.

Causas: podem estar relacionados à má execução e falha estrutural; instabilidade da mistura betuminosa; baixa resistência e/ou contaminação da massa asfáltica; dosagem errada de elementos na preparação da mistura; tensões cisalhantes horizontais causadas pelas ações de frenagem e aceleração de veículos na superfície.

Figura 14 - Corrugação



Fonte: <http://ipr.dnit.gov.br> - Acessado em 20 de maio de 2017

2.4.1.2 Afundamento/ Deformação permanente

Características: como mostrado na figura 15, são deformações plásticas que formam depressões longitudinais da superfície do pavimento com maior ocorrência nas trilhas de roda.

Causas: essas deformações estão associadas a ação repetitiva da passagem das rodas de automóveis que exercem cargas compactantes e endurecedoras da camada asfáltica; cisalhamento causado pelo enfraquecimento do revestimento devido à infiltração de água; camada de revestimento com espessuras insuficientes; compactação inadequada; no caso de afundamentos plásticos deformação de uma ou mais camadas do pavimento e/ou do subleito causando elevações ao longo dos lados do afundamento, de acordo com (SILVA, 2008) quando sua extensão for de até 6 metros é denominado “Afundamento Plástico Local – A.L.P.” e em casos onde a extensão for maior que 6 metros é denominado “Afundamento Plástico da Trilha – A.T.P.”; no caso de afundamentos de consolidação, ocorrem pela consolidação diferencial em camadas do pavimento e/ou subleito, quando sua extensão for de até 6 metros é chamado de “Afundamento de Consolidação Local – A.L.C.” e quando maiores que 6 metros, são denominados “Afundamento de Consolidação da Trilha – A.T.C.”

Figura 15 - Afundamento da trilha de roda



Fonte: <http://ipr.dnit.gov.br> - Acessado em 20 de maio de 2017

2.4.2 Defeitos da Superfície

2.4.2.1 Exsudação

Características: é quando há excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, gerando uma película ou filme que formam manchas de dimensões variadas (como na figura 16), comprometendo de forma severa a aderência do pavimento aos pneus.

Causas: ocorre devido a temperaturas elevadas e a ação repetitiva do tráfego, somando-se a erros na dosagem (excesso) de ligante betuminoso e/ou baixo índice de vazios da mistura, fazendo com que se expanda, transpondo o ligante para a superfície do revestimento onde se concentrará dando um aspecto brilhoso ao asfalto.

Figura 16 - Exsudação



Fonte: <http://ipr.dnit.gov.br> - Acessado em 20 de maio de 2017

2.4.2.2 Desgaste

Características: quando a superfície asfáltica apresenta aspereza anormal, tornando-a polida e gerando riscos de derrapagem que comprometem a segurança de seu uso. Em idades elevadas, pode ocorrer o arrancamento progressivo dos agregados observado na figura 17 em um estágio avançado do desgaste superficial.

Causas: falta de ligante, volatilização e oxidação asfáltica devido à ação abrasiva do tráfego; execução da obra em clima úmido; presença de água no interior do revestimento; problemas de execução como: falta de compactação, agregados inadequados (sujos, úmidos ou com baixa resistência). Caso a perda progressiva de agregados ocorra logo após a conclusão da

obra, é possível que tenha sido causado pelo superaquecimento da mistura na usina, ou pela falta do elemento ligante.

Figura 17 - Desgaste



Fonte: <http://ipr.dnit.gov.br> - Acessado em 20 de maio de 2017

2.4.2.3 Panela

Características: são cavidades ou buracos com dimensões e profundidades variadas que se formam no revestimento do pavimento podendo atingir sua base como mostra a figura 18. Essa patologia prejudica severamente a estrutura do pavimento e com isso as águas superficiais têm acesso ao interior da base. Outrossim, é muito prejudicial em relação ao ponto de vista funcional, uma vez que esse problema irá causar uma irregularidade longitudinal, interferindo na segurança do tráfego e no custo do transporte.

Causas: basicamente as panelas (buracos) são causadas pelos afundamentos, desgaste e principalmente pelo trincamento por fadiga em estágio terminal. Na medida em que as trincas de fadiga se desenvolvem, elas vão se interligando formando placas que, devido a junção de água e tráfego, serão arrancadas dando origem a buracos no pavimento. Por isso são nos meses chuvosos que as panelas tendem a se formar. Também podem ocorrer devido à má execução da drenagem durante a construção, a falta de ligante, baixa resistência das camadas superiores e revestimento asfáltico delgado.

Figura 18 - Panela

Fonte: <http://ipr.dnit.gov.br> - Acessado em 20 de maio de 2017

2.4.2.4 Remendo

Características: Segundo Bernucci, et al. (2008), remendo é um tipo de defeito apesar de estar relacionado a uma conservação da superfície e, como mostrado na figura 19, caracteriza-se pelo preenchimento de panelas ou de qualquer outro orifício ou depressão com massa asfáltica.

Causas: “Os remendos são considerados reparos de cunho local que devem ser executados em áreas caracterizadas por situações nitidamente diferenciadas em relação ao todo”. (DNIT, PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA, p. 36, 2010).

Figura 19 - Remendo

Fonte: Antônio Trivelin – Gazeta de Piracicaba 06/2017

2.4.2.5 Escorregamento do revestimento betuminoso

Características: é um movimento horizontal do revestimento asfáltico que gera trincas em forma de meia-lua causadas por esforços de tração das cargas de roda mais frequentes nos locais em que os veículos costumam frear e acelerar, como é visto na figura 20. Com o passar do tempo a capa asfáltica/revestimento irá escorregar, deixando as camadas inferiores do pavimento expostas. São mais frequentes em: “Rampas acentuadas (aclives ou declives), curvas horizontais de raio pequeno, interseções e próximo a paradas de ônibus ou obstáculos (lombadas ou sonorizadores)”. (MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, p.100, DNIT 2006)

Causas: O problema do escorregamento pode ser causado pela falta de limpeza entre a camada asfáltica e a camada do revestimento gerando uma ligação inadequada entre essas; em casos em que a espessura da camada asfáltica esteja muito reduzida, pode ocasionar uma inércia limitada do revestimento; em temperaturas elevadas podem ocorrer deformações plásticas permanentes; outra causa é a baixa aderência que resulta em deslizamento e a baixa resistência da massa que resulta em deformação.

Figura 20 - Escorregamento



Fonte: <http://ipr.dnit.gov.br/> - Acessado em 20 de maio de 2017

2.4.3 Trincas e fissuras (fendas)

As fendas são ranhuras ou rachaduras que ocorrem na superfície asfáltica comprometendo sua qualidade em diferentes níveis. Elas são classificadas em trincas ou fissuras em função de sua largura e podem ser ocasionadas por uma série de fatores. Para entender o comportamento dessas patologias, é preciso classificá-las por grupos característicos, como segue abaixo:

2.4.3.1 Trincas transversais

Características: De acordo com Paulo Fernando A. Silva, as trincas transversais são trincas isoladas e perpendiculares ao eixo, como na figura 21. Quando o comprimento da trinca for superior a 1 metro ela é chamada de Trinca Transversal Longa e quando inferior a 1 metro é chamada de Trinca Transversal Curta.

Causas: Podem ocorrer devido as movimentações térmicas (contração x dilatação) que causam reflexão nas juntas ou trincas subjacentes; ocorrem também devido a ação desgastante do tráfego ou em função de retração da camada asfáltica.

Figura 21 - Trincas transversais



Fonte: <http://ipr.dnit.gov.br> - Acessado em 20 de maio de 2017

2.4.3.2 Trincas por reflexão

Características: O fenômeno da reflexão de trincas consiste na propagação de juntas e trincas através da camada asfáltica, até que estas apareçam na superfície do pavimento como apresenta a figura 22. “Quando as trincas são refletidas, a resistência estrutural decresce, permitindo a entrada da água, que acelera o processo de deterioração do pavimento e aumenta os custos de manutenção” (LYTTON, 1898; *apud* PRIETO et al.,2007).

As trincas por reflexão, segundo Fernandes (1999) são recorrentes em recapeamentos ou pavimentos novos devido à contração da base.

Causas: A reflexão, como sugere Prestes (2001) ocorre como uma consequência do trincamento existente em uma das camadas subjacentes e se propaga rumo à superfície até

atingir a camada do revestimento asfáltico. Sendo assim, esse tipo de trinca pode se manifestar de diferentes formatos como longitudinal, irregular ou interligada.

A reflexão de uma trinca, conforme Haas e Ponniah, (1989) pode ser causada pela alternância dos ciclos térmicos, pela repetição das cargas exercidas pelo tráfego ou pela combinação de ambos. Já Bondt (2000), acredita que esse tipo de trinca possa ser causado também, por defeitos da construção e/ou movimentação irregular (horizontal e vertical) no solo e na camada do subleito.

Figura 23 - Trincas por reflexão



Fonte: Autores (2017)

2.4.3.3 Trincas longitudinais

Características: A figura 23, mostra trincas longitudinais. Segundo Silva (2008) são divididas em Trinca Longitudinal Longa (T.L.L) quando seu comprimento for maior que 1m e Trinca Longitudinal Curta (T.L.C) quando menor que 1m. “(São) Trincas predominantemente paralelas ao eixo do pavimento, localizadas internamente à pista de rolamento (nas emendas entre duas faixas “panos” asfaltadas)” (SHRP)

Causas: Má execução das juntas, reflexão de trincas existentes, assentamento da fundação, retração da camada de revestimento asfáltico ou até, pode significar, o estágio inicial de fadiga.

Figura 23 - Trincas longitudinais



Fonte: <http://ipr.dnit.gov.br/> - Acessado em 20 de maio de 2017

2.4.3.4 Trincas de bordo

Características: É um tipo de trinca que ocorre exclusivamente em vias onde o acostamento não é pavimentado como ocorre na figura 24. Conforme consta no Manual de Campo SHRP essas são trincas contínuas que tocam a borda do pavimento e ficam localizadas numa faixa de 0,6 m a partir da extremidade da borda.

Causas: São causas possíveis para a formação de trincas de bordo a compactação insuficiente das camadas inferiores, deficiências na drenagem e excesso de umidade no acostamento.

Figura 24 - Trincas de bordo



Fonte: <http://ipr.dnit.gov.br/> - Acessado em 20 de maio de 2017

2.4.3.5 Trincas em blocos

Características: Segundo o manual de defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos – terminologia em forma de norma (DNIT 005/2003) –, são conjuntos de trincas interligadas, com lados bem definidos que formam blocos (como mostra a figura 25) e podem ou não ter acentuação da erosão nas bordas.

Causas: As trincas em blocos, segundo Born (2014), podem aparecer em qualquer lugar, inclusive em locais com baixo teor de tráfego. Como sugere Marilez (2001), essas trincas surgem quando há o endurecimento e a contração térmica da camada de revestimento asfáltico e também podem ser causadas devido à contração das camadas de base quando tratadas com cimento ou com a utilização dos próprios solos tropicais sem tratamento.

Figura 25 - Trincas em blocos



Fonte: <http://ipr.dnit.gov.br> - Acessado em 20 de maio de 2017

2.4.3.6 Trincas por fadiga

Essas trincas, conforme a norma (DNIT 005/2003), são as chamadas “couro de jacaré” e são muito comuns na malha viária brasileira, são trincas interligadas de forma irregular e sem direções referenciais que criam um aspecto semelhante ao couro de jacaré e também podem ou não ter em suas bordas a acentuação da erosão.

Causas: “A fadiga resulta dum processo repetitivo de carregamento e descarregamento, dentro do limite elástico, a um nível de carga muito menor que aquele que o material pode suportar.” (CASTRO, PERY CESAR, p.27, 2009). Cada vez em que uma carga é aplicada no trecho ocasionará uma deformação elástica e uma recuperação total ou parcial desta deformação devido ao comportamento elástico de cada uma das camadas, a repetição

deste processo leva ao desgaste e envelhecimento do trecho que não responde mais da mesma forma, cedendo inicialmente com trincas de forma transversal e posteriormente com trincas no sentido contrário às existentes, interligando-se umas às outras deformando a camada asfáltica em formatos mosaicos conhecidos como couro de jacaré.

Figura 26 - Trinca por fadiga tipo "couro de jacaré"



Fonte: <http://ipr.dnit.gov.br> - Acessado em 20 de maio de 2017

2.4.3.7 Bombeamento

Características: “O bombeamento é o fenômeno de saída de água pelas trincas do pavimento, sob a ação das cargas do tráfego” (FERNANDES JR, p. 94, 1999)

Com a pressão exercida pelos pneus nas trincas é bombeado para a superfície do pavimento, água e materiais finos que formam uma espécie de lama fluida, como se pode observar na figura 27. O bombeamento por sua vez causa recalque diferencial na superfície formando novas trincas.

Causas: O bombeamento é causado devido a deficiência da drenagem das camadas inferiores do pavimento, onde o excesso de água reduz o teor de argila e causa a perda de coesão do solo, quando há a pré-existência de trincas na camada superior do pavimento, os atritos e pressões exercidos pelos automóveis pressionam o pavimento fazendo bombear a água acumulada e os materiais finos que formam uma lama, essa patologia é identificável através de manchas no asfalto.

Figura 27 - Bombeamento



Fonte: Eng. Dutra, Marcos apud. Ribeiro, Gabriella, p.16, 2016

3 ESTUDO DE CASO: APLICAÇÕES DE TÉCNICAS DE REPARAÇÃO DE PAVIMENTO NO MUNICÍPIO DE ANÁPOLIS

3.1 MANUTENÇÕES REALIZADAS

Tão importante quanto conhecer os problemas e a forma de recuperá-los, é buscar evitar que os mesmos ocorram. O (DNIT 2010) na intenção de garantir um plano estratégico que tenha um melhor custo benefício na aplicação dos recursos públicos, visto que manter o asfalto em boas condições é mais viável do que intervir várias vezes para recuperá-lo, criou o Manual de Gerência de Pavimentos. Já o (DNIT 2006) possui diretrizes para a execução das atividades restauradoras do pavimento no Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos. Ambos fazem parte da norma brasileira e devem ser utilizados no processo de manutenção dos pavimentos.

Para diagnosticar as patologias de um pavimento é necessário ter o conhecimento das causas dos defeitos, em seguida deve-se analisar os diversos níveis de severidade, que variam entre Baixo, Médio e Alto. A partir desta análise, determinamos o método de reparo adequado.

Segundo Silva (2008) as tensões atuantes em um pavimento podem ser causadas por:

- Variação de Temperatura;
- Variação de umidade relativa;
- Pequenos movimentos nas camadas subjacentes ou adjacentes;
- Tráfego

A manutenção do pavimento deve ser feita frequentemente com o propósito de deixar o pavimento em estado apropriado, trazendo aos usuários o devido conforto e segurança.

Existem dois tipos de manutenção para pavimentos flexíveis: Manutenção Preventiva e Manutenção Corretiva

A manutenção preventiva subentende aquela de controle e monitoramento do pavimento e tem como objetivo evitar o incidente de patologias bem como o início da deterioração do mesmo. Estas tarefas têm suas frequências determinadas devido os fatores de tráfego, climático e de topografia. São exemplos desse tipo de manutenção as selagens de trincas, manutenção da drenagem e camadas de selamento para evitar a entrada de água.

A manutenção corretiva, conforme apresenta o Manual do (DNIT 2006), é aquela que apresenta um conjunto de operações com o principal objetivo de reparar ou eliminar um defeito com suas consequências e restabelecer o funcionamento dos componentes da rodovia. Os

exemplos dessa manutenção são os remendos, recapeamento, tratamentos superficiais, reforço ou reconstrução do trecho.

Em visita à Secretaria Municipal de Obras, Serviços Urbanos e Habitação (SEMOSUH), no dia 20 de outubro de 2017, foram percebidas na pessoa do Engenheiro Civil ¹Fábio Maurício, responsável pelos projetos de pavimentação na Prefeitura de Anápolis, algumas informações acerca da pavimentação da cidade.

Conforme dados da SEMOSUH, o asfalto no território urbano da cidade de Anápolis é muito antigo, possui em torno de 30 a 45 anos, e que nos dias atuais a prefeitura não aderiu a qualquer sistema de gerenciamento do pavimento tampouco a trabalhos de manutenção preventiva, como por exemplo, a selagem. A ação mais comum da prefeitura é a de tapa buracos, com gastos em torno de 30.000 toneladas por ano (t/a) de massa asfáltica.

No ano corrente foram abertas licitações para a realização do recapeamento e do microrrevestimento com o intuito de tratar o rejuvenescimento e a pintura do asfalto. Corrigindo, portanto, apenas as patologias como pequenas fissuras.

Fábio aponta a drenagem como a principal dificuldade enfrentada por sua equipe nas questões da manutenção do asfalto. Apenas 40% do território anapolino possui rede de drenagem, sendo que a mesma é antiga e ineficiente. A questão do descarte incorreto do lixo também é um grande problema enfrentado pela prefeitura, visto que muitas pessoas descartam clandestinamente o lixo em locais inapropriados. Esse lixo é escoado na rede de drenagem e acaba gerando entupimentos. Outro transtorno recorrente é a própria manutenção do sistema de drenagem executada pelos profissionais da SANEAGO. Para se fazer reparos nas redes de drenagem, os servidores fazem o corte do pavimento (geralmente com 1,5m de profundidade) e realizam o serviço da forma prevista. Porém, no processo de fechamento desse corte não são observadas as formas adequadas de execução, uma vez que as patologias sempre aparecem devido a compactação ineficiente do local. Fato esse que podemos constatar no próprio trecho analisado no estudo de caso.

Ainda segundo dados da SEMOSUH, nos últimos seis anos, foi realizado apenas um contrato de recapeamento nas principais vias da cidade, sendo o serviço de tapa-buracos o único serviço realizado para recuperação asfáltica no município.

¹ Fábio Maurício Correa é Engenheiro Civil, especialista em Infraestrutura de Transportes e Rodovias e Mestre em Planejamento e Gestão Ambiental

3.2 DIAGNÓSTICO DO TRECHO ANALISADO – DENIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEVERIDADE E SELEÇÃO DE ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO

Anápolis é uma cidade do estado de Goiás, localizada a 59 km da capital do Estado (Goiânia) e a 154 km da capital federal (Brasília), o que faz com que sua localização seja considerada estratégica para o comércio e a indústria.

Sua fundação é datada em 31 de julho de 1907, e atualmente faz parte da rota nacional da indústria devido à produção do Distrito Agroindustrial de Anápolis (DAIA), com foco em seu polo farmacêutico, considerado o 3º maior do país.

O trecho eleito para a realização do estudo está localizado em uma área central da cidade de Anápolis, abrange a totalidade da Rua Dona Sandita que fica entre a Av. Fayad Hanna e a R. Xavier de Almeida, fazendo deste, um ponto nodal no tráfego de Anápolis, que interliga as regiões norte e nordeste ao centro da cidade. É um local de tráfego constante, de moderado a intenso (picos em horários específicos).

Foi realizada no trecho destacado, uma análise visual e o levantamento fotográfico que possibilitou compreender os tipos de problemas existentes do local. O estudo delimita-se ao levantamento *in loco* das patologias existentes e análise baseada nos conhecimentos previamente adquiridos na primeira etapa deste trabalho, em que a teoria foi guia para os ensaios práticos, abstendo-se então de realização de intervenção ou aprofundamento na causa destas patologias frente à falta de equipamento necessário que pudesse dar precisão a dados como esses.

A área analisada foi escolhida por apresentar uma diversidade de patologias em um espaço curto: 150,70m em sua seção longitudinal (Fig. 28) e 15,30m e sua seção transversal (Fig.29).

Figura 28 - Seção longitudinal da via



Fonte: Google Earth

Figura 29 - Seção transversal da via



Fonte: Google Earth

3.2.1 Identificação das patologias

Ao longo do trecho foram observadas oito patologias diferentes: deformação permanente; desgaste; panela; remendo; trinca couro de jacaré; trinca em bloco; trinca longitudinal e trinca transversal. As imagens de 30 a 48 mostram as patologias encontradas no local.

Figura 30 - Deformação permanente



Fonte: Autores (2017)

Figura 31 - Deformação permanente



Fonte: Autores (2017)

Figura 32 - Desgaste



Fonte: Autores (2017)

Figura 33 - Desgaste



Fonte: Autores (2017)

Figura 34 - Panela



Fonte: Autores (2017)

Figura 35 - Panela



Fonte: Autores (2017)

Figura 36 - Remendo



Fonte: Autores (2017)

Figura 37 - Remendo



Fonte: Autores (2017)

Figura 38 - Trinca couro de jacaré



Fonte: Autores (2017)

Figura 39 - Trinca couro de jacaré



Fonte: Autores (2017)

Figura 40 - Trinca em blocos



Fonte: Autores (2017)

Figura 41 - Trinças em blocos



Fonte: Autores (2017)

Figura 42 - Trincas longitudinais



Fonte: Autores (2017)

Figura 43 - Trincas longitudinais



Fonte: Autores (2017)

Figura 44 - Trincas transversais



Fonte: Autores (2017)

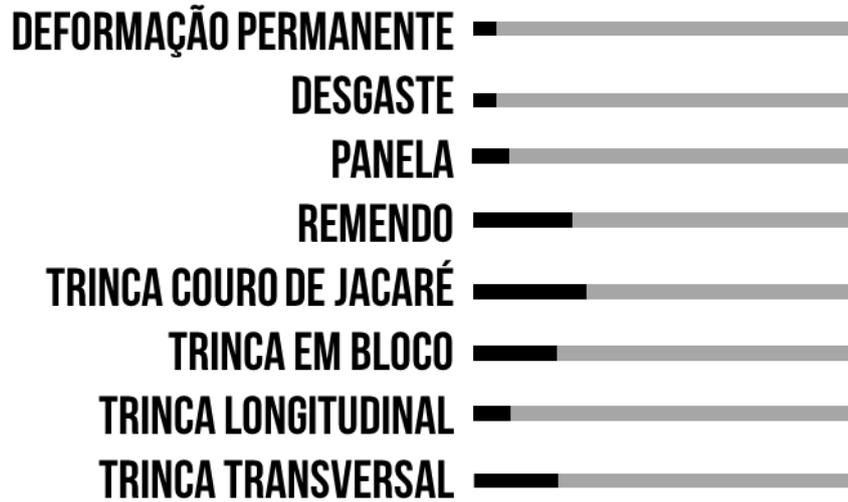
Figura 45 - Trincas transversais



Fonte: Autores (2017)

O gráfico abaixo mostra os níveis de ocorrência de cada uma em relação à área total da rua.

Quadro 1 - Ocorrência de patologias na área



Fonte: Autores

Ao longo deste estudo, o Manual do Programa SHRP (2006) foi usado como referência de dados e fatores de identificação das patologias. O quadro a seguir usa como base as diretrizes do Manual para apontar os níveis de severidade das patologias observadas no local bem como suas possíveis causas.

Quadro 2 - Identificação dos níveis de severidade e das causas das patologias no trecho (continua)

PATOLOGIA	CAUSA DAS PATOLOGIAS	NÍVEIS DE SEVERIDADE	AVALIAÇÃO <i>IN LOCO</i>
DESGASTE	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de ligante • Agregados inadequados (baixa resistência) • Envelhecimento, oxidação e endurecimento do revestimento 	<p>BAIXA: estágio inicial, com perda de agregados miúdos</p> <p>MÉDIA: textura superficial áspera, com perda de agregados miúdos e de alguns graúdos</p> <p>ALTA: textura superficial for muito áspera, com perda de agregados graúdos</p>	ALTA
TRINCA COURO DE JACARÉ	<ul style="list-style-type: none"> • Enfraquecimento estrutural devido às chuvas • Fadiga devido ao processo repetitivo de carregamento e descarregamento • Constante tráfego de veículos pesados 	<p>BAIXA: poucas trincas conectadas, sem evidência de bombeamento e sem erosão nos bordos</p> <p>MÉDIA: trincas conectadas e com os bordos levemente erodidos, porém sem evidência de bombeamento</p> <p>ALTA: movimentação dos blocos quando submetidos ao tráfego, trincas erodidas nos bordos e com evidências de bombeamento</p>	ALTA
TRINCA EM BLOCO	<ul style="list-style-type: none"> • Endurecimento e contração térmica da camada de revestimento asfáltico 	<p>BAIXA: trincas com abertura média abaixo de 6 mm ou obstruídas com material selante em boas condições</p> <p>MÉDIA: trincas com abertura média entre 6 e 19 mm ou com trincas aleatórias próximas com severidade baixa</p> <p>ALTA: trincas com abertura média maior que 19 mm ou trincas aleatórias próximas com severidade média a alta</p>	MÉDIA
TRINCA LONGITUDINAL	<ul style="list-style-type: none"> • Contração do revestimento asfáltico 	<p>BAIXA: trincas com abertura média abaixo de 6 mm ou obstruídas com material selante em boas condições</p> <p>MÉDIA: trincas com abertura média entre 6 e 19 mm ou com trincas aleatórias próximas com severidade baixa</p> <p>ALTA: trincas com abertura média maior que 19 mm ou trincas com abertura média inferior a 19 mm mas com trincas aleatórias próximas com severidade média a alta</p>	MÉDIA

Quadro 2 - Identificação dos níveis de severidade e das causas das patologias no trecho (conclusão)

PATOLOGIA	CAUSA DAS PATOLOGIAS	NÍVEIS DE SEVERIDADE	AVALIAÇÃO IN LOCO
PANELA	<ul style="list-style-type: none"> • Trincamento por fadiga em estágio terminal • Evolução devido à junção da drenagem insuficiente com a ação do tráfego 	<p>BAIXA: profundidade inferior a 25 mm</p> <p>MÉDIA: profundidade entre 25 e 50 mm</p> <p>ALTA: profundidade for maior que 50 mm</p>	MÉDIA
DEFORMAÇÃO PERMANENTE	<ul style="list-style-type: none"> • Enfraquecimento do revestimento devido à infiltração de água • Ação repetitiva da passagem das rodas dos automóveis (trilha de roda) 	<p>BAIXA: profundidade inferior a 13 mm</p> <p>MÉDIA: profundidade entre 13 e 25 mm</p> <p>ALTA: profundidade for maior que 25 mm</p>	MÉDIA
REMENDO	<ul style="list-style-type: none"> • Devido às necessidades de reparos no pavimento 	Registrar o nº de remendos e a área afetada (m ²) para cada nível de severidade.	04 REMENDOS ÁREA: 38,9 M²
TRINCA TRANSVERSAL	<ul style="list-style-type: none"> • Movimentações térmicas • Ação desgastante do tráfego 	<p>BAIXA: trincas com abertura média abaixo de 6 mm ou obstruídas com material selante em boas condições</p> <p>MÉDIA: trincas com abertura média entre 6 e 19 mm ou com trincas aleatórias próximas com severidade baixa</p> <p>ALTA: trincas portarem uma abertura média maior que 19 mm ou trincas com abertura média inferior a 19 mm mas com trincas aleatórias próximas com severidade média a alta</p>	MÉDIA

Fonte: Adaptada de SHRP (1993)

3.3 PROPOSTAS DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DAS PATOLOGIAS

O estudo, que não se limita a apenas elencar as patologias existentes em determinado trecho, apontará possíveis soluções, baseadas também em consultas à norma técnica e a experiências bem-sucedidas em outros locais, que não significam a única maneira correta de executar serviços de manutenção. As técnicas podem variar de um simples preenchimento das trincas (com emulsões asfálticas) à remoção total da área afetada. A sugestão de métodos de reparo observa a causa da deterioração visando, sempre que possível, eliminar o problema.

Segundo o DNIT (2010) um bom levantamento de defeitos deve:

- Identificar as seções que não necessitam de manutenção imediata;
- Identificar as seções que requerem apenas manutenção de rotina;
- Identificar e priorizar as seções que requerem manutenção preventiva;
- Identificar as seções que necessitam de reabilitação.

Apresentaremos a seguir algumas possibilidades de manutenção nos casos específicos das patologias encontradas no trecho.

As trincas couro de jacaré, são trincas ocasionadas pela fadiga do revestimento. Por apresentar um nível de severidade alta, a manutenção sugerida é o reparo permanente através do recapeamento, que, segundo DNIT (2010) é um reforço estrutural. No caso de tratamento superficial do revestimento, sugere-se a aplicação da lama asfáltica.

As trincas em blocos observadas no local apresentam um nível de severidade médio, por isso, terão como atividade reparadora a aplicação de capa selante que segundo Fernandes Jr (1999) seria uma emulsão asfáltica acompanhada por tratamento superficial e mais a lama asfáltica ou recapeamento delgado.

Tanto as trincas longitudinais como as trincas transversais terão como atividade de manutenção a limpeza das fissuras, aplicação de selante e, em seguida, lançamento de areia sobre o selante nas trincas que possuírem uma abertura entre 3 e 20 mm com o intuito de preenche-las.

As painelas têm como atividade de manutenção o remendo, considerado um reparo permanente, e logo após, deve ser feito o recapeamento. Porém, uma das principais causas dessa patologia é o acúmulo de água na superfície, o que pode indicar a precariedade ou ausência de um sistema eficiente de drenagem. Portanto, a sugestão é que se corrija a instalação do sistema de drenagem previamente e o recapeamento em seguida.

As deformações permanentes precisarão primeiro de um preenchimento com o concreto asfáltico. Logo em seguida, deverá receber o recapeamento espesso como reforço estrutural.

O desgaste no local, apesar de não aparecer muito em extensão, possui um nível de severidade alto. Nessa situação sugere-se a aplicação de lama asfáltica ou até mesmo um recapeamento delgado no local.

O remendo é um tipo de manutenção temporária, porém, por afetarem diretamente o tráfego e o conforto dos usuários, também são identificados como patologias. Devem ser utilizados em casos específicos e não se enquadram como um fator reabilitador do asfalto.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluídos os estudos individualizados das patologias existentes no trecho, suas causas e possíveis soluções, ante a tanta variedade de patologias em uma extensão relativamente pequena, é sugerido pelos autores a fresagem de todo o trecho e, logo após um recapeamento total da área. Nos locais em que as camadas inferiores dos pavimentos encontram-se danificadas, sugere-se a reconstrução do pavimento.

Entretanto, como é apenas uma simples sugestão dentre várias outras possíveis, fica proposto para um projeto futuro a realização de um trabalho acadêmico, o qual poderá ser estudado a viabilidade de uso de outras técnicas e materiais que ofereçam vantagens como maior durabilidade, maior aderência e segurança e que reduza a necessidade de reparações constantes.

Um modelo que vem sendo usado em outros países e que tem apresentado resultados positivos, podendo ser um objeto de estudo futuro, é o asfalto borracha que, conforme Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP), oferece em relação ao asfalto comum vantagens como, maior durabilidade – média de 40%, maior aderência, pavimento mais seguro e por fim a redução no consumo de massa asfáltica e no custo de manutenção.

Poderá ser estudado também a implantação do pavimento rígido que como exposto no Capítulo 2 do presente trabalho, oferece maior durabilidade em relação ao pavimento flexível e economia no custo para conservação pois são pequenas as necessidades de manutenção. Esse fator é muito importante pois o trecho está localizado em um ponto nodal do tráfego de Anápolis. Logo, quanto menos interrupções, melhor será o fluxo dos veículos naquele local.

A prefeitura de Anápolis, conforme dados da Secretaria Municipal de Obras, Serviços Urbanos e Habitação (SEMOSUH) não trabalha com manutenção preventiva (selagem, micro revestimento, lama asfáltica), porém há uma licitação aberta para que seja realizado o recapeamento. Devido à redução orçamentaria, foram disponibilizadas apenas 12000 toneladas de massa asfáltica para o ano corrente. Já para o ano de 2018 haverá a tentativa de abrir uma licitação com o objetivo de conseguir mais 50000 toneladas, que conforme dados de consumo dos anos anteriores, não serão suficientes.

Dito isto, fica clara a necessidade da realização de novos estudos que levem a uma solução financeiramente plausível e que eleve a qualidade da malha asfáltica não apenas no trecho analisado, mas em toda a cidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, MARIO HENRIQUE FURTADO, **Pavimentação**. Universidade Federal do Paraná, 2010

BIANCHI, FLÁVIA REGINA, **Estudo comparativo entre pavimento rígido e flexível**, 2008 p.03 – 09

BOEIRA, KARINA, **Recuperação e Reforço dos Pavimentos**, 2009 p. 12

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE (CNT), **Boletim Estatístico de 2016**.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGENS, 2017, São Paulo – SP.

DNER, **Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis**, Rio de Janeiro 1981

DNIT, **Manual de pavimentação**. Rio de Janeiro, 2006

DNIT, **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. Rio de Janeiro, 2006

DNIT, **Manual de Gerência de Pavimentos**. Rio de Janeiro, 2010

DNIT **Norma 005/2003 – TER**, Rio de Janeiro, 2003

FERNANDES JR., ODA, S & ZEBRINI, L.F.. **Defeitos e atividades de manutenção e reabilitação em pavimentos asfálticos**. Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo, 1999

GRILLO, ALEXANDRE HENRIQUE **Dimensionamento de um pavimento utilizando a técnica de pavimentação perpétua para um trecho da rodovia br-282/sc**. Florianópolis, 2015.

HAAS, PONIAH **Design oriented evaluation of alternatives for reflection cracking through pavement overlays**. 1989

LYTTON, 1898; FHWA, 2002; PRIETO et al.2007 **Comportamento de geotêxteis não tecidos impregnados com emulsão asfáltica usados como sistema anti-reflexão de trincas**.

MARQUES, GERALDO LUCIANO DE OLIVEIRA, **Pavimentação TRN032**. 2007

MEDINA, J. e MOTTA, L. M. G. 2005, **Mecânica dos Pavimentos**. 2ª edição, 570 p. Rio de Janeiro-RJ, Editora UFRJ.

MINISTÉRIOS DOS TRANSPORTES – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. DNER. Diretoria de desenvolvimento tecnológico – Sistema gerencial de pavimentos do DNER – **Instruções para atividade de Campo**, 1994

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, **Manual dos pavimentos rígidos**. Rio de Janeiro, 2004.

NEWCOMB; WILLIS; TIMM, **Perpetual asphalt pavements – a synthesis**. Atlânta – USA 2002

PRESTES, Marilez Pôrto **Métodos de avaliação visual de pavimentos flexíveis: um estudo comparativo**, 2001

SHRP, **Strategic Highway Research Program**, 2006-2015

SILVA, PAULO FERNANDO A. S. 2008, **Manual de patologia e manutenção de pavimentos** . 2ª edição. São Paulo – SP , Editora PINI

SOARES, Jorge B.; MOTTA, Laura M.G.; BERNUCCI, Liedi B.; CERATTI, Jorge A.P., **Pavimentação Asfáltica** – Formação básica para engenheiros, 3ªed, Rio de Janeiro – RJ, 2008

SOUSA, MAURÍCIO JOSÉ, **Patologia em pavimentos flexíveis**, São Paulo, 2004 p. 32