



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

Dennis Martins Ramos

**DETERMINAÇÃO DE PATOLOGIAS EM PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA NAS
AVENIDAS: Av. SERGIPE, Av. JOAQUIM AIRES, Av. DAS NAÇÕES UNIDAS EM
PORTO NACIONAL-TO.**

Palmas - TO

2017/2

Dennis Martins Ramos

**DETERMINAÇÃO DE PATOLOGIAS EM PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA NAS
AVENIDAS: Av. SERGIPE, Av. JOAQUIM AIRES, Av. DAS NAÇÕES UNIDAS EM
PORTO NACIONAL-TO.**

Projeto apresentado como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Esp. Euzir Pinto Chagas.

Palmas - TO

2017/2

DENNIS MARTINS RAMOS

**DETERMINAÇÃO DE PATOLOGIAS EM PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA NAS
AVENIDAS: Av. SERGIPE, Av. JOAQUIM AIRES, Av. DAS NAÇÕES UNIDAS EM
PORTO NACIONAL-TO.**

Projeto apresentado como requisito parcial da disciplina TCC II do Curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor Especialista Euzir Chagas

Aprovada em _____ de 2017

BANCA EXAMINADORA

Professor Esp. Euzir Pinto Chagas
Centro Universitário Luterano de Palmas

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

Professor Esp. Fernando Moreno Suarte Júnior
Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas-TO

2017/2

A minha família, principalmente meus pais Guiomar Ramos dos Santos e Adélia Martins de Moura Pinto Ramos, que sempre me apoiaram e deram todas as oportunidades para nós seus filhos estudarem e sempre estiveram presentes em minha vida para que alcançássemos os nossos objetivos e agora a tão esperada graduação que devo a eles.

AGRADECIMENTOS

À todos citados abaixo que me ajudaram ou incentivaram direta ou indiretamente nesta tão importante fase especial e difícil da minha vida por isso não posso deixar de agradecê-los:

Primeiramente a Deus, porque me fez ser humano saudável e capaz de buscar meus sonhos e minhas vitórias acreditando sempre na fé que ele me deu.

A minha namorada Letícia Rafalski, que esteve sempre comigo desde que comecei essa trajetória na Engenharia Civil, tentou sempre me ajudar como pôde, comemorou comigo quando alcancei meus êxitos, chorou comigo nos momentos de tristeza e me consolou quando algo não ocorreu como previsto, me deu forças para continuar de cabeça erguida sempre, e acreditando em mim quando nem eu acreditava.

Ao professor Euzir Pinto Chagas que teve paciência, me ajudou a entender bastante sobre o tema, por ter sido um ótimo orientador, que com muita dedicação, prontidão e apoio foi fundamental para que realizasse esse trabalho, no qual eu estava preocupado pelo TCC I não ter ido muito bem, mas ele me incentivou para que fosse dar tudo certo.

Aos meus familiares, como já falei antes meus pais, e minhas irmãs Sara e Alinne que não estávamos tão ligados por estarmos todos estudando em cidades diferentes, mas sempre me ajudaram quando precisei e elas fazem parte disso.

Aos meus amigos, que estiveram juntos e colaboraram bastante nesta longa caminhada: Wandyla, Sueleide Monteiro, Juan Lício, Bruna Lira, Ronaldo Japiassu Filho, Josephan Alburquerque e outros colegas que não citei mas me ajudaram e participaram comigo dessa longa trajetória.

Hoje é dia de ver, de se organizar. Não basta querer, tem que saber chegar. Então cê" pensa um pouco com esse mundo louco. Talvez não tenha outro dia não.

Rael da Rima

RAMOS, Dennis Martins. Monografia de Conclusão de Curso. **Determinação de patologias em pavimentação asfáltica em algumas das principais avenidas de Porto Nacional - TO: Av. Joaquim Aires; Av. Sergipe; Av. Gabriel José de Almeida e Av. das Nações Unidas.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação) – Curso de Engenharia Civil. Centro Universitário Luterano de Palmas/TO.

RESUMO

O presente trabalho objetivou apresentar dados e informações referentes a avaliação de patologias em pavimento asfáltico através do método Índice de Gravidade Global (IGG), que servirá de auxílio para possíveis manutenção e reabilitação do revestimento das pistas nas 3 avenidas estudadas na cidade de Porto Nacional-TO, por meio da utilização de aspectos técnicos que interferem na qualidade do pavimento nos quais será demonstrado no desenvolvimento do trabalho. Através de normas técnicas regulamentadoras do DNIT 005/2003 – PRO e DNIT 006/2003 - PRO, a avaliação foi realizada para possibilitar o conforto, segurança ao usuário e o aumento do tempo de vida deste revestimento asfáltico. Afundamentos na trilha de roda, desgaste, corrugação, panelas, remendos, trincas e outras patologias identificadas nas avenidas em estudo em Porto Nacional colocam em risco o deslocamento e, se não forem adequadamente resolvidos, podem se tornar irremediáveis, solicitando assim que o pavimento seja reconstruído em toda a sua estrutura. A análise da pesquisa teve resultados positivos para ser identificada de forma prática e técnica a qualidade dos pavimentos e manifestações patológicas nos mesmos. No geral nota-se que o pavimento asfáltico das 3 avenidas se encontra em um nível de conservação baixo em comparação com as normas estabelecidas para o cálculo do IGG, a avenida com maior nível de degradação segundo o cálculo do IGG é a Sergipe com IGG de 165,96 com o conceito péssimo. A avenida das nações unidas demonstrou um conceito de IGG ruim contabilizando 136,99 e demonstrando também uma quantidade significativa de manifestações patológicas na sua superfície. A avenida Joaquim Aires demonstra a mais conservada, pelo cálculo do IGG que obteve 64,50, e conceito regular. Com esses resultados foram demonstrados e estudadas as incidências patológicas para que, a partir das mesmas, se encontre possíveis causas e problemas para surgimento dessas patologias, como também tabelado prováveis formas de manutenção e reabilitação dos trechos avaliados.

Palavras-chave: Patologias. Pavimento asfáltico. Manutenção. Reabilitação.

RAMOS, Dennis Martins. Monografia de Conclusão de Curso. **Determinação de patologias em pavimentação asfáltica em algumas das principais avenidas de Porto Nacional - TO: Av. Joaquim Aires; Av. Sergipe; Av. Gabriel José de Almeida e Av. das Nações Unidas.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação) – Curso de Engenharia Civil. Centro Universitário Luterano de Palmas/TO.

ABSTRACT

The present work aimed to present data and information regarding the evaluation of pathologies in asphalt pavement through the Global Severity Index (IGG) method, which will serve as an aid to possible maintenance and rehabilitation of the lining of the runways in the 3 avenues studied in the city of Porto Nacional- TO, through the use of technical aspects that interfere in the quality of the pavement in which it will be demonstrated in the development of the work. Through the regulatory technical standards of DNIT 005/2003 - PRO and DNIT 006/2003 - PRO, the evaluation was carried out to allow comfort, safety to the user and increase the life time of this asphalt coating. Sinking wheel tracks, wear, corrugation, pans, patches, cracks and other pathologies identified in the avenues under study in Porto Nacional pose a risk of displacement and, if not adequately resolved, may become irremediable, thus requesting that the pavement be reconstructed throughout its structure. The analysis of the research had positive results to be identified in a practical and technical way the quality of the pavements and pathological manifestations in them. In general, it can be observed that the asphaltic pavement of the 3 avenues is in a low level of conservation in comparison with the norms established for the calculation of the IGG, the avenue with the highest level of degradation according to the calculation of the IGG is the Sergipe with IGG of 165,96 with the lousy concept. The avenue of the United Nations demonstrated a poor IGG concept accounting for 136.99 and also demonstrating a significant amount of pathological manifestations on its surface. The avenue Joaquim Aires shows the most conserved, by the calculation of the IGG that obtained 64.50, and regular concept. With these results the pathological incidences were demonstrated and studied so that, from these, possible causes and problems for the emergence of these pathologies, as well as probable ways of maintenance and rehabilitation of the evaluated sections were found.

Keywords: Pathologies. Asphalt pavement. Maintenance. Rehabilitation.

LISTA DE FIGURAS E QUADROS

FIGURA 1 - Pavimento Rígido	22
FIGURA 2 - Pavimento Semi-rígido	22
FIGURA 3 - Execução pavimento Semi-rígido	23
FIGURA 4 - Estrutura pavimento flexível	24
FIGURA 5 - Camadas do pavimento	25
FIGURA 6 - Afundamento de trilha de roda	29
FIGURA 7 - Corrugação ou Ondulação.....	30
FIGURA 8 - Desgaste	31
FIGURA 9 - Escorregamento	31
FIGURA 10 - Trinca Isolada -Transversal	32
FIGURA 11 - Trinca Interligada - Tipo Couro Jacaré	33
FIGURA 12 – Índice de serventia x vida útil do pavimento, custos da estratégia de manutenção e reabilitação	36
FIGURA 13 - Vista superior das Avenidas em estudo de Porto Nacional	51
FIGURA 14 – Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos	52
FIGURA 15 – Levantamento prático das estações nas Avenidas.....	57
FIGURA 15 - Fissura/fenda.....	63
FIGURA 16 – Trinca transversal curta.	64
FIGURA 17 – Trinca longitudinal longa	65
FIGURA 18 – Manifestação patológica, trincas couro de jacaré sem erosão.	66
FIGURA 19 – Afundamento plástico localizado e desgaste.	67
FIGURA 20 - Afundamento por consol. Localizado e buraco/panela.	68
FIGURA 21 - Afundamento plástico na trilha de roda, e escorregamento.....	69
FIGURA 22 - Afundamento por consolidação na trilha de roda.....	70
FIGURA 23 - Corrugação / ondulação	72
FIGURA 24 – Desgaste/ polimento.	74
FIGURA 25 – Desgaste/ polimento	74
FIGURA 26 - Buraco/Panela.	76
FIGURA 27 – Remendo	77
FIGURA 28 – Escorregamento do revestimento betuminoso.....	78
FIGURA 29 - Exsudação	79

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Evolução da rede rodoviária federal e estadual em (km)	20
TABELA 2 - Descrição camadas pavimento	25
TABELA 3 - Quadro de causas e níveis de degradação.....	38
TABELA 4 – Resumo dos defeitos- Codificação e classificação.....	40
TABELA 5 – Inventário do estado da superfície do pavimento (MODELO)	43
TABELA 6 – Valor do Fator de ponderação.....	44
TABELA 7 - Planilha de cálculo do IGG	47
TABELA 8 - Conceitos de degradação do pavimento em Função do IGG.....	48
TABELA 9 – Características das avenidas a serem estudadas.....	51
TABELA 10 – Inventário do estado de superfície do pavimento – Avenida Sergipe	58
TABELA 11 - Planilha de cálculo do IGG – Avenida Sergipe.....	59
TABELA 12 – Inventário do estado de superfície do pavimento – Avenida das Nações Unidas.....	60
TABELA 13 - Planilha de cálculo do IGG – Avenida das Nações Unidas.....	61
TABELA 14 – Inventário do estado de superfície do pavimento – Avenida Joaquim Aires...	60
TABELA 15 - Planilha de cálculo do IGG – Avenida Joaquim Aires	61
TABELA 16 - Quadro de causas e níveis de degradação.....	62
TABELA 17 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.....	64
TABELA 18 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.....	65
TABELA 19 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.....	66
TABELA 20 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.....	67
TABELA 21 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.....	68
TABELA 22 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.....	69
TABELA 23 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.....	70
TABELA 24 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.....	71
TABELA 25 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.....	73
TABELA 26 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.....	75
FIGURA 26 - Buraco/Panela.	76
TABELA 27 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.....	76
TABELA 28 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.....	77
TABELA 29 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.....	78
TABELA 30 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.....	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALC	Afundamento de Consolidação Local
ALP	Afundamento Plástico Local
ATC	Afundamento de Consolidação de Trilha
ATP	Afundamento Plástico de Trilha
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
D	Desgaste
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
E	Escorregamento do Revestimento Betuminoso
ESP	Espessura
EX	Exsudação
FC-1	Trincas de classe 1
FC-2	Trincas de classe 2
FC-3	Trincas de classe 3
FI	Fissura
IGG	Índice de Gravidade Global
IGI	Índice de Gravidade Individual
J	Trinca Tipo Couro de Jacaré, sem erosão
JE	Trinca Tipo Couro de Jacaré, com erosão
M e R	Manutenção e reabilitação
O	Corrugação (ondulações transversais)
P	Panela
PMF	Pré-Misturado a Frio
PMQ	Pré-Misturado a Quente
VER	Revestimento
SGP	Sistema de Gerenciamento de Pavimento
TB	Trinca Tipo Bloco, sem erosão
TBE	Trinca Tipo Bloco, com erosão
TLC	Trinca Longitudinal Curta
TLL	Trinca Longitudinal Longa
TSD	Tratamento Superficial Duplo
TSS	Tratamento Superficial Simples
TST	Tratamento Superficial Triplo

TTC	Trinca Transversal Curta
TTI	Trinca Transversal Longa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	15
1.2 HIPÓTESE	15
1.3 OBJETIVOS	16
1.3.1. Objetivo Geral	16
1.3.2 Objetivos Específicos	16
1.4 JUSTIFICATIVA	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 PAVIMENTAÇÃO: CONTEXTO HISTÓRICO	18
2.1.1 Pavimentação no Brasil	19
2.2 CONCEITO E CARACTERÍSTICAS DA PAVIMENTAÇÃO	20
2.3 PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	28
2.4 DEFINIÇÕES DE INTERVENÇÕES NOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS.....	33
2.4.1 Manutenção	33
2.4.1.1 Manutenção Preventiva.....	34
2.4.2 Reabilitação	34
2.4.2.1 Reforço Estrutural	34
2.4.2.2 Restauração	35
2.5 CLASSIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO ..	35
2.5.1 Atividades de Manutenção	36
2.5.2 Atividades de Reabilitação	37
2.6 ESTUDO DA AVALIAÇÃO OBJETIVA DA SUPERFÍCIE PELO MÉTODO IGG .	38
3 METODOLOGIA	49
3.1 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA.....	51
3.2 DEMARCAÇÃO DAS SUPERFÍCIES DE AVALIAÇÃO	52
3.3 PATOLOGIAS OBSERVADAS NA AVALIAÇÃO	53
4 RESULTADOS E DISCURSÕES	57
4.1 LEVANTAMENTO DAS AVENIDAS E RESULTADOS DE IGG.....	57
4.2 PROVÁVEIS CAUSAS E OPÇÕES DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DAS PATOLOGIAS.....	62
5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES FINAIS	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

ANEXOS	86
---------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

O revestimento asfáltico na composição de pavimentos flexíveis é uma das soluções mais tradicionais e utilizadas na construção e recuperação de rodovias e vias urbanas. Segundo dados da Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto (Abeda), mais de 90% das estradas pavimentadas nacionais são de revestimento asfáltico, que é o tipo de revestimento no qual será estudado nessa pesquisa. O principal objetivo da pavimentação é que o tráfego funcione com segurança em todo e qualquer momento, independente das condições ambientais, climáticas. Como o solo natural não consegue suportar o tráfego intenso sem que se deteriore, são necessárias as estruturas denominadas pavimento, para que desse modo sejam suportadas as grandes cargas de veículos.

Nesse contexto, pode-se afirmar que a falta de manutenção periódica nas vias geram consequências como o aumento do número de acidentes e uma redução da vida útil, dentre outros problemas que afetam diretamente os usuários, visto que na maioria das vezes não passam por um processo de recuperação preliminar, evitando sua total degradação. A falta de manutenção das vias oferecem condições ruins de trafegabilidade, falta de segurança e desconforto para os usuários, bem como riscos para os nelas trafegam, necessitando assim de intervenções para que não comprometa a função estrutural e funcional destes pavimentos.

Nessa pesquisa busca-se apontar as patologias existentes em 3 das principais avenidas na cidade de Porto Nacional que fica à 64 km da capital Palmas, possui cerca de 70 mil habitantes, e após ser feito a identificação destas falhas no pavimento e condições das pistas, apontar possíveis soluções com base no caderno de normas e procedimentos do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

A cidade de Porto Nacional é uma cidade antiga com 279 anos de fundação e 155 anos de emancipação, e teve seu crescimento tardio, que se desenvolveu principalmente nos últimos 30 anos, por causa da capital Palmas ser próxima e trouxe empresas, instituições e conseqüentemente mais circulação de veículos. Suas ruas e avenidas não foram de fato planejadas, algumas sim por ter sido criado novos bairros, porém na sua maioria são vias antigas algumas sendo até estreitas comprometendo dificuldade de tráfego. A cidade possui condições climáticas que, variam durante todo o ano (umidade, temperatura e chuva), estando o pavimento asfáltico exposto às diversas intempéries, e intensidades a ação do tráfego, onde se

percebe que, a capa asfáltica dessas pistas de rolamento sofrem com o desgaste precoce e envelhecimento constante, tornando o pavimento mais vulnerável a manifestações patológicas, podendo ser por falhas no processo de execução, quando não efetuado um plano de conservação e manutenção periódica, e há deficiência de drenagem urbana, sem falar nos revestimentos que uma grande parte foi feita sem projeto, sobre solo mau estudado e com má execução, promovendo manutenção intensa frequentemente em grande parte das vias, e vale comentar que vários revestimentos foram feitos sobre blocos intertravados(algumas pistas estão até hoje com esse revestimento).

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

As vias de tráfego urbano, mesmo bem projetadas e construídas necessitam de manutenção para que apresentem bons desempenhos ao longo de sua vida útil, o que influencia diretamente no desenvolvimento da economia, pelo fato de ser o principal meio de transporte (terrestre), pois as más condições das vias aumentam os custos de manutenção e os operacionais. Como podemos analisar a qualidade de pavimentos asfálticos, identificando os problemas nos mesmos e indicar medidas para manutenção e reabilitação?

1.2 HIPÓTESE

- A falta de manutenção das vias de rodagem públicas construídas, sobretudo por revestimento asfáltico e associadas ao aumento do tráfego acarretam em problemas patológicos.
- Problemas gerados na pavimentação causam insegurança, riscos e desconforto aos usuários. A partir da classificação dos tipos de patologias identificadas, é necessário que se faça uma avaliação para a escolha do tratamento adequado para cada situação.
- Tratamentos de manutenção e reabilitação têm por finalidade a reestruturação dos pavimentos que sofreram danos devido ao uso, restaurando o pavimento de modo que seja aceitável pelas normas, a sua utilização.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo Geral

Realizar a avaliação objetiva de pavimentos flexíveis, aplicando o método de Índice de Gravidade Global (IGG) em pavimento flexível, com levantamento feito em três avenidas na cidade de Porto Nacional, apontar prováveis causas das manifestações patológicas encontradas, e possíveis formas de manutenção e reabilitação das vias estudadas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar as patologias no pavimento flexível das pistas encontrados nas 3 avenidas escolhidas na cidade de Porto Nacional-TO;
- Aplicar o procedimento de avaliação objetiva da superfície pelo método do IGG do pavimento das avenidas em questão, segundo a norma DNIT 006/2003 – PRO.
- Relatar os possíveis problemas e causas das manifestações patológicas encontrados na pavimentação.
- Indicar as possíveis procedimentos de manutenção e reabilitação do pavimento estudado.

1.4 JUSTIFICATIVA

Porto Nacional, cidade que fica próximo da capital Palmas, com pouco mais de 70 mil habitantes há incidência muito grande de tráfego em suas vias e rodovias estaduais que passam pela cidade, como também em suas principais avenidas. O pavimento asfáltico de Porto Nacional sofre alterações em sua composição física no verão, pela temperatura elevada, assim acarretando amolecimento e com a presença diária do tráfego, surgem as patologias de natureza mecânica, química e física, e decorrentes desses desgastes ocorrem mudanças geralmente mais aparente no revestimento superficial.

As manifestações patológicas podem ser observadas nessas avenidas principalmente pela a ausência de drenagem e a presença contínua das cargas do tráfego, que exercem pressões sobre o pavimento. Além da variação climática, os

materiais que compõem o revestimento asfáltico, infelizmente possuem vida útil de projeto, posteriormente pode perder suas composições físicas e de resistência, gerando problemas nos revestimentos, e percebe-se que em época de chuva esses problemas de falta de drenagem aparecem mais e o número de patologias nas pistas aumenta consideravelmente.

A avaliação objetiva do pavimento flexível através do método Índice de Gravidade Global (IGG) torna-se uma solução viável economicamente pela aplicação rápida e prática, desta forma buscando minimizar os problemas quantitativos e qualitativos da deterioração do pavimento e definir qual melhor método a ser utilizado para recuperação dos pavimentos.

Dessa forma, o trabalho se justifica pela importância da avaliação realizada como forma de apontamento de possíveis soluções para os pavimentos acometidos pelas patologias encontradas. Para os acadêmicos do curso de engenharia civil o presente estudo servirá de base para a complementação e aprofundamento nessa temática, que vem a ser um enfrentamento diário na rotina de engenheiros que atuam nesse ramo. Como futuro profissional e por já trabalhar nessa área da engenharia, o estudo serviu como aprendizado intenso por ser a área de maior preferência do autor.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PAVIMENTAÇÃO: CONTEXTO HISTÓRICO

Durante muito tempo, o homem, objetivando a obtenção de melhorar o acesso as fontes de madeira, as áreas cultivadas, rochas e minerais, bem como a expansão de fronteiras, criou o que denomina-se atualmente de estradas e acredita-se que é originária da China. Após um longo tempo, os romanos aperfeiçoaram as estradas e acrescentaram drenagens e pavimentos fazendo com que ficassem mais duradouras e resistentes (MOURA FILHO, 2013).

Nesse sentido, Bernucci *et al* (2006) ressaltam ao estudar a história da pavimentação a mesma vincula-se a história da humanidade, perpassando tanto conquistas territoriais, o povoamentos dos continentes, o intercâmbio comercial, religioso e cultural quanto a urbanização e o desenvolvimento.

Esses elementos estão presentes desde o homem histórico, pois a pavimentação apresenta-se como uma forma viável para duração das estradas, mesmo em trabalhos que não envolvem veículos de rolamento necessariamente (MOURA FILHO, 2013).

Para Moura (2014) é chamado de revestimento asfáltico a camada superior responsável pela resistência das ações do tráfego para serem transmitidas de maneira uniforme para as camadas inferiores, com isso, objetivando a impermeabilização do pavimento, além de tornar melhor as condições de conforto, segurança e rolamento.

Para Balbo (2007), as estradas representam grandes fontes tanto de poder quanto de desenvolvimento no decorrer da história e se destacam as aplicações religiosas, comerciais e militares. Assim, as primeiras técnicas em relação a pavimentação surgem em detrimento do crescimento urbano, e considera-se suas extensões, impactos sociais também seus objetivos, devendo-se atribuir o modo de vida urbano.

A partir do desenvolvimento de veículos motorizados a pavimentação toma um novo rumo na história. De modo que em 1870, fora construído o primeiro pavimento de revestimento asfáltico EUA. Em meados de 1890 também teve – uso do pavimento de revestimento de concreto o qual passou a ser utilizado acentuadamente em muitas regiões da Europa (MOURA FILHO, 2013).

2.1.1 Pavimentação no Brasil

No Brasil a construção de estradas e ruas revestidas inicia-se de modo efetivo com uso de material betuminoso a partir dos anos 50, e isso ocorreu com a implantação da primeira refinaria de petróleo pela lei aprovada, em 1953, por Getúlio Vargas, a Refinaria Presidente Bernardes em Cubatão/SP (RPBC). Pode-se dizer que a data da inauguração da (RPBC) como o evento que marca inicialmente a pavimentação asfáltica brasileira. Assim, anteriormente, pouquíssimas rodovias pavimentadas com uso de material betuminoso eram construídas com asfaltos trazidos de fora do país, do tipo natural. Desse modo, as técnicas usadas na época limitavam-se ao tratamento superficial e ao macadame betuminoso (ZAGONEL, 2013).

Segundo Cordeiro (2006), a malha rodoviária no Brasil apresentou grande expansão nas décadas de 60 e 70 e nesse período, cerca de 20% do total de gastos do setor público destinou-se à construção e manutenção de estradas. No final da década de 70, com o grande volume de tráfego, a rede rodoviária deu sinais de exaustão. Em seguida, nas décadas de 80 e 90 a deterioração das rodovias cresceu, sendo necessárias intervenções como restauração e/ou reforço do pavimento. Com o início das privatizações, em meados dos anos 90, as empresas concessionárias, junto aos distribuidores de asfaltos, buscaram novas técnicas e priorizaram os custos, investiram em pesquisas para modificar o tipo de asfaltos e introduziram novas técnicas, que há muito eram utilizadas no exterior.

Pode-se afirmar que o Brasil teve um lento e tardio crescimento em relação a sua malha pavimentada se comparado a outros Países, todavia, apesar da pequena porcentagem de rodovias pavimentadas, o Brasil tem apresentado um certo crescimento de tráfego de veículos nas estradas de 3% ao ano e chegando a 6% em algumas regiões. Pode-se afirmar que nos últimos anos o Brasil voltou a apresentar um acentuado crescimento na ampliação da extensão das vias pavimentadas, e nas duplicações das melhorias de serviços de manutenção de modo geral (SILVA, 2011).

Bernucci *et al* (2006) ilustram que de fato houve no país em relação aos investimentos na área de infra-estrutura, sobretudo em relação a pavimentação um grande atraso, Comparando-se então, em 1998 o consumo de asfalto por ano nos Estados Unidos chegava a 27 milhões de toneladas, ultrapassando 33 milhões em

2005. E no Brasil, essa marca foi atingida somente nos últimos 2 anos. Considerando-se que os dois países têm áreas semelhantes, de 9,8 e 8,5 milhões de km², respectivamente, é evidente a condição precária de desenvolvimento do Brasil neste sentido. Abaixo segue uma tabela que ilustra Evolução da rede rodoviária federal e estadual (km).

TABELA 1 - Evolução da rede rodoviária federal e estadual em (km)

Ano	FEDERAL			ESTADUAL		
	Pavimentada	Não-pavimentada	Total	Pavimentada	Não-pavimentada	Total
1970	24.146	27.394	51.540	24.431	105.040	129.471
1975	40.190	28.774	68.964	20.641	86.320	106.961
1980	39.685	19.480	59.165	41.612	105.756	147.368
1985	46.455	14.410	60.865	63.084	100.903	163.987
1990	50.310	13.417	63.727	78.284	110.769	189.053
1993	51.612	13.783	65.395	81.765	110.773	192.538
2003	57.143	14.049	71.192	84.352	111.410	195.762
2005	58.149	14.651	72.800	98.377	109.963	208.340
2007	61.304	13.636	74.940	106.548	113.451	219.999

Fonte: BERNUCCI *et al.* (2006).

Em 1996, inicia-se no Brasil o programa de concessões, de modo que tem apresentando qualidade superior em relação às vias não-concessionadas, isso significa que existe tecnologia suficiente no país para produção de vias duráveis e de grande conforto quanto ao rolamento. Em meados de 2007 as malhas concedidas nas esferas municipais, estaduais e federais chegavam a 9.500 km. Hoje, o governo federal, preocupando-se com o desenvolvimento da infraestrutura dos transportes do País, investe grandes quantidades de recursos nas obras de implantação, duplicação e manutenção da malha rodoviária federal, o que contribui para a melhoria de transportes rodoviários no país (ZAGONEL, 2013).

2.2 CONCEITO E CARACTERÍSTICAS DA PAVIMENTAÇÃO

Segundo DNIT (1994), pode-se definir pavimentação como a estrutura construída após a terraplenagem, e destinada a distribuir e resistir o subleito os esforços verticais advindos dos veículos, melhorar as condições de rolamento em

relação ao conforto e segurança e a resistência dos esforços horizontais tornando assim, mais durável a superfície e o rolamento e uma definição maior seria: pavimento é uma estrutura constituída de diversas camadas e materiais em um espaço semi-infinito construída para resistir as solicitações das cargas repetidas e itinerantes e ações do ambiente no horizonte temporal do projeto.

Nesse contexto, Zagonel (2013) resume que o pavimento constitui-se de multicamadas de espessuras constantes de modo transversal ao eixo da estrada. Assim, a estrutura do pavimento é submetida às tensões e as deformações derivadas das condições ambientais e do tráfego. Em relação ao dimensionamento da estrutura do pavimento, esse deve ser compatibilizado com a resistência de cada material usado nas camadas e no terreno de fundação o subleito.

Para Maia (2012), os pavimentos são divididos em flexíveis, rígidos e semi-rígidos. Os pavimentos flexíveis as camadas são constituídas de materiais deformáveis que degradam pouco quanto as solicitações. Estes pavimentos exigem espessuras maiores para redução das tensões, ao nível da fundação, para valores admissíveis pelo solo.

Nesse sentido, Marodin (2010) reitera que essa classificação ocorre da seguinte forma:

Flexíveis: Caracterizam-se pelo fato de que todas as camadas sofrem deformações elásticas significativas com a aplicação de carga. São executados tipicamente com base de brita revestida com camada asfáltica.

FIGURA 1 - Pavimento Rígido



Fonte: SEOANE (2014).

Semi-rígidos: Caracterizam-se pela camada de base ser utilizada com algum tipo de aglutinante com propriedades cimentícias, como camada de solo-cimento revestida por uma camada de asfalto. Os pavimentos semi-rígidos são na verdade a junção dos dois tipos de pavimentos já descritos com a camada superior composta por materiais betuminosos e suas camadas subjacentes normalmente compostas de materiais com ligantes hidráulicos, tendo o conjunto deformação reduzida (MINHOTO, 2005).

FIGURA 2 - Pavimento Semi-rígido



Fonte: ANDRADE (2011).

Rígidos: São compostos basicamente de camada de revestimento à base de lajes de concreto e de cimento Portland. As tensões vindas do carregamento são absorvidas nesta camada.

FIGURA 3 - Execução pavimento Semi-rígido



Fonte: CICHINELLI (2015).

Desse modo, o pavimento possui as seguintes camadas: revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e subleito, de modo que este último a fundação faz parte da estrutura (ZAGONEL, 2013).

Os pavimentos flexíveis dividem-se em camadas para diminuir a espessura e, também, os gastos com materiais mais nobres e mais caros, como por exemplo, a camada de revestimento. Conforme seja o caso, o pavimento poderá não possuir a camada de sub-base ou de reforço; com isso, a existência de revestimento e fundação (subleito) são condições mínimas para que estrutura seja chamada de pavimento (BALBO, 2007). Desse modo a estrutura do pavimento flexível pode ser observado através da figura a seguir.

FIGURA 4 - Estrutura pavimento flexível

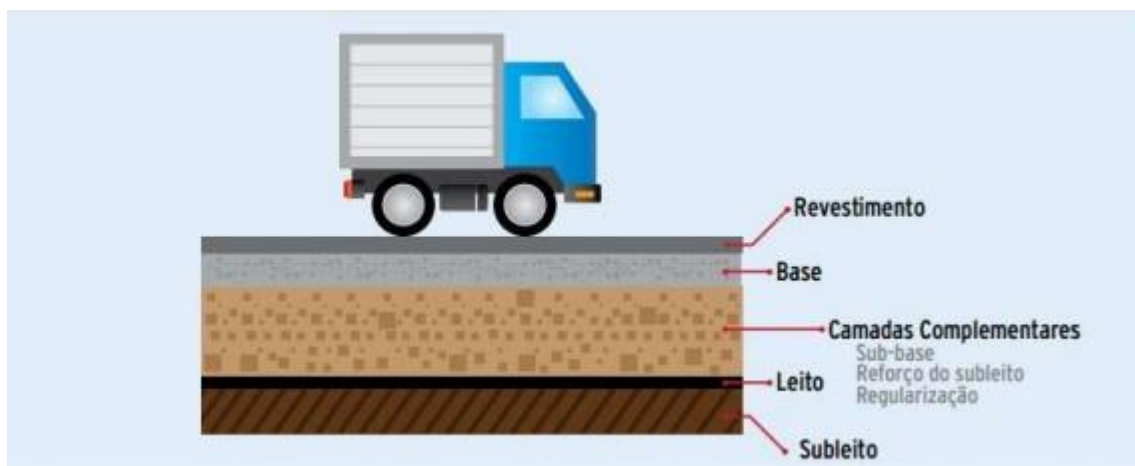


Fonte: ZAGONEL (2013).

No tocante as camadas do pavimento dividem-se em cinco camadas, sendo: revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e subleito, de modo que o subleito integra a estrutura. De acordo com o autor dependendo do caso, o pavimento poderá não possuir camada de sub-base ou de reforço, porém a existência de revestimento, nem que seja primário (cascalhamento, agulhamento), e de subleito é indispensável para que a estrutura seja denominada de pavimento (BERNUCCI *et al.*,2006).

No entanto, Bernucci *et al.* (2006) não consideram o subleito como uma camada da estrutura do pavimento, mas sim como um extrato natural que receberá a estrutura asfáltica. Para tanto, a figura 5 ilustra as camadas do pavimento.

FIGURA 5 - Camadas do pavimento



Fonte: MOURA FILHO (2013).

Nesta perspectiva, Baldo (2007) descreve as camadas do pavimento:

TABELA 2 - Descrição das camadas do pavimento flexível

<p>Revestimentos</p>	<p>São as camadas mais externas que deverão receber os esforços oferecidos pelos veículos sem sofrer grandes deformações plásticas ou elásticas, não sofrer desagregação dos componentes nem perda de compactação; por esta razão necessitam ser compostos por materiais bem aglutinantes que impeçam a movimentação horizontal</p>
<p>Reforço de Subleito</p>	<p>o subleito é constituído por um solo cujo as propriedades de engenharia são insatisfatória, faz-se necessário uma camada de solo de melhor qualidade que possa melhorar suas propriedades, essa camada de solo pode ser denominada de reforço do subleito.</p>
<p>Base e Sub-base</p>	<p>A base é a camada imediatamente inferior ao revestimento e como podemos perceber no nome a sub-base e a camada subsequente. As camadas de base e sub-base surgem para aliviar os esforços das camadas inferiores, que</p>

também desempenham um papel importante na drenagem. Quando a base é exigida para finalidade situada acima ela é muito espessa e por motivos naturais e econômicos procura-se criar uma sub-base. As bases podem ser constituídas por solo estabilizados naturalmente, brita graduada, brita graduada tratada, solos estabilizados quimicamente ou com ligante asfáltico e concreto, etc. A sub base poderá usar os mesmos materiais.

Fonte: BALDO (2007), adaptado.

No Brasil, a utilização de pavimentos asfálticos são predominantes, sendo, flexíveis ou semirrígidos e compostos basicamente de ligantes e agregados asfálticos. Desse modo, os pavimentos desta natureza são compostos por quatro camadas principais, sendo: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito. O revestimento asfáltico é a camada superior e sofrem ações das tensões trazidas pelo tráfego de veículos e também as influencias climáticas, assim protegendo as camadas inferiores. Outro elemento do revestimento é oferecer conforto de rolagem para os usuários. Assim, com o passar do tempo, os pavimentos iniciam a perda de sua funcionalidade (BERNUCCI *et al.*,2006).

De acordo com Moura (2014), os seguintes elementos devem ser observados quanto a estrutura do pavimento:

- *Estrutura*: arcabouço destinado a resistir, em função de seu esqueleto, a esforços externos e internos.
- *Diversas camadas*: essa estrutura é constituída por diversas camadas de forma que todas devem estar intimamente unidas e, com a ação da carga do tráfego as tensões de tração/compressão tanto verticais com horizontais estejam distribuídas de forma a não gerar acúmulo de tensões em uma única camada.
- *Diversos materiais*: as camadas da estrutura do pavimento são constituídas por diferentes materiais, como: solo, brita, solo-cimento, bgtc, mistura asfáltica, concreto etc.
- *Espaço semi-infinito*: o espaço considerado até onde a ação da carga pode ser detectada. Toma-se como referência a profundidade de 1,5 m.

- *Resistir as solicitações das cargas:* o pavimento deve ser dimensionado de forma a resistir a ação das cargas dos veículos. Os veículos aqui considerados são caminhões, reboques, semi-reboques e ônibus. Os veículos de passeios (automóveis, vans, e pic-ups) não possuem cargas significativas para serem consideradas no dimensionamento dos pavimentos.
- *Cargas repetidas e itinerantes:* cargas cíclicas e que pode não ocorrer no mesmo local, embora, os pavimentos possuam tráfego canalizado.
- *Ações do ambiente:* o pavimento ocorre ao longo de extensões significativas, atravessando regiões com climas e relevo distintos, principalmente em um país como o Brasil que possui dimensões contínuas. Dai, a necessidade da compreensão do clima, do relevo e também da eventual mudança no tipo de tráfego e a consideração dessas variáveis no projeto do pavimento.
- *Horizonte temporal de projeto:* o projeto deve ser realizado considerando uma vida útil de serviço do pavimento superior o mais longo possível.

Para Balbo (2007) em relação a escolha do tipo de pavimento e dos materiais utilizados em determinada obra, está relacionada à redução dos custos, já que este aspecto é um dos mais importantes e limitam no desenvolvimento e execução de um projeto rodoviário para os operadores viários e agências. Numa obra de pavimentação é necessário que sejam pesquisados os materiais disponíveis nas proximidades e também se sejam consideradas as dificuldades de sair a extração e transporte (BALBO, 2007).

De acordo com o DNIT (2010a), para possuir um grau de segurança adequado, o pavimento deve atender aos seguintes atributos:

- Suportar os efeitos do mau tempo;
- Permitir deslocamento suave;
- Não causar desgaste excessivo dos pneus e alto nível de ruídos;
- Ter estrutura forte;
- Resistir ao desgaste;
- Permitir o escoamento das águas (drenagem adequada);
- Ter boa resistência a derrapagens;

A pavimentação é responsável por uma parte importante da economia de um país, de modo que este patrimônio valioso liga uma rede que possibilita tráfego de

peças e cargas, essenciais ao desenvolvimento. Assim, pode-se sem dúvida associar as riquezas de um país à sua malha rodoviária pavimentada e com a qualidade de rolamento (SILVA, 2011).

2.3 PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Os pavimentos de modo geral acabam sofrendo deteriorações estruturais e funcionais cumulativas, pode-se dizer que a capacidade de carga do pavimento é um fator de deterioração estrutural. Assim, a avaliação estrutural, está associada, sobretudo ao conceito de capacidade de carga, podendo ser vinculado diretamente ao dimensionamento e ao projeto do pavimento. Com isso, os defeitos estruturais resultam especificamente na repetição das cargas e vincula-se às deformações elásticas ou recuperáveis e plástico ou permanente (BERNUCCI, *et al.*, 2006).

Um pavimento danificado impacta diretamente nos custos operacionais e também é considerado uma das causas de acidentes. As más condições da superfície de rolamento das rodovias, com depressões, recalques e/ou painelas podem levar às perdas de estabilidade e aderência do pneu/pavimento e, refletirá na dificuldade em manter os veículos na trajetória que se deseja (ZAGONEL, 2013).

Pode-se considerar a evolução do comportamento de um pavimento complexa, de modo que cada ação pode provocar uma alteração determinada sobre as propriedades dos materiais constituintes dos pavimentos. Assim, as degradações funcionam como um ciclo de acontecimentos, e cada uma dará origem a novos/outros tipos de degradações e assim por diante, o que aumenta a quantidade de patologias existentes, tanto em potencial evolutivo quanto em extensão como (MINHOTO, 2005).

As tensões e deformações induzidas na camada asfáltica pelas cargas do tráfego estão associadas ao trincamento por fadiga dessa camada. Ela ainda pode apresentar trincamento por envelhecimento do ligante asfáltico, ação climática etc. Parte de problemas relacionados à deformação permanente e outros defeitos podem ser atribuídos ao revestimento asfáltico (BERNUCCI *et al.*, 2006).

De acordo com Nunes *et al.* (2016), os pavimentos asfálticos podem apresentar vários tipos de patologias, dentre elas destacam-se: Deformações de Superfície; Defeitos da Superfície; Painelas ou buracos; Escorregamento de Revestimento Betuminoso; Trincas e Fissuras.

Em relação às deformações de superfície, elas podem ser divididas em duas partes: Afundamentos e Corrugações, conforme dispõe Nunes *et al.* (2016):

- Afundamentos:

É considerada a deformação permanente, e caracteriza-se por depressões longitudinais causadas pela ação repetida de pneus e o fluxo canalizado de veículos, pode ser apresenta sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação.

- Afundamento Plástico:

É causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de levantamento.

- Afundamento de Consolidação:

É causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito, sem estar acompanhado de levantamento. Resultam de obras mal executadas, como as obras que possuem má compactação.

De acordo com Maia (2012), As causas prováveis do seu aparecimento são: Cargas induzidas pelo tráfego lento e pesado que ocorrem geralmente nas faixas de autocarros cujo tráfego pesado é canalizado ou nas vias lentas ou vias direitas das estradas, com temperaturas elevadas.

FIGURA 6 - Afundamento de trilha de roda



Fonte: DNIT Norma 05–2003

- Corrugações

A Corrugação ou ondulação, também conhecida como “Costela de Vaca”, é a deformação formada por ondulações transversais a via distantes até três metros, gerados por elementos como baixa resistência da massa asfáltica na superfície do

pavimento ou excesso de asfalto. Relacionam-se as tensões cisalhantes geradas pelas frenagens e acelerações dos pneus.

FIGURA 7 - Corrugação ou Ondulação



Fonte: DNIT Norma 05 -2003

- Defeitos de Superfície

Os defeitos de superfície podem ser divididos em duas partes: Exsudação do Asfalto e Desgaste.

- Exsudação do Asfalto

É caracterizado pelo excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento. Durante o processo de dilatação no calor e a falta de espaço devido ao baixo volume de vazios ou excesso de ligante betuminoso, o asfalto tende a exsudar, isto é, ocorre a migração dos líquidos existentes na massa asfáltica.

- Desgaste

O desgaste pode ocorrer pela aspereza superficial do asfalto, pela associação do tráfego com o intemperismo. O tempo interfere na estrutura da massa asfáltica consideravelmente, sendo possível notar também a saída progressiva dos agregados, gerando assim a volatilização do asfalto e a oxidação do mesmo.

FIGURA 8 - Desgaste



Fonte: DNIT Norma 05 -2003

- Painelas ou Buracos

A painela é na verdade a cavidade ou buraco que se forma no revestimento asfáltico. São evoluções das trincas, afundamentos ou desgastes. Ocorre quando a água é comprimida e “desagarra” ou amolece das camadas do pavimento devido à falta de compressão. Nota-se esse fato com maiores ocorrências em períodos de chuva.

- Escorregamento do Revestimento Betuminoso

Este tipo de patologia consiste no deslocamento do revestimento betuminoso quanto a sua base, resulta no aparecimento de fendas com o formato de meia lua. E ocorre pela falta de aderência entre as camadas de revestimento e a camada subjacente ou a massa asfáltica tem baixa resistência. Geralmente aparece nas áreas intersecções e de frenagem, pois o veículo causa o deslizamento da massa asfáltica (baixa aderência) ou a sua deformação (baixa resistência).

FIGURA 9 - Escorregamento



Fonte: DNIT Norma 05 -2003

- Fendas

Pode-se dizer que são as discontinuidades na superfície do pavimento, podendo ter aberturas de maior ou de menor porte. Podem-se apresentar-se das seguintes formas:

- Fissura: é uma fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível à vista desarmada de uma distância inferior a 1,50m.
- Trinca: é uma fenda existente no revestimento, facilmente visível à vista desarmada, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada.
- Trinca Isolada é dividida em:
 - Retração é aquela que não é atribuída aos fenômenos de fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica.
 - Transversal que é quando se apresenta em direção ortogonal ao eixo da via. Tendo a extensão de até 100 cm é denominada curta e superior a 100 cm é denominada longa.

FIGURA 10 - Trinca Isolada -Transversal



Fonte: DNIT Norma 05 –2003

- Longitudinal que é quando apresenta em direção paralela ao eixo da via. Tendo extensão de até 100 cm é denominada curta e superior a 100 cm é denominada longa.

Segundo Maia (2012) As causas prováveis do aparecimento desta patologia são várias: Insuficiência de elementos de drenagem (abatimento longitudinal ao longo do eixo); Falhas localizadas no pavimento (abatimento transversal); Colapso

de cavidades subterrâneas (abatimento transversal); Falta de união nas camadas betuminosas, pode também derivar de compactação insuficiente na construção do pavimento (abatimento longitudinal); Má execução das juntas de trabalho (abatimento longitudinal ou transversal); Forças tangenciais decorrentes de travagens bruscas e da aceleração dos veículos (abatimento transversal).

- Trinca Interligada é dividida em:

Trinca tipo de “Couro de Jacaré” é o conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré. São caracterizadas por ângulos agudos e a maior aresta tem comprimento inferior a 30 cm, podendo apresentar ou não erosões acentuadas em suas bordas. Estão relacionadas à repetição das cargas de tráfego, aparecendo na região das trilhas de roda.

FIGURA 11 - Trinca Interligada - Tipo Couro Jacaré



Fonte: DNIT Norma 05 –2003

Trincas tipo “Bloco” conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas. Ocorrem pela retração do revestimento asfáltico e por variações diárias de temperatura.

2.4 DEFINIÇÕES DE INTERVENÇÕES NOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

2.4.1 Manutenção

Atividades executadas em determinados períodos da vida de serviço da rodovia, na qual seu objetivo é ser adotada permanentemente de condições

adequadas de serventia e segurança. Especificando de pavimento, constitui-se de atividades de restauração, priorizando na melhoria periódica das condições estruturais e funcionais do pavimento (DNIT, 2010)

Baseado em Silva (2008), a manutenção de pavimento é uma atividade rotineira efetuado com o intuito de manter o pavimento tanto quanto possível próximo de sua condição natural, quanto da construção, sob condições normais de tráfego e temperatura.

2.4.1.1 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva é o conjunto de operações de conservação realizadas periodicamente, no objetivo de evitar o surgimento e o agravamento de defeitos (DNIT, 2006).

Embora, de acordo com Fernandes Jr. et al. (2010), a manutenção preventiva consiste no grupo de atividades executadas para proteger o pavimento e reduzir a sua taxa de deterioração.

2.4.1.2 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva é realizada de acordo com uma programação com base em técnica para eliminação de imperfeições existentes, tendo como objetivo de reparar e sanar os defeitos (DNIT, 2006).

Para Fernandes Jr. et al. (2010), a manutenção corretiva, têm como definição de eliminar um determinado tipo de defeito e suas consequências sobre o desempenho do pavimento.

2.4.2 Reabilitação

Consiste no propósito de prolongar a vida em serviço do pavimento, criando condições para um novo ciclo de deterioração e elevando próximo do valor máximo o nível de serventia (FERNANDES JR. et al., 2010).

2.4.2.1 Reforço Estrutural

O reforço estrutural caracteriza no conjunto de operações destinadas a aumentar a capacidade estrutural do pavimento, onde, seu objetivo é sobrepor as

demais camadas, as quais responderão a correção de deficiências superficiais existentes, como degradações e deformações (DNIT, 2006).

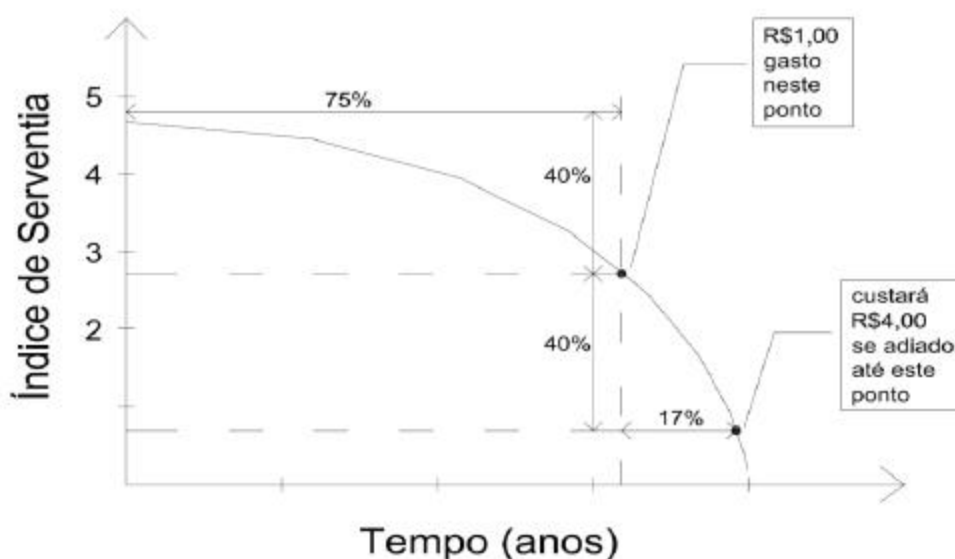
2.4.2.2 Restauração

São operações destinadas a estabelecer o perfeito funcionamento do pavimento. Sendo o processo de substituição e reconfecção de uma ou mais camadas existentes, complementadas por camadas que dará o aporte da capacidade estrutural do bem deteriorado e estabelecer características originais. (DNIT, 2006)

2.5 CLASSIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO

Para Fernandes Jr. et al. (2010), corrigir os defeitos nos materiais utilizados em pavimentação, que apresentam em forma de deterioração, através das condições climáticas e o resultado das solicitações do tráfego, a gerência de pavimentos visa minimizar esses problemas, protegendo os investimentos e proporcionando aos usuários uma superfície de rolamento confortável, segura e econômica, integrando a avaliação dos pavimentos e definindo as atividades de manutenção e reabilitação, como retratada na figura.

FIGURA 12 – Índice de serventia x vida útil do pavimento, custos da estratégia de manutenção e reabilitação



Fonte: DNIT, 2010.

2.5.1 Atividades de Manutenção

Caracteriza, geralmente, em remendos, selagem de trincas e capas selantes. O reparo e a detecção dos defeitos nas fases iniciais é o trabalho considerado mais importante pela equipe de manutenção, resultando na melhor utilização de recursos disponíveis. As trincas, uma vez não seladas, podem evoluir rapidamente para sérios defeitos e conseqüentemente aumentar os custos de operação dos veículos e os custos de manutenção e reabilitação (FERNANDES JR. et al. 2010).

- a) Remendo – Segundo DNIT (2003), panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento, denominada de operação “tapa-buraco”, podendo ainda ser remendo superficial e remendo profundo;
 - Remendo superficial correção da superfície do pavimento, em área localizada, através de aplicação de uma camada betuminosa,
 - Remendo profundo – quando acontece a substituição de um revestimento, e eventualmente, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento, apresentando forma retangular.
- b) Capas selantes – baseado em Fernandes Jr. et al. (2010), consiste em atividades na aplicação de ligantes asfáltico e ligante com agregados, sobre a

superfície do pavimento, com o objetivo de rejuvenescer o revestimento asfáltico, restabelecer o coeficiente de atrito pneu-pavimento, selar trincas com pequena abertura, impedir a entrada de água na estrutura do pavimento e retardar o desgaste causado por intemperismo. Dentre as capas selantes os tipos mais comuns são;

- Selo asfáltico impermeabilizante – aplicação leve de emulsão asfáltica, diluída em água e sem agregado mineral, de cura lenta, utilizado no rejuvenescimento de revestimentos asfálticos oxidados, e para selar trincas com pequena abertura e vazios superficiais.
- Lama asfáltica – mistura homogênea de emulsão asfáltica de ruptura lenta, agregados miúdos bem graduados, e materiais de preenchimento mineral, filler, de preferência cimento Portland e a cal. A lama asfáltica possuem três graduações, utilizadas para diferentes propósitos, preenchimento de trincas, selagem de revestimento com textura média e duas aplicações sobre revestimento muito áspero.
- Tratamentos superficiais – são camadas formadas por aplicações de ligante e agregados, onde a dimensão máxima do agregado das camadas sucessivas, geralmente, é a metade da dimensão máxima do agregado das camadas subjacentes.

2.5.2 Atividades de Reabilitação

Caracteriza como as mais utilizadas, fresagem, reciclagem, recapeamento estrutural e a reconstrução, de acordo com Fernandes Jr. et al. (2010):

- a) Fresagem – é a principal forma de remoção do revestimento antigo, tanto para reciclagem com para acerto da superfície a ser recapeada.

Seu desenvolvimento de equipamentos foi durante a década de 80, nos Estados Unidos e países da Europa.

- b) Reciclagem – têm como caráter técnica utilizada para renovar e rejuvenescer misturas asfálticas envelhecidas, onde o revestimento asfáltico é escarificado, aquecido no local, misturado, lançado e compactado. Tendo finalidade também, de corrigir outros defeitos, como pequenas corrugações, agregados

polidos e exsudação. Não é viável para corrigir defeitos dos tipos trinca por fadiga e panelas.

- c) Recapeamento estrutural - o recapeamento estrutural caracteriza na construção de uma ou mais camadas sobre o pavimento já existente, aumentando a capacidade estrutural do pavimento, possuindo espessura uniforme.

2.6 ESTUDO DA AVALIAÇÃO OBJETIVA DA SUPERFÍCIE PELO MÉTODO IGG

Antes de exibir o estudo sobre a avaliação do IGG, temos abaixo uma tabela de causas e níveis de degradação das patologias nos pavimentos flexíveis

TABELA 3 - Quadro de causas e níveis de degradação.

TIPO DE DEFEITO	CAUSAS				
	C	U	T	M	A
Trincamento por fadiga	S	P	N	S	N
Trincamento em bloco	N	S	S	S	N
Trincamento longitudinal	S	S	S	N	S
Trincamento transversal	N	S	S	S	N
trincamento na borda	S	S	P	S	S
Afundamento nas trilhas de roda	S	S	N	S	S
Ondulação	S	P	S	S	N
Escorregamento	S	P	S	S	N
Desgaste	P	N	N	S	N
Exsudação	N	N	P	S	N
Remendos	S	S	S	S	S
Panelas/buracos	S	S	S	S	N

Adaptado Senso, Pini – 2007.

C = relacionado a carga

U = relacionado a umidade

T = relacionado a temperatura

M = relacionado ao material

A algumas combinações anteriores

N = Não

S = Sim

P = Possível

Para serem desenvolvidos os cálculos do IGG, precisa-se das especificações das patologias, além dos conceitos necessários segundo as normas do DNIT para tabelar todos os dados como frequência das patologias, fatores de ponderação e composição de cálculos.

Na tabela (x) apresenta todas as patologias com suas codificações e classificação, sendo especificamente importante para identificação das mesmas, servindo de base para as planilhas de cálculo, inventários e resultados realizados nesse estudo.

TABELA 4 – Resumo dos defeitos- Codificação e classificação

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	Jacaré	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	Bloco	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-	-	FC-3

OUTROS DEFEITOS				CODIFICAÇÃO
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ALP
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito	ATP
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ALC
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito	ATC
Ondulação/Corrugação – Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base				O
Escorregamento (do revestimento betuminoso)				E
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento				EX
Desgaste acentuado na superfície do revestimento				D
“Painéis” ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores				P
Remendos		Remendo Superficial		RS
		Remendo Profundo		RT

Fonte: DNIT, 2003.

Observação nº 1: Classe das trincas isoladas

- FC-1: São trincas com abertura superior á das fissuras e menores que 1,0mm
- FC-2: São trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas
- FC-3: São trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas

Observação nº 2: Classe das trincas interligadas

As trincas interligadas são classificadas como FC-3 e FC-2 caso apresentem ou não erosão nas bordas.

Para que seja feito o cálculo do IGG é necessário o inventário para serem contabilizadas as incidências patológicas nos pavimentos verificados. Para isso, a norma do DNIT 006/2003 trouxe um inventário completo para adaptação com todas as codificações e espaços para identificação das estações, local entre outros. O inventário abaixo é um modelo com 10 estações e o mesmo está em branco, servirá como um referencial para os inventários que de fator estão preenchidos nas metodologias do estudo.

TABELA 5 – Inventário do estado da superfície do pavimento (MODELO)

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																							
Estação ou Km	Trincas de Fadiga						Trincas de Ret.				AL		AT		O	E	EX	D	P	R	Flechas nas Trilhas de Roda(mm)		
	FC - 1				FC - 2	FC - 3	FC - 2	FC - 3	ALP	ALC	ATP	ATC	TRE	TRI									
	FI	TT		TL											J	JE	TB	TBE					
		TTC	TTL	TLC	TLL																		
0																							
1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							
7																							
8																							
9																							
10																							

Fonte: DNIT, 2003.

No inventário serão marcados a partir das estações que serão mostradas na metodologia, com “x” em cada estação caso haja incidência da patologia distinta e identificadas na tabela segundo a sua codificação. As estações são inventariadas e sua quantidade depende da extensão da pista a ser analisada.

Segundo as normas, cada manifestação patológica tem seu grau de influência junto a avaliação a ser obtida, para isso, esta avaliação pelo cálculo do IGG possui uma tabela com os valores de ponderação das patologias, umas distintas e outras divididas em classes como mostra abaixo na tabela:

TABELA 6 – Valor do Fator de ponderação

Ocorrência Tipo	Codificação de ocorrências de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER “Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos”	Fator de Ponderação FP
1	FC-1 (FI, TTC, TTL, TLC, TLL	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE)	0,8
4	ALP,ATP,ALC,ATC	0,9
5	O,P,E	1
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Fonte: DNIT, 2003.

Observação: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação houverem ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em percentagem (fr) e Índice de Gravidade Individual (IGI); do mesmo modo, quando verificadas ocorrências tipos 1 e 2 em uma mesma estação, só considerar as do tipo 2.

Ainda na fase de levantamento das patologias, quando há incidência de Afundamentos na trilha de roda, seja ele plástico ou por consolidação, é medido a flecha de cada afundamento com uma treliça com régua milimetrada e os valores devem ser repassados também para o inventário de patologias e depois é feito os cálculos distintos para as flechas, como suas medias, variância e fator de ponderação.

As fórmulas para o cálculo da média e da variância dos valores das flechas TRI(trilha de roda interna) e TER(trilha de roda externa) são as seguintes:

Formula 1 e 2: Cálculo da média e variância das flechas.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Adaptado DNIT,2003.

Sendo que:

(x-barra) – média aritmética dos valores medidos em TRI e TER.

X - Valores individuais.

S - Desvio Padrão Dos Valores Das Flexas Medidas.

S² - Variância.

N – Numero de estações inventariadas.

Para contabilizar a média aritmética das médias das flechas e para a média aritmética das variâncias das flechas, o fator de ponderação a utilizar depende do valor das médias aritméticas, conforme o critério a seguir estabelecido:

- Quando a média aritmética das médias das flechas for igual ou inferior a 30, o fator de ponderação é igual a 4/3; quando superior a 30, o Índice de Gravidade Individual é igual a 40;
- Quando a média das variâncias das flechas for igual ou inferior a 50, o fator de ponderação é igual a 1 (um); quando superior a 50, o Índice de Gravidade Individual é igual a 50.

O Índice de gravidade Global é uma soma de todos os Índices de gravidade individuais, que a partir dos dados amostrados anteriormente com os fatores de ponderação são calculados e novamente tabelados utilizando as frequências relativas e frequências absolutas das patologias, determinando assim os IGI's, assim somando terá o IGG da área estudada.

A frequência relativa de cada classe de patologias é obtida pela forma abaixo:

FÓRMULA 3 – fórmula da frequência relativa

$$f_r = \frac{f_a \times 100}{n}$$

onde:

f_r - frequência relativa;

f_a - frequência absoluta;

n - número de estações inventariadas.

Fonte: Adaptado do DNIT,2003.

Encontrando as frequências relativas, determina a partir dos parâmetros de frequência e do fator de ponderação o IGI de cada classe patológica,

FÓRMULA 4 – Fórmula do IGI para cada tipo de patologia

$$IGI = f_r \times f_p$$

Fonte: Adaptado do DNIT,2003.

Onde:

f_r = frequência relativa (encontradas no cálculo anterior)

f_p = fator de ponderação obtido de acordo com a tabela

TABELA 7 - Planilha de cálculo do IGG

PLANILHA DE CÁLCULO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)						
Item	Natureza do Defeito		Frequência Absoluta NI	Frequencia Relativa (%)	Coefficiente de Ponderação	Índice de Gravidade Individual (I.G.I)
1	(FC-1) FI, TTC, TTL. TLC, TLL					
2	(FC-2) J, TB					
3	(FC-3) JE, TBE					
4	ALP, ATP, ALC, ATC					
5	O, P, E					
6	EX					
7	D					
8	R					
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TER	TRI	F		
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TER	TRIV	FV		
Nº Total de Estações Inventariadas			Σ Índice de Gravidade Individual = I.G.G.			
1	ISI = $F_{méd} \times 4/3$ quando $F_{méd} \leq 30$		2	ISI = FV quando $F_{méd} \leq 50$		
	ISI = 40 quando $F_{méd} > 30$			ISI = 50 quando $F_{méd} > 50$		

Fonte: DNIT, 2003.

Na tabela acima, finaliza se os cálculos e determina a avaliação do pavimento e obtém os IGI's e IGG da área estudada, o modelo que está acima, e na metodologia temos todo o procedimento e cálculo para se obter os resultados específicos.

Tais resultados de IGG, ainda segundo a norma possui uma tabela com os conceitos de degradação do pavimento em função do próprio índice, o mesmo amostramos abaixo e é bem simples e direto, aparentemente como a própria avaliação diz ser objetiva, com resultados objetivos.

TABELA 8 - Conceitos de degradação do pavimento em Função do IGG

CONCEITOS	LIMITES
Ótimo	$0 < \text{IGG} \leq 20$
Bom	$20 < \text{IGG} \leq 40$
Regular	$40 < \text{IGG} \leq 80$
Ruim	$80 < \text{IGG} \leq 160$
Péssimo	$\text{IGG} \leq 160$

Fonte: DNIT, 2003.

3 METODOLOGIA

3.1 ETAPAS DA PESQUISA

Nesta sessão serão desenvolvidos os aspectos metodológicos do trabalho: o caráter da investigação, das fontes e tipo de pesquisa, bem como, da escolha dos instrumentos de coleta de dados. Desse modo a metodologia utilizada nesse trabalho consiste em levantamento bibliográfico, e pesquisa quantitativa do tipo descritiva e de campo. Para análise bibliográfica das informações, serão utilizados livros, artigos e revistas que abordam o assunto, a partir da visão de vários autores acerca da problemática por meios de artigos científicos, sites, fotos, normas etc, nesse estudo, a pesquisa bibliográfica consiste no objetivo de obter informações acerca da problemática levantada.

O local destinado para realização do estudo serão algumas das principais avenidas do município de Porto Nacional - TO no total de 3 avenidas, a pesquisa será realizada entre os meses de agosto e setembro de 2017. Será realizado um levantamento de dados nas avenidas escolhidas, de modo que se possa estabelecer quais são as principais patologias encontradas no pavimento asfáltico.

Em relação aos instrumentos para coleta de dados, serão analisados através de uma planilha, com base na NORMA DNIT 006/2003. Desse modo, a análise dos dados a partir desta planilha serão analisados os seguintes aspectos: presença de fendas; fissuras; trincas; afundamentos; painéis ou buracos; escorregamentos; ondulações e desgastes, defeitos padronizados pela NORMA DNIT 005/2003. Com isso, todos dados serão tabulados pela ferramenta Microsoft Office Excel e será feito o mapeamento e identificação das patologias nas vias.

A Norma do DNIT sobre o levantamento para análise de patologias contém tabelas para a classificação do relevo, para tipos de patologias, os níveis de cada manifestação patológica distinta, e das condições do pavimento, além de uma planilha com laudo de avaliação do pavimento.

A primeira etapa constitui-se na elaboração da pesquisa, onde foi possível realizar o levantamento de dados bibliográficos acerca do tema central e outros aprofundamentos sobre as características do pavimento flexível, quais os tipos de manifestações patológicas que podem existir no pavimento asfáltico, suas terminologias e características e suas atividades de manutenção e reabilitação.

A segunda etapa consiste na definição do método a ser utilizado, considerando os dados já obtidos sobre a avaliação de patologias em pavimento asfáltico, no qual foi aplicado a avaliação objetiva pelo método Índice de Gravidade Global (IGG), conforme especifica a NORMA DNIT 006/2003 – PRO, onde suas condições exigíveis é a contagem e classificação de ocorrências aparentes e da medida das deformações permanentes nas vias.

A terceira etapa trata-se da escolha da região a ser avaliada. Onde foi escolhidas algumas avenidas de Porto nacional: Avenida Sergipe, Avenida das nações unidas e Avenida Joaquim Aires, essas vias possuem grande influência nas ligações da cidade e com isso demonstram alto fluxo de veículos, gerando assim cargas ao pavimento, conseqüentemente o surgimento de patologias nas avenidas.

A quarta etapa consiste na aplicação do método IGG. A partir da identificação visual do pavimento, foram determinadas as pistas de rolamento das quatro avenidas a serem avaliadas, onde a amostragem é de 15% da área pavimentada, considerando cada estação de ensaio 6m x 3,5m, conforme a norma vigente. No entanto, cada área demarcada deve ser anotada a presença de qualquer defeito no pavimento, de acordo com a norma DNIT 005/2003 – TER. O aparelho utilizado foi treliça padronizada, tendo 1,20m de comprimento na base, dotada de régua móvel instalada em seu ponto médio, que permite medir as flechas da trilha de roda, em milímetros, e os equipamentos e materiais para auxiliar na localização e demarcação das estações de avaliação nas pistas pavimentadas, como, trena com 20m, tinta, pincel, formulários e dentre outros. Por fim, a avaliação obteve 55 estações inventariadas, o bastante para poder ter uma demarcação bem completa para avaliação, e nas estações serão planejadas os resultados sobre o levantamento em cada estação, e quais os tipos de patologias, suas classificações e seu estado de conservação.

A quinta etapa consistiu na tabulação dos dados da avaliação. Uma vez que, foi realizado o experimento pôde-se identificar quais os tipos de patologias existentes no pavimento, conseqüentemente relatadas seus possíveis problemas e causas, e definidas suas possíveis necessidades de manutenção e reabilitação.

A sexta etapa consiste na finalização do trabalho de conclusão de curso (TCC). Com todas as outras etapas realizadas os dados foram tabulados e analisados, e por fim concluídos com suas respectivas sugestões finais.

3.2 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA

Nesse estudo, a parte prática foi totalmente realizada in loco, os procedimentos especificados pela norma e referencias foram aplicados nas avenidas em comento, que tiveram análises distintas cada avenida, suas avaliações objetivas feitas segundo a norma por estações buscando atingir os objetivos propostos, identificando os tipos de patologias existentes e calcular o seu valor de IGG dos pavimentos.

TABELA 9 – Características das avenidas a serem estudadas.

CARACTERÍSTICAS DOS TRECHOS DAS AVENIDAS ESCOLHIDAS EM PORTO NACIONAL - TO				
VIA	COMPRIMENTO (m)	LARGURA (m)	ÁREA DA PISTA (m ²)	TIPO DE PAVIMENTO EXISTENTE
AVENIDA SERGIPE	812,00	8,00	6.496,00	TSD
AVENIDA JOAQUIM AIRES (pista dupla)	2.172,50	10,70	23.245,75	TSD
AV. DAS NAÇÕES UNIDAS (pista dupla)	1554,70	11,80	18.345,46	TSD

Fonte: Do autor, 2017

FIGURA 13 - Vista superior das Avenidas em estudo de Porto Nacional



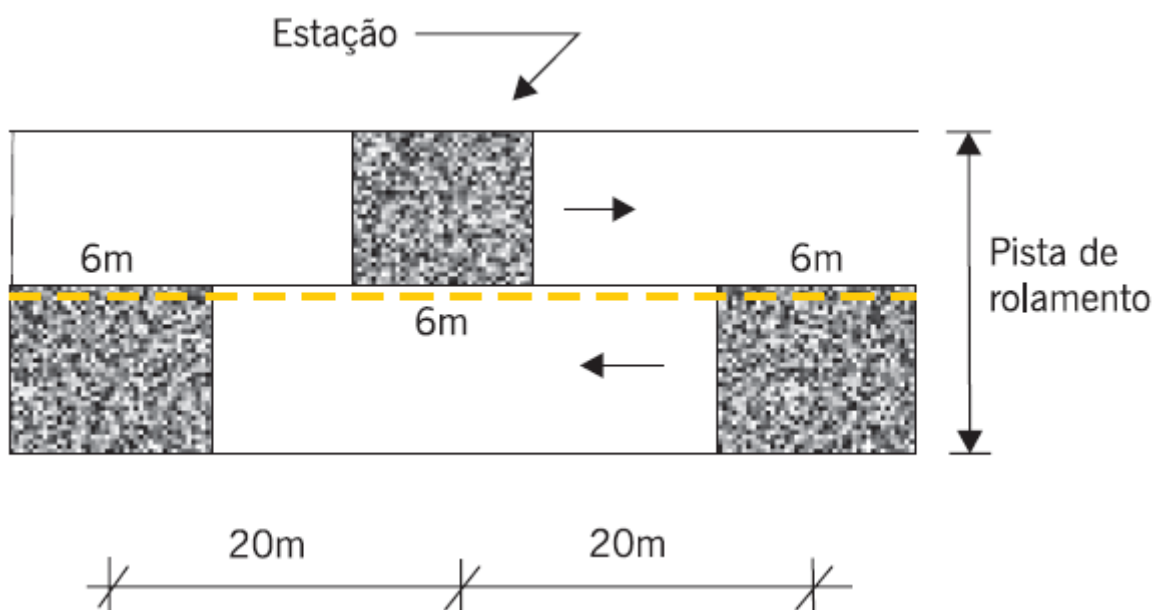
Fonte: Adapto de Google Earth, 2017

Como podemos ver na figura, as avenidas demarcadas estão estrategicamente ligando bairros da cidade e possui grande fluxo de tráfego, tendo mais possibilidades de manifestações patológicas aparecerem.

3.3 DEMARCAÇÃO DAS SUPERFÍCIES DE AVALIAÇÃO

Para determinar o IGG não é necessário analisar toda a área da pista, sim de forma amostral para algumas das estações com área e distanciamento entre elas prefixados pela especificação do DNIT. As estações são inventariadas na avenida de pista simples a cada 20m, alternados entre faixas, portanto, em cada faixa a cada 40m, nas avenidas de pista dupla, a cada 20m, na faixa mais solicitada pelo tráfego, em cada uma das pistas. A superfície de avaliação corresponde a 3m antes e 3m após cada uma das estacas demarcadas, totalizando em cada estação uma área de 6 metros de extensão e largura referente a norma que é 6cm da borda da pista.

FIGURA 14 – Exemplo de demarcação de áreas para inventário de defeitos



Fonte: PROASFALTO, 2008.

A avaliação do pavimento das avenidas foi executada escolhendo por destacar por meio de planilhas de inventário do estado da superfície do pavimento e planilhas de cálculo do Índice de Gravidade Global (IGG), além vídeos de fotos das demarcações das áreas e das manifestações patológicas encontradas nos trechos

estudados e nos incidentes por área, uma análise objetiva geral e superficial também para demonstrar as condições gerais de degradação do pavimento dessas avenidas.

3.4 PATOLOGIAS OBSERVADAS NA AVALIAÇÃO

Os tipos de defeitos catalogados pela norma brasileira DNIT 005/2003 – TER e que são considerados para cálculo de indicador de qualidade da superfície do pavimento IGG são fendas, afundamentos, corrugação e ondulações transversais, exsudação, desgaste ou desagregação, panela ou buraco e remendos.

Na tabela que está ilustrada abaixo, são apresentadas a classificação e a codificação adotada para todos os defeitos definidos nesta Norma.

Baseado na Norma, o valor dos fatores de ponderação de cada classificação das patologias encontra-se ilustrado na tabela 2. Já os conceitos de degradação do pavimento em função do IGG, conforme a especificação do DNIT subdivide em oito categorias de defeitos, 1. Fissuras e trincas, 2. Trincas de bloco ou tipo couro de jacaré sem erosão, 3. Trincas de bloco ou tipo couro de jacaré com erosão, 4. Afundamentos localizados ou nas trilhas, 5. Corrugação e painéis além de ondulações, 6. Exsudação, 7. Desgaste, 8. Remendos. Devem ser anotados os afundamentos nas trilhas externa e na interna, e registrada a existência de afundamentos por consolidação e escorregamentos, como mostra na tabela

Para avaliar as patologias realizamos preenchendo as planilhas utilizando a terminologia e codificação de defeitos existentes na região demarcada no pavimento. Porém, nesse método analisamos a incidência de patologias ou não, e não avaliamos ainda a área como um todo, resumindo, a sua condição. Os afundamentos nas trilhas de roda externa e interna devem ser mensurados com o auxílio da treliça metálica, como não houve como usar a treliça, utilizamos um gabarito feito manualmente com a régua metálica, medidor de nível e régua milimetrada, com esses dados todos estimados, adicionamos na planilha na coluna referente à estação onde foi feita uma única medida em cada trilha.

Cada avenida teve sua planilha independente para facilitar o estudo e propiciar maior organização na exibição das avaliações. Nas figuras abaixo, mostra

como foram feitos os cálculos segundo a norma DNIT 006/2003 para encontrar os valores de IGI e IGG.

Sobre a ocorrência de patologias, determinamos distintamente a frequência relativa de cada classe de patologias (separados na planilha). Essa frequência relativa é obtida pela forma abaixo:

FÓRMULA 5 – fórmula da frequência relativa.

$$f_r = \frac{f_a \times 100}{n}$$

onde:

f_r - frequência relativa;

f_a - frequência absoluta;

n - número de estações inventariadas.

Fonte: Adaptado do DNIT,2003

Mostraremos como exemplo, a manifestação de Desgaste “D” da avenida Sergipe:

3.5 CALCULO DA FREQUENCIA RELATIVA

$F_a = 12$

$n = 15$ estações assim temos: $F_r = \frac{12 \times 100}{15} = 80 \%$

15

Encontrando as frequências relativas, determinamos a partir dos parâmetros de frequência e do fator de ponderação o IGI de cada classe patológica, ou seja, para cada uma das patologias inventariadas deve ser determinado seu índice de gravidade individual que se tem pela formula abaixo:

FÓRMULA 6 – Fórmula do IGI para cada tipo de patologia

$$IGI = f_r \times f_p$$

Onde,

f_r = frequência relativa (encontradas no cálculo anterior)

f_p = fator de ponderação obtido de acordo com a tabela

Como fizemos na prática a determinação da frequência relativa utilizaremos a mesma manifestação patológica para exemplificar como encontrar o IGI de cada patologia.

Calculo do IGI – Desgaste “D”

IGI = 80(frequência relativa) x 0,3(fator de ponderação)

IGI = 24.

3.6 FLECHA DA TRILHA DE RODA

Utilizando a fórmula da flexa na trilha de roda mostraremos como exemplo a avenida Sergipe, que foram encontradas as flexas.

As fórmulas para o cálculo da média e da variância dos valores das flexas TRI (trilha de roda interna) e TER (trilha de roda externa) são as seguintes:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

\bar{x} = Média Aritmetica dos valores de TRE e TRI

X_i = Valores individuais

S = desvio padrão dos valores das flexas medidas

S^2 = variancia

Utilizando as fórmulas vamos calcular:

$$\bar{x} = (6,42+8,47+12,54+18,82)/15 = 3,08$$

$$S^2 = 5,19$$

Observações:

- Para as vias com pista simples, a média (\bar{x}) e a variância (s^2) das flechas medidas nas TRI e TRE de ambas as faixas de tráfego.

- Para as vias de pista dupla, a média (\bar{x}) e a variância (s^2) das flechas medidas nas TRI e TRE das faixas que forem mais usadas de cada pista, separadamente.
- Na média aritmética das médias das flechas, quando o valor for igual ou inferior a 30, o Fp é igual a 4/3; quando for superior a 30, o IGI é igual a 40.
- E na média da variância das flechas for igual ou inferior a 50, o Fp é igual a 1, quando for superior a 50, o IGI é igual a 50.

4 RESULTADOS E DISCURSSÕES

De forma detalhada, estão expostos abaixo graficamente os inventários do estado do pavimento das três avenidas avaliadas da quadra, encontrando para cada avenida um valor do IGG, baseado nos dados obtidos nas medições realizadas em cada uma das referidas vias, fornecendo os dados dos IGI's das incidências patológicas, e foi comparado as avenidas e suas condições. As anotações nas planilhas servem para avaliar as patologias manifestadas nas pistas de rolamento das avenidas, incluindo sua terminologia e codificação do defeito existente nas áreas demarcadas.

4.1 LEVANTAMENTO DAS AVENIDAS E RESULTADOS DE IGG

A partir de toda explicação metodológica, se pôs em prática o levantamento das estações e cálculo do IGI's e IGG's das avenidas, vemos na figura abaixo como foi feito o levantamento e posteriormente os resultados dos mesmos.

FIGURA 15 – Levantamento prático das estações nas Avenidas.



Fonte: Do autor, 2017.

TABELA 10 – Inventário do estado de superfície do pavimento – Avenida Sergipe

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO- AVENIDA SERGIPE																						
Estação ou Km	Trincas de Fadiga						Trincas de Ret.				AL		AT		O	E	EX	D	P	R	Flechas nas Trilhas de Roda(mm)	
	FC - 1				FC - 2	FC - 3	FC - 2	FC - 3	ALP	ALC	ATP	ATC	TRE	TRI								
	FI	TT		TL		J	JE	TB							TBE							
		TTC	TTL	TLC	TLL																	
1	X											X					X	X	6,42	0		
2										X							X	X	0	0		
3														X			X		0	0		
4				X								X						X	0	0		
5							X				x						X		0	0		
6											x						X	X	0	0		
7																	X	X	0	0		
8															X				0	0		
9	X											X					X		0	0		
10	X													X				X	0	0		
11																	X	X	0	0		
12												X					X	X	8,47	0		
13												X					X	X	12,54	18,82		
14																	X	X	0	0		
15																	X	X	0	0		

Fonte: Adaptado do DNIT, 2003

TABELA 11 - Planilha de cálculo do IGG – Avenida Sergipe

Item	Natureza do Defeito	Frequência Absoluta NI	Frequência Relativa (%)	Coefficiente de Ponderação	Índice de Gravidade Individual (I.G.I)	
1	(FC-1) FI, TTC, TTL, TLC, TLL	4	26,67	0,2	5,33	
2	(FC-2) J, TB	1	6,67	0,5	3,34	
3	(FC-3) JE, TBE	0	0	0,8	0	
4	ALP, ATP, ALC, ATC	8	53,33	0,9	47,99	
5	O, P, E	6	40	1,0	40	
6	EX	0	0	0,5	0	
7	D	12	80	0,3	24	
8	R	9	60	0,6	36	
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE	TRI	F	3,08x(4/3)	4,11
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE	TRIV	FV	5,19x(1)	5,19
	Nº Total de Estações Inventariadas	15	Σ Índice de Gravidade Individual = I.G.G.		165,96	
1	ISI = $F \times \frac{4}{3}$ quando $F \leq 30$	2		IGI = FV Quando $F_{méd} \leq 50$	Conceito: PÉSSIMO IGG > 160	
	ISI = 40 quando $F_{méd} > 30$			ISI = 50 Quando $F_{méd} > 50$		

Fonte: Adaptado do DNIT, 2003

Analisando de forma geral, a pavimentação asfáltica da da avenida Sergipe se encontra em um estado de conservação péssimo, comprovando praticamente toda a pista está bastante degradada em comparação com as normas estabelecidas para o cálculo do IGG. A partir desses resultados, foi realizado prováveis causas das degradações e possíveis soluções de manutenção e reabilitação do pavimento dessa e das demais avenidas.

TABELA 12 – Inventário do estado de superfície do pavimento – Avenida das Nações Unidas

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO - Avenida das Nações Unidas																						
Estação ou Km	Trincas de Fadiga						Trincas de Ret.				AL		AT		O	E	EX	D	P	R	Flechas nas Trilhas de Roda(mm)	
	FC - 1				FC - 2	FC - 3	FC - 2	FC - 3	ALP	ALC	ATP	ATC	TER	TRI								
	FI	TT		TL																		
		TTC	TTL	TLC	TLL	J	JE	TB	TBE													
16																	X		X	0	0	
17	X													X							0	0
18																	X	X	X	0	0	
19												X					X			6,93	0	
20	X											X								4,41	0	
21						X								X			X			0	0	
22															X		X	X	X	0	0	
23														X			X	X		0	0	
24																				0	0	
25											X		X				X		X	0	5,72	
26																	X	X	X	0	0	
27																	X			0	0	
28								X									X			0	0	
29											X						X			0	0	
30								X												0	0	
31																	X	X		0	0	
32														X						0	0	
33														X			X	X	0	0		
34					X						X						X			0	0	
35																	X			0	0	

Fonte: Adaptado do DNIT, 2003

TABELA 13 - Planilha de cálculo do IGG – Avenida das Nações Unidas

Item	Natureza do Defeito		Frequência Absoluta NI	Frequência Relativa (%)	Coefficiente de Ponderação	Índice de Gravidade Individual (I.G.I)
1	(FC-1) FI, TTC, TTL. TLC, TLL		3	15	0,2	3,0
2	(FC-2) J, TB		3	15	0,5	7,5
3	(FC-3) JE, TBE		0	0	0,8	0,0
4	ALP, ATP, ALC, ATC		5	25	0,9	22,5
5	O, P, E		12	60	1.0	60,0
6	EX		0	0	0,5	0,0
7	D		14	70	0,3	21,0
8	R		6	30	0,6	18,0
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TRE	TRI	F	0,85x(4/3)	1,13
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TREv	TRIV	FV	3,86x(1)	3,86
Nº Total de Estações Inventariadas		20	Σ Índice de Gravidade Individual = I.G.G.			136,99
1	ISI = Fméd x 4/3 quando Fméd ≤ 30		2	ISI = FV quando Fvméd ≤ 50		Conceito: RUIM 80<IGG<160
	ISI = 40 quando Fméd > 30			ISI = 50 quando Fvméd > 50		

Fonte: Adaptado do DNIT, 2003

Após levantamento do inventário de todas as estações da **Avenida das Nações Unidas** e a planilha de cálculo do IGG referente a todas as manifestações patológicas na via, vemos que o pavimento dessa avenida está em estado de conservação ruim, percebendo que há ocorrência de manifestações patológicas em praticamente toda a superfície realmente, observa também que se trata de um pavimento antigo, provavelmente com mais de 10 anos de uso.

TABELA 14 – Inventário do estado de superfície do pavimento – Avenida Joaquim Aires

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO - Avenida Joaquim Aires																							
Estação ou Km	Trincas de Fadiga						Trincas de Ret.				AL		AT		O	E	EX	D	P	R	Flechas nas Trilhas de Roda(mm)		
	FC - 1				FC - 2	FC - 3	FC - 2	FC - 3	ALP	ALC	ATP	ATC	TRE	TRI									
	FI	TT		TL											J	JE	TB	TBE					
		TTC	TTL	TLC	TLL																		
36	x																X				0	0	
37		x				x														X		0	0
38															x							0	0
39																	X					0	0
40																	X			X		0	0
41										x					x							0	0
42																	X					0	0
43														x								0	0
44										x												0	0
45																				X		0	0
46																	X					0	0
47						x											X		X			0	0
48																						0	0
49																						0	0
50																						0	0
51																						0	0
52		X															X					0	0
53																	X					0	0
54																						0	0
55																	X					0	0

Fonte: Adaptado DNIT,2003

TABELA 15 - Planilha de cálculo do IGG – Avenida Joaquim Aires

Item	Natureza do Defeito		Frequência Absoluta NI	Frequência Relativa (%)	Coefficiente de Ponderação	Índice de Gravidade Individual (I.G.I)
1	(FC-1) FI, TTC, TTL, TLC, TLL		5	25	0,2	5,0
2	(FC-2) J, TB		1	5	0,5	2,5
3	(FC-3) JE, TBE		0	0	0,8	0,0
4	ALP, ATP, ALC, ATC		3	15	0,9	13,5
5	O, P, E		3	15	1,0	15,0
6	EX		3	15	0,5	7,5
7	D		6	30	0,3	9,0
8	R		4	20	0,6	12,0
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TER	TRI	F	0	0
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em mm nas TRI e TRE	TER	TRIV	FV	0	0
Nº Total de Estações Inventariadas		20	Σ Índice de Gravidade Individual = I.G.G.			64,50
1	ISI = $F_{méd} \times 4/3$ quando $F_{méd} \leq 30$		2	ISI = FV quando $F_{vméd} \leq 50$		Conceito: REGULAR 40 < IGG < 80
	ISI = 40 quando $F_{méd} > 30$			ISI = 50 quando $F_{vméd} > 50$		

Fonte: Adaptado do DNIT, 2003

A partir dos dados obtidos, o pavimento asfáltico da Avenida Joaquim Aires se encontra em um estado de conservação regular, comprovando que região central da via se apresenta menos degradada em comparação com as normas estabelecidas para o cálculo do IGG, mesmo assim ainda apresenta um número de IGG bem próximo do limite do conceito regular.

Também vale observar que a região norte dessa avenida, entre as estações 1 a 9, o pavimento foi construído sobre um pavimento de blocos intertravados, sendo

uma superfície rígida, resiste bem a afundamentos plásticos, mas propicia a trincas, escorregamentos e desgastes por esse pavimento rígido abaixo possuir muitas juntas e fendas abaixo do pavimento flexível que foi implantado.

4.2 PROVÁVEIS CAUSAS E OPÇÕES DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO DAS PATOLOGIAS

Após todo o levantamento das patologias e avaliação pelo IGG, foi realizado um estudo a partir de normas e referências sobre reabilitação e manutenção dos pavimentos, e foi explicado nos quadros abaixo referente a cada patologia distinta e as estações em que estão situadas para melhor identificação e exposição, como também o grau de degradação de cada avenida e seus principais trechos.

A seguir, um quadro do DNER mostrando as causas e nível de degradação das patologias.

TABELA 16 - Quadro de causas e níveis de degradação.

TIPO DE DEFEITO	CAUSAS				
	C	U	T	M	A
Trincamento por fadiga	S	P	N	S	N
Trincamento em bloco	N	S	S	S	N
Trincamento longitudinal	S	S	S	N	S
Trincamento transversal	N	S	S	S	N
trincamento na borda	S	S	P	S	S
Afundamento nas trilhas de roda	S	S	N	S	S
Ondulação	S	P	S	S	N
Escorregamento	S	P	S	S	N
Desgaste	P	N	N	S	N
Exsudação	N	N	P	S	N
Remendos	S	S	S	S	S
Panelas/buracos	S	S	S	S	N

Adaptado Senso, Pini – 2007.

C = relacionado a carga

U = relacionado a umidade

T = relacionado a temperatura

M = relacionado ao material

A = algumas combinações anteriores

N = Não

S = Sim

P = Possível

Por meio da avaliação, pode-se analisar a manifestação patológica apresentada como fissura, existente no pavimento, segundo a figura mostra abaixo. Quando a mesma analisada, se pode verificar em quais estações o defeito se encontra, identificar também as possíveis causas da patologia e definir por método objetivo, possíveis soluções de manutenção ou reabilitação como mostra o quadro abaixo.

FIGURA 15 - Fissura/fenda



Fonte: do autor, 2017

TABELA 17 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R

Patologia: Fissura/fenda		
Estações com incidências	Possíveis causas	Atividades Manutenção e Reabilitação
1, 4, 5, 9, 10, 17, 20, 28, 30, 34, 36, 37, 38, 47.	<ul style="list-style-type: none"> • Enfraquecimento estrutural durante o período de chuvas. • Problema estrutural, dimensionamento de camadas do pavimento. 	Manutenção com aplicação de selante com ligante betuminoso para amenizar a fissura ou fenda, evitando a entrada de água e posteriormente aumentar a fissura.

Fonte: Adaptado do DNIT, 2003

Por meio da avaliação, pode-se analisar a manifestação patológica apresentada como trinca transversal curta, existente no pavimento, segundo a figura mostra abaixo. Quando a mesma analisada, se pode verificar em quais estações o defeito se encontra, identificar também as possíveis causas da patologia e definir por método objetivo, possíveis soluções de manutenção ou reabilitação como mostra o quadro abaixo.

FIGURA 16 – Trinca transversal curta.



Fonte: Do autor, 2017

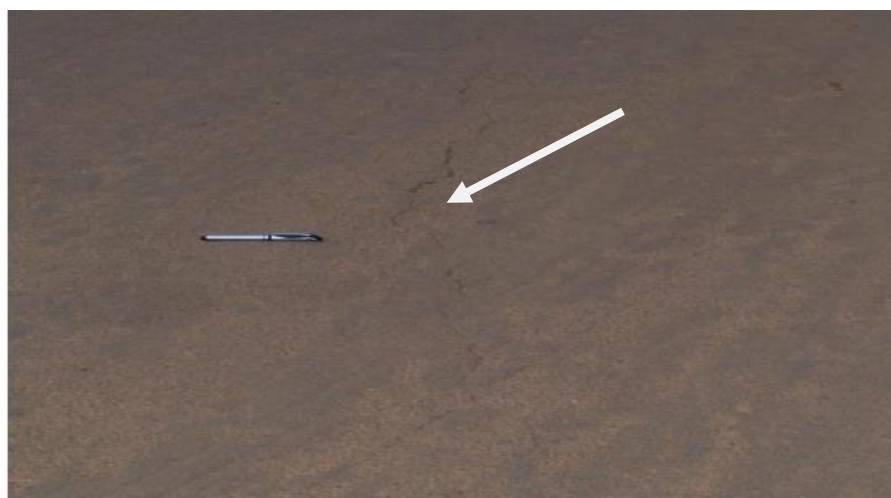
TABELA 18 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.

Patologia: Trinca transversal curta (TTC)		
Estações com incidências	Possíveis causas	Atividades Manutenção e Reabilitação
37, 52.	<ul style="list-style-type: none"> • Contração térmica do revestimento e hidráulica das outras camadas • Dilatação do revestimento devido ao gradiente térmico ou envelhecimento do asfalto • Junta de construção mal executada 	Manutenção com aplicação de selante com ligante betuminoso para evitar entrada de água e consequente enfraquecimento estrutural.

Fonte: Adaptado do DNIT, 2003

Por meio da avaliação, pode-se analisar a manifestação patológica apresentada como trinca longitudinal longa, existente no pavimento, segundo a figura mostra abaixo. Quando a mesma analisada, se pode verificar em quais estações o defeito se encontra, identificar também as possíveis causas da patologia e definir por método objetivo, possíveis soluções de manutenção ou reabilitação como mostra o quadro abaixo.

FIGURA 17 – Trinca longitudinal longa



Fonte: Do autor, 2017

TABELA 19 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R

Patologia: Trinca Longitudinal Longa (TLL)		
Estações com incidências	Possíveis causas	Atividades Manutenção e Reabilitação
4, 34, 38, 47.	<ul style="list-style-type: none"> • Junta de construção mal executada; • Contração/ dilatação do revestimento devido ao gradiente térmico ou envelhecimento do asfalto; • Propagação das trincas existente nas camadas subjacentes, como por exemplo, das bases tratadas com cimento ou juntas de revestimentos rígidos (trincas de propagação). 	<p>Manutenção</p> <ul style="list-style-type: none"> • Selante com ligante betuminoso para evitar entrada de água e consequente enfraquecimento estrutural

Fonte: Adaptado do DNIT, 2003

Por meio da avaliação, pode-se analisar a manifestação patológica apresentada como trinca tipo couro de jacaré, com ou sem erosão, existente no pavimento, segundo a figura mostra abaixo. Quando a mesma analisada, se pode verificar em quais estações o defeito se encontra, identificar também as possíveis causas da patologia e definir por método objetivo, possíveis soluções de manutenção ou reabilitação como mostra o quadro abaixo.

FIGURA 18 – Manifestação patológica, trincas couro de jacaré com erosão.



Fonte: Do autor, 2017.

TABELA 20 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.

Patologia: Trinca tipo couro de jacaré, com ou sem erosão (J e JE)		
Estações com incidências	Possíveis causas	Atividades Manutenção e Reabilitação
21, 37.	<ul style="list-style-type: none"> • Defeito gerado pela ação repetida das cargas de tráfego; • As condições ambientais (temperatura e umidade) podem acelerar o início e a propagação das trincas; • A compactação deficiente, reflexão de trincas subjacentes ao revestimento. 	<p>Manutenção:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Remendo; • Fresagem de parcela do revestimento. <p>Reabilitação:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reciclagem; • Recapeamento (reforço estrutural), sendo utilizadas geomembranas entre o pavimento antigo e o reforço para absorção do movimento horizontal das camadas inferiores .

Fonte: Adaptado do DNIT, 2003

Por meio da avaliação, pode-se analisar a manifestação patológica apresentada como afundamento plástico localizado, existente no pavimento, segundo a figura mostra abaixo. Quando a mesma analisada, se pode verificar em quais estações o defeito se encontra, identificar também as possíveis causas da patologia e definir por método objetivo, possíveis soluções de manutenção ou reabilitação como mostra o quadro abaixo.

FIGURA 19 – Afundamento plástico localizado e desgaste.



Fonte: Do autor, 2017

TABELA 21 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.

Patologia: Afundamento Plástico Localizado (ALP)		
Estações com incidências	Possíveis causas	Atividades Manutenção e Reabilitação
0, 2, 41, 44.	<ul style="list-style-type: none"> • Deficiências construtivas ou geradas por recalques do terreno de fundação, leito ou material do aterro; • Falha estrutural do pavimento; • Enfraquecimento de uma ou mais camadas devido a infiltração de água. 	<p>Manutenção:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Remendos; <p>Reabilitação:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reconstrução, restabelecendo a seção transversal com massa betuminosa ou novos materiais

Fonte: Adaptado do DNIT, 2003.

Por meio da avaliação, pode-se analisar a manifestação patológica apresentada como afundamento por consolidação localizado, existente no pavimento, segundo a figura mostra abaixo. Quando a mesma analisada, se pode verificar em quais estações o defeito se encontra, identificar também as possíveis causas da patologia e definir por método objetivo, possíveis soluções de manutenção ou reabilitação como mostra o quadro abaixo.

FIGURA 20 - Afundamento por consol. Localizado e buraco/panela.



Fonte: Do autor, 2017

TABELA 22 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R

Patologia: Afundamento por consolidação localizado (ALC)		
Estações com incidências	Possíveis causas	Atividades Manutenção e Reabilitação
5, 6, 25, 39, 34.	<ul style="list-style-type: none"> • Deficiências construtivas ou geradas por recalques do terreno de fundação, leito ou material do aterro; • Falha estrutural do pavimento; • Enfraquecimento de uma ou mais camadas devido a infiltração de água. 	<p>Manutenção:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Remendos; <p>Reabilitação:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reconstrução, restabelecendo a seção transversal com massa betuminosa ou novos materiais

Fonte: Adaptado do DNIT, 2003

FIGURA 21 - Afundamento plástico na trilha de roda, e escorregamento.



Fonte: Do autor, 2017

TABELA 23 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.

Patologia: Afundamento plástico na trilha de roda (ATP)		
Estações com incidências	Possíveis causas	Atividades Manutenção e Reabilitação
12, 13, 19, 47.	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensionamento inadequado (espessuras insuficientes); • Compactação insuficiente de uma ou mais camadas durante a construção; • Mistura asfáltica inadequada (com baixa estabilidade); • Enfraquecimento de uma ou mais camadas devido à infiltração de água; 	Reabilitação: <ul style="list-style-type: none"> • Reciclagem; • Recapeamento delgado (nas fases iniciais, precedido pelo preenchimento das depressões com concreto asfáltico); • Reconstrução, restabelecer a seção transversal com massa betuminosa.

Fonte: Adaptado do DNIT, 2003

Por meio da avaliação, pode-se analisar a manifestação patológica apresentada como afundamento por consolidação na trilha de roda, existente no pavimento, segundo a figura mostra abaixo. Quando a mesma analisada, se pode verificar em quais estações o defeito se encontra, identificar também as possíveis causas da patologia e definir por método objetivo, possíveis soluções de manutenção ou reabilitação como mostra o quadro abaixo.

FIGURA 22 - Afundamento por consolidação na trilha de roda.



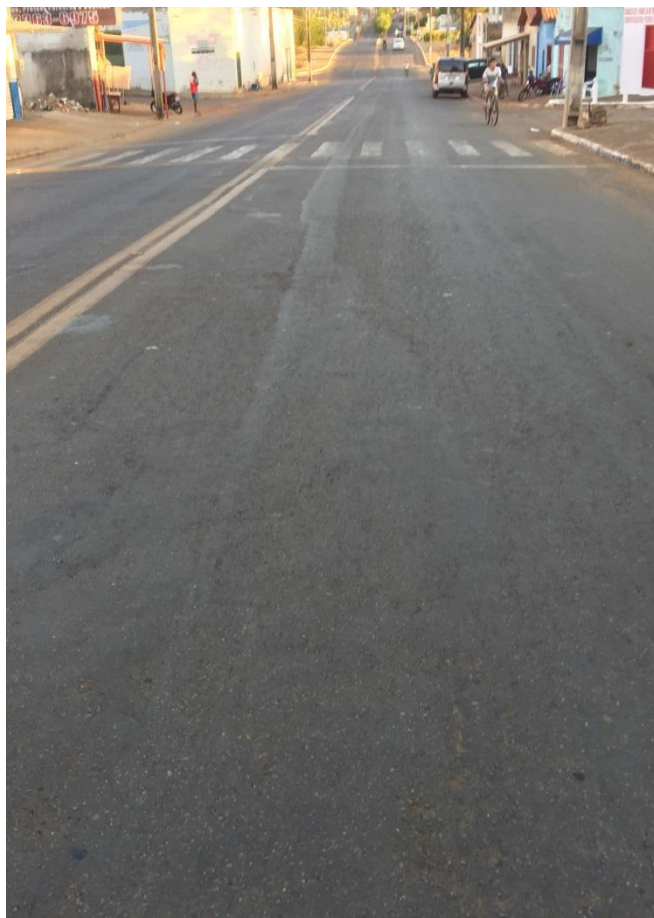
Fonte: Do autor, 2017

TABELA 24 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.

Patologia: Afundamento por consolidação na trilha de roda (ATC)		
Estações com incidências	Possíveis causas	Atividades Manutenção e Reabilitação
1, 4, 9, 11, 25.	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensionamento inadequado (espessuras insuficientes); • Compactação insuficiente de uma ou mais camadas durante a construção; • Mistura asfáltica inadequada (com baixa estabilidade); • Enfraquecimento de uma ou mais camadas devido à infiltração de água; 	Reabilitação: <ul style="list-style-type: none"> • Reciclagem; • Recapeamento delgado (nas fases iniciais, precedido pelo preenchimento das depressões com concreto asfáltico); • Reconstrução, restabelecer a seção transversal com massa betuminosa.

Por meio da avaliação, pode-se analisar a manifestação patológica apresentada como corrugação/ondulação, existente no pavimento, segundo a figura mostra abaixo. Quando a mesma analisada, se pode verificar em quais estações o defeito se encontra, identificar também as possíveis causas da patologia e definir por método objetivo, possíveis soluções de manutenção ou reabilitação como mostra o quadro abaixo.

FIGURA 23 - Corrugação / ondulação



Fonte: Do autor, 2017

TABELA 25 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.

Patologia: Corrugação/Ondulação		
Estações com incidências	Possíveis causas	Atividades Manutenção e Reabilitação
3, 10, 17, 21, 23, 32, 33, 43.	<ul style="list-style-type: none"> • Instabilidade da mistura betuminosa na camada de revestimento e/ou da base; • Falha estrutural; • Excesso de umidade das camadas subjacentes; • Contaminação da mistura asfáltica por materiais estranhos; • Retenção de água na mistura asfáltica; • Problema construtivo (fraca ligação entre base e revestimento). 	<p>Manutenção:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Remendos; <p>Reabilitação:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reciclagem (fresagem dos revestimentos com espessura superior a 5 cm, seguida de aplicação de capa selante ou concreto asfáltico; • Recapeamento delgado (sobre superfície regularizada, escarificação e mistura com material da base e compactação antes do lançamento da nova camada de revestimento).

Fonte: Adaptado do DNIT, 2003

Por meio da avaliação, pode-se analisar a manifestação patológica apresentada como desgaste/polimento, existente no pavimento, segundo a figura mostra abaixo. Quando a mesma analisada, se pode verificar em quais estações o defeito se encontra, identificar também as possíveis causas da patologia e definir por método objetivo, possíveis soluções de manutenção ou reabilitação como mostra o quadro abaixo.

FIGURA 24 – Desgaste/ polimento.



Fonte: Do autor, 2017

FIGURA 25 – Desgaste/ polimento



Fonte: Do autor, 2017

TABELA 26 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.

Patologia: Desgaste/polimento (D)		
Estações com incidências	Possíveis causas	Atividades Manutenção e Reabilitação
0, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 36, 46, 47, 52, 53, 55.	<ul style="list-style-type: none"> • Perda de coesão entre agregado e ligante devido à presença de material estranho no momento da construção; • Presença de água no interior do revestimento que originam sobrepressões hidrostáticas capazes de provocar o deslocamento; • Deficiência localizada de ligante asfáltico nos serviços por penetração decorrente de entupimento dos bicos ou má regulagem; • Abertura ao tráfego antes de o ligante aderir ao agregado. 	<p>Manutenção:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capa selante (reparo temporário); • Tratamento superficial; • Lama asfáltica. <p>Reabilitação:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reciclagem; • Recapeamento delgado.

Fonte: Adaptado do DNIT, 2003

Por meio da avaliação, pode-se analisar a manifestação patológica apresentada como panela/buraco, existente no pavimento, segundo a figura mostra abaixo. Quando a mesma analisada, se pode verificar em quais estações o defeito se encontra, identificar também as possíveis causas da patologia e definir por método objetivo, possíveis soluções de manutenção ou reabilitação como mostra o quadro abaixo.

FIGURA 26 - Buraco/Panela.



Fonte: Do autor, 2017

TABELA 27 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.

Patologia: Panela/Buraco		
Estações com incidências	Possíveis causas	Atividades Manutenção e Reabilitação
1, 2, 4, 6, 7, 10, 12, 13, 15, 16, 18, 22, 25, 26, 33, 37, 40, 45, 47.	<ul style="list-style-type: none"> • Falha estrutural (revestimento com pequena espessura ou baixa capacidade de suporte das camadas inferiores); • Segregação da mistura (falta de ligante asfáltico em pontos localizados); • Trincamento (estágio terminal); • Desintegração localizada na superfície do pavimento (desgastes de severidade alta); • Evolução dos defeitos; • Problema construtivo (drenagem inadequada). 	<p>Manutenção:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Remendos (reparo permanente); <p>Reabilitação:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recapeamento (reforço estrutural) após a execução dos remendos.

Fonte: Adaptado do DNIT, 2003

Por meio da avaliação, pode-se analisar a manifestação patológica apresentada como remendo, existente no pavimento, segundo a figura mostra abaixo. Quando a mesma analisada, se pode verificar em quais estações o defeito se encontra, identificar também as possíveis causas da patologia e definir por método objetivo, possíveis soluções de manutenção ou reabilitação como mostra o quadro abaixo.

FIGURA 27 – Remendo



Fonte: Do autor, 2017

TABELA 28 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.

Patologia: Remendo (R)		
Estações com incidências	Possíveis causas	Atividades Manutenção e Reabilitação
1, 2, 4, 6, 7, 10, 12, 13, 15, 16, 18, 22, 25, 26, 33, 37, 40, 45, 47.	<ul style="list-style-type: none"> • Solicitação intensa do tráfego; • Emprego de material de má qualidade; • Agressividade das condições ambientais; • Problemas construtivos. 	Reabilitação: <ul style="list-style-type: none"> • Reconstrução, Conhecido com operação “tapa-buraco”.

Fonte: Adaptado do DNIT, 2003

Por meio da avaliação, pode-se analisar a manifestação patológica apresentada como escorregamento do revestimento betuminoso, existente no pavimento, segundo a figura mostra abaixo. Quando a mesma analisada, se pode verificar em quais estações o defeito se encontra, identificar também as possíveis causas da patologia e definir por método objetivo, possíveis soluções de manutenção ou reabilitação como mostra o quadro abaixo.

FIGURA 28 – Escorregamento do revestimento betuminoso.



Fonte: Do autor, 2017

TABELA 29 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R.

Patologia: Escorregamento do revestimento betuminoso (E)		
Estações com incidências	Possíveis causas	Atividades Manutenção e Reabilitação
8, 22, 38 e 41	<ul style="list-style-type: none"> • Ligação insuficiente entre o revestimento e a camada abaixo (falha na imprimação ou pintura de ligação); • Compactação malfeita das misturas asfálticas ou da porção superior da camada de base; • Movimentação plástica do revestimento na ocorrência de temperaturas elevadas. 	<p>Reabilitação:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reciclagem do pavimento <p>Restauração</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratamento superficial (temporário, para nivelção do pavimento).

Fonte: Adaptado do DNIT, 2003.

Por meio da avaliação, pode-se analisar a manifestação patológica apresentada como exsudação, existente no pavimento, segundo a figura mostra abaixo. Quando a mesma analisada, se pode verificar em quais estações o defeito se encontra, identificar também as possíveis causas da patologia e definir por método objetivo, possíveis soluções de manutenção ou reabilitação como mostra o quadro abaixo.

FIGURA 29 - Exsudação



Fonte: Do autor, 2017

TABELA 30 - Resumo das possíveis causas de degradação e atividades de M e R

Patologia: Exsudação (EX)		
Estações com incidências	Possíveis causas	Atividades Manutenção e Reabilitação
Estações 39, 40, 42.	<ul style="list-style-type: none"> • excesso de ligante betuminoso. • Migração do ligante através do revestimento. 	<p>Manutenção:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicação de areia quente • Tratamento superficial <p>Reabilitação:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reciclagem

Fonte: Adaptado do DNIT, 2003

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES FINAIS

De acordo com este trabalho de graduação aqui descrito evidencia-se que é de grande importância o conhecimento dos tipos de defeitos que se manifestam no pavimento asfáltico, para se construir uma análise satisfatória das condições dos mesmos e para direcionar as melhores técnicas de manutenção e reabilitação.

Através das análises e conclusões apresentadas neste trabalho, considera-se de grande relevância para o pavimento a identificação das patologias existentes, pois não há dúvidas de que a manutenção e reabilitação podem ser utilizadas como soluções para os problemas de segurança, conforto e condições satisfatórias das avenidas e ruas da cidade de Porto Nacional.

Entretanto, deve-se considerar uma avaliação objetiva da superfície do pavimento, com o método IGG. No estudo de caso apresentado, foi aplicado o método de IGG, com base nas suas condições exigíveis, e a contagem e classificação de ocorrências aparentes e das medidas das deformações permanentes nas trilhas de roda. As mesmas por mais que com pouca ocorrência, trouxe alguma relevância no valor final do IGG encontrado nas avenidas.

Com base no cálculo do valor do IGG, foi realizada uma comparação gráfica do estado do pavimento, das três avenidas, onde pôde verificar a maior presença de patologias existentes, e de forma fácil e visível, o nível de degradação de cada uma.

Foram detalhadas e calculado para as três avenidas distintamente avaliadas, um valor do IGG. Com isso pôde verificar que a avenida mais degradada é a Avenida Sergipe, localizada entre os bairros Jardim Querido e Novo Planalto, uma via muito importante e de alto nível de tráfego, a mesma obteve um estado de degradação péssimo.

Com um nível menor de degradação a Avenida das Nações Unidas, que obteve um IGG ruim, tendo bastante relevância no resultado pois não se trata de um pavimento muito antigo segundo as informações técnicas locais obtidas do município. Foram tabeladas todas as incidências na avenida e como pode ser feito sua reabilitação, de forma objetiva, mas também especifica por se tratar realmente quais problemas e condições são encontradas na via.

A avenida em melhores condições é a Avenida Joaquim Aires, essa que liga o centro de Porto Nacional ao setores vila nova e nova capital, tem um fluxo grande de tráfego de veículos e pedestres. A via contabilizou um IGG regular, bastante

conservada em comparações com as outras avenidas, ela teve um recapeamento há pouco mais de 3 anos e não apresentou alta incidência de manifestações patológicas.

Entre as patologias mais recorrentes em pavimentos asfálticos flexíveis estão as fissuras, desgastes precoces, deformações na camada de revestimento, afundamentos da trilha de roda, formação de painéis. Essas falhas e deformidades colocam em risco a segurança e comprometem o conforto dos usuários das vias, portanto é fundamental que os responsáveis pela estrutura viária do município estejam preparados para realizar a identificação e a aplicação de técnicas voltadas para a manutenção e reabilitação como solução corretiva.

Grande parte dessas referidas patologias em pavimentos flexíveis tem natureza evolutiva, onde uma pequena fissura, pode por exemplo, evoluir para uma trinca caso não venha a ser eliminada no estágio inicial, e conseqüentemente após sofrer ação do tráfego e dos fenômenos climáticos, se transformar em um painel. Nesse caso, quanto mais cedo forem aplicadas as técnicas de correção, menor será o custo para os cofres públicos.

De maneira geral, o que se constata é execução de remendos como operação mais usual na conservação do pavimento das vias de Porto Nacional. O reparo imediato das patologias do pavimento visa manter os níveis de desgaste em nível baixo, de forma que a conservação seja menos complexa, de forma que a partir da verificação de rupturas em determinados trechos e a conseqüente penetração da água no subleito, serão constatados maiores danos para o pavimento.

Conforme visto na área de estudo *in loco*, o padrão mais usual de remendos na reparação de pavimentos flexíveis são os remendos superficiais na forma de reparos e consertos provisórios e em alguns locais, os remendos profundos na forma de reparos e consertos permanentes.

Outro fator a ser considerado na questão de patologias nos pavimentos urbanos recai sobre a real execução do que é projetado, como em casos em que se planeja um padrão de pavimentação e se emprega outro de qualidade inferior, fazendo com que o desgaste se apresente antes do previsto e dessa forma se faça necessário o gasto com manutenção e em casos extremos a remoção e nova implantação de pavimento.

Enfim, conclui-se que os pavimentos da cidade de Porto Nacional e também grande parte do Brasil, não são feitas suas manutenções de forma adequada, na

maioria das vezes, prejudicando a vida útil e conforto para quem os utilizam. Procura-se mostrar nesse trabalho como se pode realizar de forma prática e eficaz, a avaliação de pavimentos urbanos com métodos alternativos e específicos, podendo assim somar para a uma qualidade melhor das vias de utilização pública e espera-se assim, contribuir para um melhor desenvolvimento dos serviços de manutenção e restauração das rodovias e vias urbanas do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Mário Henrique. **Introdução à pavimentação**. Notas de aula, 2007.

BRASIL, Departamento Nacional de Infra-Estrutura De Transportes. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Terminologia**. DNIT 005/2003– TER. Rio de Janeiro: DNIT, 2003.

BALBO, Jose Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais projetos e restauração**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007. 558p.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras: ABEDA, 2006. 504 p.

BRASIL, Departamento Nacional de Infra-Estrutura De Transportes. **Índice de gravidade global para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos**. DNIT 006/2003– PRO. Rio de Janeiro: DNIT, 2003.

BRASIL, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **Manual do aluno**. Volume I, Rio de Janeiro: DNIT, 2009.

BRASIL, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **Manual de gerência de pavimentos**. Rio de Janeiro (RJ), 2010.

BRASIL, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. 2. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2005.

BRASIL, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **Manual de pavimentação** 3. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

CICHINELLI, Gisele. New Roads Consultoria. **Recuperação e Reforço de Pavimentos**. Brasília, 2015. Disponível em: <http://newroads.com.br/2015/03/recuperacao-e-reforco-de-pavimentos/>. Acesso em setembro de 2016.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transporte. **Norma 005 Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos –Terminologia** Rio de Janeiro. 2003. 12p.

FERNANDES JR., ODA, ZERBINI. **Defeitos e atividades de manutenção e reabilitação em pavimentos asfálticos**. São Carlos – SP: EESC – USP, 2010. 105

GONÇALVES, Fernando Pluguiero. **O diagnóstico e a manutenção dos pavimentos**. Notas de aula, 1999.

GOOGLE MAPS. **Mapeamento da cidade de porto Nacional**. Brasil, 2017. Disponível em: www.google.com.br. Acesso em Agosto de 2017.

LIMA, Dario Cardoso de; ROHM, Sérgio Antônio; BUENO, Benedito de Souza; **Tópicos de estradas**. Universidade Federal de Viçosa – Imprensa universitária. Minas Gerais, 1993.

MAIA, I. M. C. M. **Caraterização de Patologias em Pavimentos Rodoviários**. Dissertação- Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2012.

Manual de Projeto e Práticas Operacionais para segurança nas rodovias. Rio de Janeiro: IPR, 2010a. 280 p.

MARQUES, Geraldo Luciano. **Pavimentação**. Notas de aula, 2007.

MARODIN, E. E. **Alternativa de dimensionamento para o pavimento da BR-448: Análise Mecânica com Aplicação de BGTC**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

MINHOTO, A. **Consideração da Temperatura no Comportamento à Reflexão de Fendas dos Reforços de Pavimentos Rodoviários Flexíveis**. Braga: Escola de Engenharia, Universidade do Minho, 2005.

MOURA, E. **Transportes e Obras de Terra Movimento de Terra e Pavimentação: Apostila de Projeto de Pavimento**. 2º semestre/2014. Disponível em: www.professoredmoura.com.br. Acesso em setembro de 2016.

MOURA FILHO, J. S. **Diagnóstico de Pavimentos Asfálticos - Um Estudo de Caso da RN-041 Angicos-RN**, 2013. Universidade Federal Rural do Semiárido, Campus Angicos - Departamento Ciências Exatas Tecnológicas e Humanas - Dceth Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia.

NUNES, *et al.* **Patologias do Asfalto: Processos para Prevenir e Corrigir Deteriorações**. 2016. Disponível em: <http://docplayer.com.br/14566048-Patologias-do-asfalto-processos-para-prevenir-e-corriger-deterioracoes.html>. Acesso em setembro de 2016.

SEOANE. T. **Pavimento Rígido. Infraestrutura Urbana**. São Paulo, 2014. Disponível em: <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/42/em-vias-urbanas-com-corredores-de-onibus-ligacao-entre-pavimentos-326391-1.aspx>. Acesso em setembro de 2016.

SENÇO, Wlastermiler. **Manual de técnicas de pavimentação**. Volume I, 2. ed. São Paulo: Pini, 2007.

SENÇO, Wlastermiler. **Manual de técnicas de pavimentação**. Volume II, 1. ed. São Paulo: Pini, 2001.

SILVA, Paulo Fernando A. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2008.

SILVA, A. H. M. **Avaliação do comportamento de pavimentos com camada reciclada de revestimentos asfálticos a frio com emulsão modificada por polímero**. 2011. 143 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

ZAGONEL, A. R. **Inovações em Revestimentos Asfálticos Utilizados no Brasil**. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul Departamento de Ciências Exatas e Engenharias. Curso de Graduação em Engenharia Civil Ijuí/RS, 2013.

ZUKOWSKI JR, Joel Carlos. **Cadernos universitários 66. Manual para apresentação de trabalhos acadêmicos**. Canoas – RS: Ed ULBRA, 2002.

ANEXOS



Fonte: Do autor, 2017



Fonte: Do autor, 2017



Fonte: Do autor, 2017



Fonte: Do autor, 2017



Fonte: Do autor, 2017



Fonte: Do autor, 2017



Fonte: Do autor, 2017