



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ALFREDO TORRES DE ALMEIDA NETO

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DO PAVIMENTO ASFÁLTICO EM ÁREAS URBANAS
- ESTUDO DE CASO: RUA ANTONIO GURJÃO/ BAIRRO SÃO GERALDO - PAU
DOS FERROS –RN

Pau dos Ferros/RN

(2019)

ALFREDO TORRES DE ALMEIDA NETO

**ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DO PAVIMENTO ASFÁLTICO EM ÁREAS URBANAS
- ESTUDO DE CASO: RUA ANTONIO GURJÃO/ BAIRRO SÃO GERALDO - PAU
DOS FERROS –RN**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em ENGENHARIA CIVIL.

Orientadora: Prof^a Ma. Marília Cavalcanti Santiago

Co-orientador: Prof. Dr. Cláwsio Rogerio Cruz de Sousa

Pau dos Ferros/RN

(2019)

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

T447a Torres de Almeida Neto, Alfredo.
ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DO PAVIMENTO ASFÁLTICO EM
ÁREAS URBANAS - ESTUDO DE CASO: RUA ANTONIO
GURJÃO/ BAIRRO SÃO GERALDO - PAU DOS FERROS ?RN /
Alfredo Torres de Almeida Neto. - 2019.
64 f. : il.

Orientadora: Marília Cavalcanti Santiago.
Coorientadora: Cláudio Rogerio Cruz de Sousa.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2019.

1. Pavimento. 2. Drenagem. 3. Durabilidade. 4.
Patologia. I. Cavalcanti Santiago, Marília,
orient. II. Rogerio Cruz de Sousa, Cláudio, co-
orient. III. Título.

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

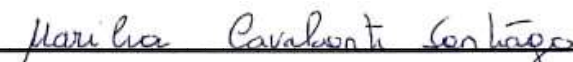
ALFREDO TORRES DE ALMEIDA NETO

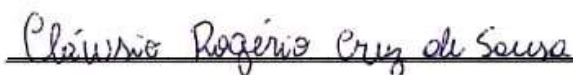
**ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DO PAVIMENTO ASFÁLTICO EM ÁREAS URBANAS
- ESTUDO DE CASO: RUA ANTONIO GURJÃO/ BAIRRO SÃO GERALDO - PAU
DOS FERROS – RN**

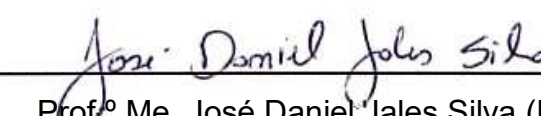
Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em ENGENHARIA CIVIL.

Defendida em: 15 /03 / 2019

BANCA EXAMINADORA


Prof.^a Ma. Marília Cavalcanti Santiago (UFERSA)
Presidente


Prof.^o Dr. Cláudio Rogério Cruz de Sousa (UFERSA)
Membro Examinador


Prof.^o Me. José Daniel Jales Silva (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço, à Deus, pela força e coragem que tem me concedido para que chegasse até o fim dessa caminhada.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, por proporcionar uma realização pessoal e profissional e pelas amizades construídas neste tempo, pessoas que não serão esquecidas.

Aos meus pais, José Leite de Almeida e Noaste Neide da Silva Almeida, pelo empenho incondicional na minha educação e formação.

A minha professora e orientadora Marilia Cavalcanti Santiago, pelos conhecimentos repassados, pela paciência, disposição pois sem a sua ajuda não teria concretizado este trabalho.

Ao professor e co-orientador Cláwsio Rogério Cruz de Sousa, por sua valiosa colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

“A mente que se abre a uma nova
ideia jamais voltará ao seu
tamanho original”. (Albert Einstein)

RESUMO

O sistema rodoviário de transporte, o modal mais usado no Brasil, vem passando por grandes problemas as más condições dos pavimentos. Sem conservação periódica ou mês as restaurações mais profundas, usuários convivem com a dificuldade de realizar suas viagens, devido as péssimas condições de rolamento, aumentando o tempo de viagens, aumento nos custos com o consumo de combustíveis e manutenção dos veículos e com a ocorrência de acidentes, entre outros danos. Todavia, a falta de manutenção da infraestrutura viária se reflete nas cidades cujo sistema viário se apresenta inseguro, sem segurança e conforto além do descaso com a sinalização, interferindo na mobilidade e acessibilidade dos usuários, sejam condutores de veículos, motorizados ou não, sejam pedestres. Com isso, se reveste de uma importância relevante o estudo, controle de qualidade da matéria prima, da execução e conservação da qualidade do pavimento, de modo a manter boas condições de tráfego, garantindo conforto e segurança aos condutores. Destaque-se ainda a importância de equipamentos de drenagem para uma boa durabilidade do pavimento, tanto em vias rurais quanto urbanas. Este estudo analisa das condições do pavimento asfáltico em áreas urbanas, especificamente o trecho da rua Antônio Gurjão na cidade de Pau dos Ferros – RN, verificando causas e fazendo sugestões de melhoria. Para isto, foi realizada uma pesquisa de contagem volumétrica, com objetivo de determinar a quantidade, sentido e composição do fluxo de tráfego no local, registrando fotograficamente os problemas ocasionados pelas condições e rolamento e pela falta de drenagem das águas do pavimento. Os resultados apontaram para o estado avançado de deterioração do pavimento e ausência de elementos de drenagem no local. Assim, as alternativas de solução sugeridas foram: a construção de sarjetas laterais para escoamento das águas pluviais, implantação do sistema de escoamento sanitário e para a recuperação do pavimento; a retirada do material asfáltico existente através do processo de fresagem; a regularização da base com compactação e posterior execução de uma nova camada asfáltica.

Palavras-Chave: Pavimento, Drenagem, Durabilidade, Patologia.

ABSTRACT

The road transport system, the most used modality in Brazil, is going through great problems the bad conditions of the pavements. Without periodic conservation or month of the deepest restorations, users coexist with the difficulty of carrying out their travels, due to poor rolling conditions, increasing travel time, increased costs with fuel consumption and maintenance of vehicles and with the occurrence of accidents, among other damages. However, the lack of maintenance of the road infrastructure is reflected in cities whose road system is unsafe, without safety and comfort, in addition to negligence with signaling, interfering with the mobility and accessibility of users, whether drivers of vehicles, motorized or not, whether pedestrian . Therefore, the study, quality control of the raw material, the execution and conservation of pavement quality are of relevant importance, in order to maintain good traffic conditions, guaranteeing comfort and safety to drivers. The importance of drainage equipment for good pavement durability, both in rural and urban roads, is also highlighted. This study analyzes the conditions of asphalt pavement in urban areas, specifically the Antônio Gurjão street stretch in the city of Pau dos Ferros - RN, verifying causes and making suggestions for improvement. For this purpose, a volumetric counting survey was carried out to determine the quantity, direction and composition of traffic flow in the site, photographically recording the problems caused by the conditions and bearing and the lack of drainage of the pavement water. The results pointed to the advanced state of deterioration of the pavement and absence of drainage elements at the site. The following alternative solutions were suggested: the construction of lateral gutters for drainage of rainwater, implementation of the sanitary drainage system and for the recovery of the pavement; removal of the existing asphalt material through the milling process; the regularization of the base with compaction and subsequent execution of a new asphalt layer.

Keywords:. Flooring, Drainage, Durability, Pathology

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Camadas Características de um Pavimento Flexível	20
Figura 02: Camadas Características de um Pavimento Semi- Rígido	21
Figura 03: Camadas Características do Pavimento Rígido	22
Figura 04: Sub-base (a) e Base(b) Granulares	22
Figura 05: Base de Macadame Hidráulico	23
Figura 06: Fissuras no Pavimento asfáltico	26
Figura 07: Trinca transversal no Pavimento asfáltico	27
Figura 08: Trinca longitudinal no Pavimento asfáltico	27
Figura 09: Trincas em malha no Pavimento asfáltico	28
Figura 10: Afundamento plástico do Pavimento asfáltico	29
Figura 11: Afundamento de consolidação do Pavimento asfáltico	30
Figura 12: Ondulação ou Corrugação no Pavimento asfáltico	31
Figura 13: Escorregamento do Pavimento asfáltico	31
Figura 14: Desgaste do Pavimento asfáltico	32
Figura 15: Panela ou buraco no Pavimento asfáltico	33
Figura 16: Remendo no Pavimento asfáltico	33
Figura 17: Exsudação	34
Figura 18: Camada de reforço	35
Figura 19: Fresagem	36
Figura 20: Reciclagem	36
Figura 21: Camada anti-reflexão de trincas	37
Figura 22: Selagem asfáltica	37
Figura 23: Remendo superficial	38
Figura 24: Remendo profundo	38
Figura 25: Whitetopping	39
Figura 26: Sarjeta Lateral	41
Figura 27: Boca de lobo Simples	41
Figura 28: Boca de lobo com grelha	42
Figura 29: Poços de Visita	42
Figura 30: Galeria	43
Figura 31: Rua Antônio Gurjão	48

Figura 32: Esgoto a céu aberto	48
Figura 33: Couro de jacaré na Rua Antônio Gurjão	49
Figura 34: Buraco na rua Antônio Gurjão	49
Figura 35: Idealização da Rua Antônio Gurjão	51
Figura 36: Talude impermeabilizado	52
Figura 37: Área de contribuição	53
Figura 38: Coeficiente de escoamento superficial	55
Figura 39: Dimensões transversal da Rua Antônio Gurjão	56
Figura 40: Sarjeta Triangular	57

LISTA DE GRÁFICO

GRÁFICO 1: Pesquisa de Trafego.....	51
--	----

LISTA DE MAPAS

MAPA 1: Mapa do Estado do Rio Grande do Norte	46
MAPA 2: Pau dos Ferros com destaque das vias	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	17
OBJETIVO GERAL	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 PESQUISA DE TRAFEGO	18
3.1.1 CLASSIFICAÇÃO DAS PESQUISAS DE TRÁFEGO	18
a) Contagens Globais:	19
b) Contagens Direcionais:	19
c) Contagens Classificatórias:	19
4. PAVIMENTO	19
4.1 CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS	20
4.2 CAMADAS DOS PAVIMENTOS	22
4.2.1 BASES E SUB-BASES FLEXÍVEIS E SEMI-RÍGIDAS	22
4.2.2 BASES E SUB-BASES RÍGIDAS	24
4.3 DEFEITOS NOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS	25
4.3.1 Fenda	26
4.3.1.1 Fissura	26
4.3.1.2 Trinca	26
4.3.1.3 Trinca isolada	26
4.3.1.4 Afundamento	29
4.3.1.5 Afundamento plástico	29
4.3.1.6 Afundamento de consolidação	30
4.3.1.7 Ondulação ou Corrugação	30
4.3.1.8 Escorregamento	31
4.3.1.9 Desgaste	32

4.3.1.10	Panela ou buraco	32
4.3.1.11	Remendo	33
4.3.1.12	Remendo profundo.....	34
4.3.1.13	Remendo superficial.....	34
4.3.1.14	Exsudação	34
5.	RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS	35
5.1	CAMADA DE REFORÇO ESTRUTURAL	35
5.2	FRESAGEM.....	36
5.3	RECICLAGEM	36
5.4	CAMADA ANTI-REFLEXÃO DE TRINCAS	37
5.5	SELAGEM	37
5.6	REMENDO SUPERFICIAL	38
5.7	REMENDO PROFUNDO	38
5.8	WHITETOPPING	39
6.	DRENAGEM	39
7.	METODOLOGIA	44
7.1	ÁREA DE ESTUDO	45
8.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
8.1	– Identificação dos defeitos do pavimento	48
8.2	– Contagem Volumétrica.....	51
8.3	– Dimensionamento da drenagem.....	52
10.	REFERÊNCIAS	61
	APENDICE A	63
	ANEXO A	64

1. INTRODUÇÃO

O surgimento da indústria no Brasil iniciada no século XX, o processo de saída do homem do campo para as cidades se inicia, sendo a industrialização um dos principais fatores do deslocamento da sociedade rural para o meio urbano, transição conhecida como êxodo rural. Este fenômeno provocou a modificação do modelo econômico nacional que até o ano de 1950 era predominantemente rural e que tinha como a principal atividade econômica a exportação de produtos agrícolas, como o café. Saindo do modelo agrário-exportador para o modelo urbano-industrial, outro fator que incentivou o deslocamento campo-cidade a concentração fundiária e a mecanização das atividades no campo. (GOBBI 2015)

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE em 1940 a taxa de urbanização no Brasil era de 31,24%. No ano de 1950, durante os governos de Getúlio Vargas e Juscelino Kubitschek, esse crescimento passou para 36,16% e 20 anos depois mais da metade já viviam nas áreas urbanas ocupando 55,92%. Segundo o censo de 2010, realizado pelo IBGE, o índice de brasileiros que vivem nas áreas urbanas era de 84,36%, equivalendo aos níveis de urbanização dos países desenvolvidos.

O rápido processo de crescimento em um curto período de tempo e a ausência de um planejamento urbano no Brasil, trouxe uma série de consequências negativas como: desordenamento das áreas periféricas dos grandes centros urbanos, ou seja, a favelização, violência urbana, poluição, enchentes, congestionamento, poluição sonora, poluição visual, uso do solo desordenado, entre outras. Atualmente, há uma preocupação em evitar o crescimento urbano desordenado, adotando ações eficazes para melhorar a qualidade de vida nas cidades, criando padrões construtivos e redes viárias que favoreçam a acessibilidade e mobilidade.

O crescimento exponencial da frota de veículos motorizados em circulação no início do século XXI foi perceptível, favorecendo a uma crise de circulação nas áreas centrais e nos seus entornos, favorecendo aos conflitos entre pedestres e sistemas não-motorizados na ocupação e utilização do espaço urbano. No Brasil, segundo dados do Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN (2018), a frota em

circulação no ano de 2001 era pouco mais de 24,5 milhões. Segundo esse mesmo estudo, em 2012 esta quantidade de veículos passou para 50,2 milhões, significando um crescimento de 100% num período de 11 anos. O estudo ainda relata que, em 2017, essa taxa de crescimento foi de 104,5%, representando 97.091.956 veículos automotores.

O tráfego de veículos motorizados constitui atualmente um importante fator de redução da qualidade de vida no meio urbano (Duarte, 2006, p.17). Além disso, esse fato promove vários problemas enfrentados pela população, não apenas nas grandes das cidades, mas também em cidades de médio e pequeno portes e/ou lugarejos rurais.

Um dos fatores que rege uma boa circulação e mobilidade numa cidade é a malha viária de qualidade. Segundo Carneiro (2018) com o traçado das vias pode-se identificar o crescimento de uma determinada cidade. No entanto, a maioria das cidades brasileiras, principalmente as de pequeno e médio portes, se desenvolvem de modo desordenado, caracterizado por uma expansão viária sem continuidade e características geométricas que favorecem a circulação de pessoas e veículos de modo inseguro.

A infraestrutura viária pode ser entendida como meio suporte do espaço urbano e os motoristas têm enfrentado cada vez mais problemas com má qualidade dos pavimentos, caracterizado por diversos tipos de irregularidades, motivadas principalmente por defeitos de execução e falta de ações de conservação frequente e/ou restaurações e ainda pela ausência à presença de sistemas de drenagem de águas pluviais eficientes, sinalização adequada, controle de estacionamentos entre outros problemas.

Segundo o Manual Recuperação de Pavimentos DNIT (2006) o desgaste do pavimento é previsível, principalmente pelos efeitos das cargas mecânicas dos veículos em circulação, e por isso, é fundamental a avaliação periódica para doção de medidas reparadoras. Sem qualquer ação de conservação ou restauração, os defeitos surgidos ao longo do tempo são agravados, principalmente, pela falta de drenagem adequada, seja de águas pluviais ou de esgotamento sanitário. Problemas como rachaduras e buracos, acabam se expandindo e se agravando pela

infiltração, podendo afetar funcionalmente e estruturalmente as camadas do pavimento.

Este trabalho apresentou a identificação das irregularidades no pavimento do trecho em estudo, buscou analisar as possíveis causas e propõe alternativas de melhoria, considerando, principalmente, por ser uma via de ligação entre a BR 226 de acesso à cidade de Pau dos Ferros e a região central.

2. OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Análise das condições do pavimento asfáltico em áreas urbanas, as irregularidades presentes no trecho em estudo, quanto as prováveis causas e propondo alternativas de melhoria.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar contagem volumétrica;
- Identificar e classificar as patologias presentes no pavimento;
- Verificar as prováveis causas das irregularidades identificadas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PESQUISA DE TRAFEGO

A contagem do trafego determina as diretrizes para o controle da infraestrutura do pavimento e otimização do fluxo. No Brasil onde predomina o modal rodoviário, responsável pela mobilidade de bens de consumo e da população. Torna-se assim, importante para os órgãos responsáveis pela infraestrutura rodoviária, como o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) a existência de pesquisas sobre esta movimentação, caracterizando dos mais diversos fluxos existentes e quais as malhas rodoviárias mais utilizadas para uma manutenção e planejamento adequados a segurança, conforto e economia.

Conforme o Manual de Estudos de Trafego do DNIT (2006) os procedimentos normalmente utilizados na engenharia de tráfego para levantamentos de dados de campo são as pesquisas realizadas através de entrevistas ou observações diretas ou indiretas auxiliadas, na atualidade, pela tecnologia de equipamentos precisos de contagens e medições e da informática. Nas entrevistas são utilizados formulários ou questionários com perguntas realizadas oralmente ou escritas pelos usuários. Na observação direta ou indireta são registrados os fenômenos de trânsito sem interrompe-los.

3.1.1 CLASSIFICAÇÃO DAS PESQUISAS DE TRÁFEGO

Segundo o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006) as contagens volumétricas visam determinar a quantidade, o sentido e a composição do fluxo de veículos que passam por um ou vários pontos selecionados do sistema viário, numa determinada unidade de tempo. Essas informações serão usadas na análise de capacidade, na avaliação das causas de congestionamento e de índices de acidentes, no dimensionamento do pavimento, nos projetos de canalização do tráfego e outras melhorias.

As contagens volumétricas para estudos em áreas rurais classificam-se em:

a) Contagens Globais:

São aquelas em que é registrado o número de veículos que circulam por um trecho de via, independentemente de seu sentido, agrupando-os geralmente pelas suas diversas classes. São empregadas para o cálculo de volumes diários, preparação de mapas de fluxo e determinação de tendências do tráfego.

b) Contagens Direcionais:

São aquelas em que é registrado o número de veículos por sentido do fluxo e são empregadas para cálculos de capacidade, determinação de intervalos de sinais, justificação de controles de trânsito, estudos de acidentes, previsão de faixas adicionais em rampas ascendentes, etc.

c) Contagens Classificatórias:

Nessas contagens são registrados os volumes para os vários tipos ou classes de veículos. São empregadas para o dimensionamento estrutural e projeto geométrico de rodovias e interseções, cálculo de capacidade, cálculo de benefícios aos usuários e determinação dos fatores de correção para as contagens mecânicas.

4. PAVIMENTO

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), pavimento é a superfície construída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentes sobre o terreno de fundação denominado subleito, limitado superiormente pelo pavimento, que deve ser estudado e considerado até a profundidade de atuação das cargas impostas pelo tráfego, de forma significativa. De acordo com esse manual a ação das cargas deve ser considerada atuando até uma profundidade de 1,50 m, numa área de 0,60 m² do pavimento.

Em geral os pavimentos se classificam em três tipos: flexível, semi-flexível ou semi-rígido e rígidos, com relação a sua capacidade de suporte aos volumes de

tráfego previstos em projeto e que circularão pelas rodovias durante sua vida útil. As funções dos pavimentos, em geral, são resistir e distribuir de forma conveniente as solicitações de carga e esforços de carga advindas do tráfego para a camada do subleito ou de fundação, sejam esforços horizontais que favorecem ao desgaste da superfície de rolamento ou esforços verticais provenientes dos pesos dos veículos além de resistir as intempéries e proteger as camadas inferiores da ação da água superficiais ou subterrâneas através de elementos de drenagem.

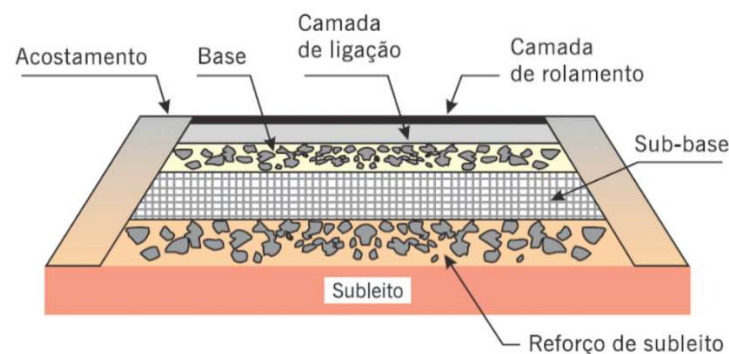
Essa resposta eficiente na distribuição e absorção das cargas atuantes do tráfego será evidenciada no dimensionamento das camadas constituintes do pavimento e nas propriedades físicas dos materiais usados na execução de cada camada constituinte.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS

De uma forma geral os pavimentos são classificados em 3 tipos: pavimento flexível, pavimento semi- flexível e pavimento rígido (DNIT-2006).

Dá-se a denominação de pavimento flexível àquelas cujas camadas constituintes estão sujeitas a deformação plástica significativa devido à ação das cargas do tráfego. Em geral, podem estar constituídos de camadas, assentes sobre o terreno de fundação denominado subleito, hierarquicamente posicionadas em função da capacidade de suporte dos materiais constituintes, denominadas: subleito, reforço de subleito, sub-base, base e revestimento, em geral de concreto asfáltico (Figura 01).

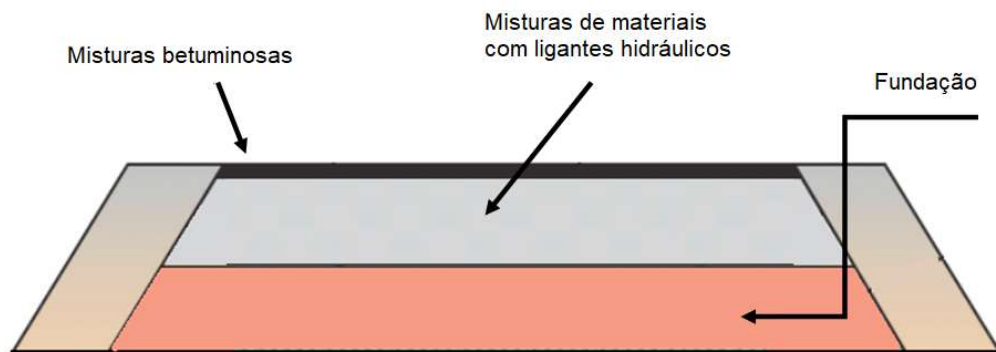
Figura 01: Camadas Características de um Pavimento Flexível



Fonte: ibracon.org.

Os pavimentos semi-rígidos caracterizam por serem constituídos também de camadas, onde a base é executada com materiais de maior rigidez, principalmente pela regularização com materiais cimentantes ou solo cimento, sob um revestimento também asfáltico, assente sobre o solo de fundação (subleito) (Figura 02).

Figura 02: Camadas Características de um Pavimento Semi- Rígido

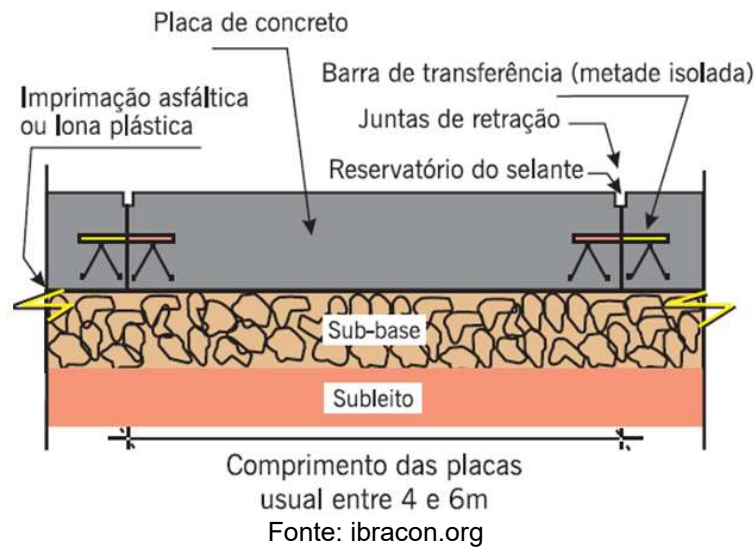


Fonte: ibracon.org, modificada.

Sendo mais executados como vias urbanas, recomendados para o tráfego de veículos pesados, porém não indicados para grandes cargas estáticas. Como se constituem de poucas camadas são de rápida execução e de custos mais baixos. Em geral, a camada de revestimento asfáltico se assenta sobre uma base rígida de paralelepípedos, material que reveste, inicialmente, a maioria das vias urbanas quando da necessidade de melhorar as condições de tráfego, principalmente em cidades de pequeno porte.

Os pavimentos rígidos por sua vez, caracterizam-se por serem revestidos de camada de alta rigidez em relação às camadas inferiores. Essa camada mais rígida em geral é executada em concreto, armado ou não, em função das cargas do tráfego pesado previstas em projetos. Comumente são constituídos de lajes de concreto de cimento Portland (Figura 03).

Figura 03: Camadas Características do Pavimento Rígido



4.2 CAMADAS DOS PAVIMENTOS

4.2.1 BASES E SUB-BASES FLEXIVEIS E SEMI-RIGIDAS

Segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006) as bases e sub-bases flexíveis e semi-rígidas se classificam em dois grandes grupos: granulares e estabilizadas com aditivos.

As bases granulares (Figura 04) caracterizam-se por serem constituídas de solos, britas, escória de alto forno ou pela mistura desses materiais. Essas camadas granulares são flexíveis e a estabilização granulométrica se faz por compactação de um material ou pela mistura de materiais que apresentam granulometria apropriada (DNER-ME 051/94) e índices físicos especificados.

Figura 04: Sub-base (a) e Base(b) Granulares



Fonte: Google imagens

Esses materiais podem ser provenientes de jazidas de cascalhos e saibros ou mesmo solo “*in natura*” e em geral, passam por um beneficiamento prévio como peneiramento ou britagem. Denominam-se base e sub-base de solo-brita quando é usada uma mistura de pedra britada e solo “*in natura*”. Caso sejam executadas apenas com brita denominam-se de base e sub-base de brita corrida ou brita graduada.

Um outro tipo de base e sub-base granulares são as executadas em macadame hidráulico (figura 05). Conforme o DNIT (2006) consiste de uma camada de brita de graduação aberta, que após a compressão, tem os vazios preenchidos por finos ou solos de granulometria e plasticidade especificadas.

Figura 05: Base de Macadame Hidráulico



Fonte: Google imagens

Com relação às bases e sub-bases executadas com aditivos, o DNIT (2006) destaca o melhoramento com cimento, cal e betume, desempenhados através de processos tecnológicos, sendo semelhantes nos procedimentos construtivos às bases e sub-bases granulares.

No caso do uso do cimento como aditivo, trata-se de uma mistura compactada de solo, cimento Portland (cerca de 6 a 10%) e água (DNIT, 2006), deve-se satisfazer aos requisitos densidade, durabilidade e resistência. O resultado é um material duro, com alta resistência à flexão.

Em se tratando de solos melhorados com a cal, o manual de pavimentação do DNIT (2006) recomenda a adição de pequenos teores desse aditivo, na ordem de

2% a 4%, proporcionando a melhoria do solo no que se refere a plasticidade e sensibilidade à água, sem cimentação acentuada.

Esse tipo de melhoramento pode denominar-se também solo-cal quando, além do traço comum a base de água, cimento e solo, adiciona-se cinza volante ou uma pozolana artificial, com teor de cimento de 5 a 6%. Nesse caso a melhoria do solo pode ocorrer pela estabilização de três tipos: por modificação da plasticidade e sensibilidade à água; por carbonatação ou cimentação fraca e por pozonalização ou cimentação forte. (DNIT, 2006).

Quando o aditivo utilizado para melhoria das bases e sub-bases pode ser o betume, tem-se uma mistura de solo, água e material betuminoso, considerada uma camada flexível.

4.2.2 BASES E SUB-BASES RÍGIDAS

Também segundo o DNIT (2006) estas camadas são constituídas de concreto de cimento, apresentando elevada resistência à tração, o fator mais preponderante no seu dimensionamento. Podem ser usados o concreto plástico, adensado por vibração manual ou mecânica ou o concreto magro, muito usado em fundações, caracterizado por pequeno consumo de cimento.

4.2.3 REVESTIMENTOS

A camada de revestimento é o substrato de rolamento, onde as cargas mecânicas atuam diretamente. O Manual de Pavimentação do DNIT (2006) classifica os revestimentos em revestimentos flexíveis e revestimentos rígidos.

Quando flexíveis os revestimentos podem ser do tipo betuminosos ou por calçamento (DNIT, 2006). Os revestimentos betuminosos são constituídos por associação de materiais betuminosos e agregados, sendo realizada por dois procedimentos básicos: por penetração, podendo ser direta ou invertida e por mistura.

O processo por penetração se diferencia pela ordem de aplicação dos materiais na hora da execução da camada de revestimento. A penetração direta atende a seguinte ordem: espalhamento e compactação do agregado e após cada camada compactada sucede-se uma camada de material betuminoso, de modo que ao final a última camada seja desse material. No caso do processo investido, o agregado é espalhado e compactado sobre a camada de material betuminoso.

Os revestimentos do tipo mistura betuminosa diferenciam-se pelo processo de fabricação de usinagem da mistura do agregado com o ligante asfáltico, podendo ser pré-misturado a frio ou a quente.

Os pavimentos quando por calçamento, após o crescimento de revestimento asfálticos ou de concreto, são mais executados em vias urbanas de pequeno tráfego ou para passeios, pátios para estacionamento e outros acessos urbanos. Em geral são de alvenaria poliédrica e paralelepípedos.

Os pavimentos rígidos por sua vez são denominados de concreto de cimento, por serem executados com esse material. São executados com uma mistura de água, cimento e solo, de características específicas dependendo fundamentalmente do volume de carga de tráfego que atuará sobre o pavimento. Em geral, essa camada funciona como base e revestimento (DNIT, 2006)

4.3 DEFEITOS NOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

NA NORMA do DNIT 005/2003 – TER, são apresentados alguns conceitos básicos relativos a problemas asfálticos que padronizam os termos técnicos rodoviários referentes aos defeitos nos pavimentos, ocorrido acerca das condições funcionais e estruturais de um determinado momento de sua vida de serviço, identificando os tipos de problemas mais comuns na camada de revestimento asfáltico.

4.3.1 Fenda

Segundo o DNIT (2003) fenda é qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, que conduza a aberturas de pequeno ou grande porte, apresentando-se sob diferentes formas, conforme será descrito a seguir.

4.3.1.1 Fissura

Fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, perceptível sem auxílio de instrumentos a uma distância inferior a 1,50 m, figura 06. Sendo as Principais causas do surgimento a má dosagem do asfalto, excesso de finos (ou material de enchimento) no revestimento; compactação excessiva ou em momento inadequado.

Figura 06: Fissuras no Pavimento asfáltico



Fonte: Arquivo CNT (2018).

4.3.1.2 Trinca

Fenda existente no revestimento, facilmente visível, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada.

4.3.1.3 Trinca isolada

a) Trinca transversal

Trinca isolada que apresenta direção predominantemente ortogonal ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm é denominada trinca transversal

curta. Quando a extensão for superior a 100 cm denomina-se trinca transversal longa, figura 07. Provocando a partir de contrações da capa asfáltica causada devido a baixas temperaturas ou ao endurecimento do asfalto e propagação de trincas nas camadas inferiores à do revestimento da estrada.

Figura 07: Trinca transversal no Pavimento asfáltico



Fonte: Arquivo CNT (2018).

b) Trinca longitudinal

Trinca isolada que apresenta direção predominantemente paralela ao eixo da via. Quando apresentar extensão de até 100 cm é denominada trinca longitudinal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm denomina-se trinca longitudinal longa, figura 08. As Principais causas é má execução da junta longitudinal de separação entre as duas faixas de tráfego; recalque diferencial; contração de capa asfáltica devido a baixas temperaturas ou ao endurecimento do asfalto; propagação de trincas nas camadas inferiores à do revestimento da estrada.

Figura 08: Trinca longitudinal no Pavimento asfáltico



Fonte: Arquivo CNT (2018).

c) Trinca de retração

Trinca isolada são atribuídas aos fenômenos de retração térmica do material, do revestimento, do material de base rígida ou semi-rígida subjacentes ao revestimento trincado.

d) Trincas em malha tipo “Couro de jacaré”

Conjunto de trincas interligadas sem direções definidas, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré. São um defeito na estrutura do pavimento, causado o colapso do revestimento asfáltico devido à repetição das ações do tráfego, subdimensionamento, má qualidade da estrutura, baixa capacidade de suporte do solo, envelhecimento do pavimento (fim da vida) e asfalto duro ou quebradiço. Mostrado exemplo na figura 09.

Figura 09: Trincas em malha no Pavimento asfáltico



Fonte: Arquivo CNT (2018).

4.3.1.4 Afundamento

Alteração na característica do revestimento, classificada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento (levantamento de parte do pavimento), podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação.

4.3.1.5 Afundamento plástico

Afundamento causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de solevamento. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento plástico local; quando a extensão for superior a 6 m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento plástico da trilha de roda, figura 10. Suas principais causas são fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, falha na dosagem de mistura asfáltica, excesso de ligante asfáltico e a falha na seleção de tipo de revestimento asfáltico para a carga solicitante.

Figura 10: Afundamento plástico do Pavimento asfáltico



Fonte: Arquivo CNT (2018).

4.3.1.6 Afundamento de consolidação

Afundamento de consolidação é causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito sem estar acompanhado de solevamento. Quando ocorre em extensão de até 6 m é denominado afundamento de consolidação local; quando a extensão for superior a 6m e estiver localizado ao longo da trilha de roda é denominado afundamento de consolidação da trilha de roda, figura 11. Influência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, densificação ou ruptura por cisalhamento de camadas subjacentes ao revestimento, falha de compactação na construção e problemas de drenagem.

Figura 11: Afundamento de consolidação do Pavimento asfáltico



Fonte: Arquivo CNT (2018).

4.3.1.7 Ondulação ou Corrugação

Deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento, figura 12. As Principais causas são falta de estabilidade da mistura asfáltica, excessiva umidade do solo subleito, contaminação da mistura asfáltica, falta de aeração das misturas líquidas de asfalto.

Figura 12: Ondulação ou Corrugação no Pavimento asfáltico



Fonte: Arquivo CNT (2018).

4.3.1.8 Escorregamento

Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua, figura 13. Ocorrido pelas falhas construtivas e de pintura de ligação.

Figura 13: Escorregamento do Pavimento asfáltico



Fonte: Arquivo CNT (2018).

4.3.1.9 Desgaste

Efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego (Figura 14). Suas Principais causas são falhas de adesividade ligante-agregado, presença de água aprisionada e sobreposição em vazios da camada de revestimento, gerando deslocamento de ligante, deficiência no teor de ligante; problemas executivos ou de projeto de misturas.

Figura 14: Desgaste do Pavimento asfáltico



Fonte: Arquivo CNT (2018).

4.3.1.10 Panela ou buraco

Cavidade que se forma no revestimento por diversas causas (inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando o desprendimento de fragmentos das camadas, podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas, figura 15. Causado através de trincas de fadiga (processo que ocorre devido ao acúmulo das solicitações do tráfego ao longo do tempo), desintegração localizada na superfície do pavimento, deficiência na compactação, umidade excessiva em camadas de solo e falha na imprimação.

Figura 15: Panela ou buraco no Pavimento asfáltico



Fonte: Arquivo CNT (2018).

4.3.1.11 Remendo

Panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento na operação denominada de “tapa-buraco”, figura 16. São causados pelas cargas de tráfego, emprego de material de má qualidade, ação do meio ambiente e má construção.

Figura 16: Remendo no Pavimento asfáltico



Fonte: Arquivo CNT (2018).

4.3.1.12 Remendo profundo

Aquele em que há substituição do revestimento e, eventualmente, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento. Usualmente, apresenta forma retangular.

4.3.1.13 Remendo superficial

Correção, em área localizada, da superfície do revestimento, pela aplicação de uma camada betuminosa.

4.3.1.14 Exsudação

Filme de material betuminoso que aparece na superfície do pavimento criando um brilho vítreo, causado pela migração do ligante por meio do revestimento, figura 17. Causada pela excessiva quantidade de ligante e baixo conteúdo de vazios.

Figura 17: Exsudação



Fonte: Arquivo CNT (2018).

5. RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

A restauração corresponde ao conjunto de serviços destinados a restituir as condições originais do pavimento por meio da execução de atividades e serviços de reabilitação, e também, se necessário reconstrução do pavimento existente em um mesmo projeto, como por exemplo, reforços estruturais ou aplicação de camadas de regularização.

5.1 CAMADA DE REFORÇO ESTRUTURAL

Aplicação de uma ou mais camadas, geralmente asfálticas, sobre a estrutura do pavimento existente, mostrado na figura 18, as quais responderão pelo aumento da capacidade estrutural e pela correção de deficiências superficiais existentes. Este serviço é denominado recapeamento.

Figura 18: Camada de reforço



Fonte: New Roads.

5.2 FRESAGEM

Na figura 19 mostra como ocorre a remoção de uma ou mais camadas superficiais do pavimento existente, geralmente deterioradas, empregando equipamento específico.

Figura 19: Fresagem



Fonte: Imagem do Google.

5.3 RECICLAGEM

Processo de recuperação de material existente, cujas funções estejam comprometidas para seu emprego, com ou sem adição de outros materiais. A reciclagem dos materiais do pavimento existente pode ser executada “*in situ*” ou em usina, mostrado na figura 20.

Figura 20: Reciclagem

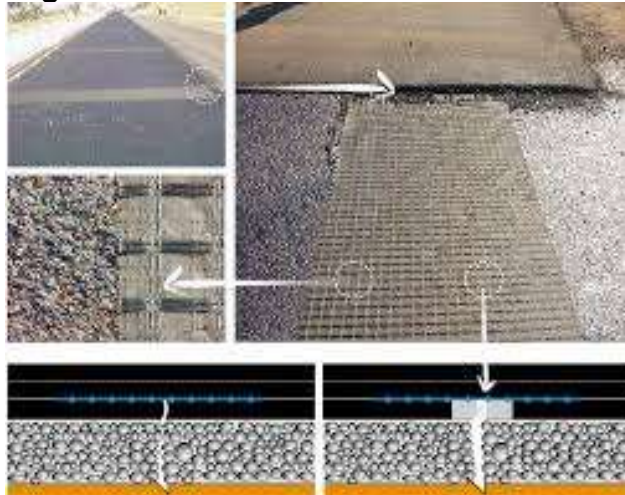


Fonte: Imagem do Google.

5.4 CAMADA ANTI-REFLEXÃO DE TRINCAS

Camada que atua como interface ou membrana atenuadora, dissipando as tensões desenvolvidas pela propagação das trincas existentes (figura 21) na superfície do pavimento a ser reabilitado para a nova camada asfáltica aplicada.

Figura 21: Camada anti-reflexão de trincas

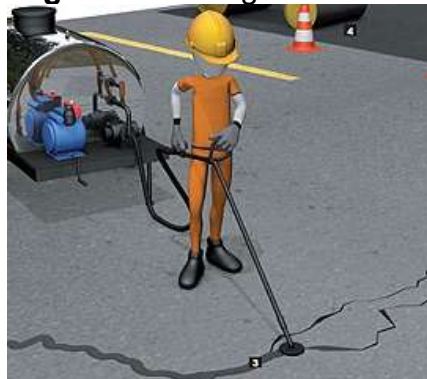


Fonte: Imagem do Google.

5.5 SELAGEM

Aplicação de material asfáltico em estado líquido em trincas existentes no revestimento asfáltico (figura 22), com a finalidade de evitar a infiltração de água.

Figura 22: Selagem asfáltica



Fonte: Imagem do Google.

5.6 REMENDO SUPERFICIAL

A correção, em área localizada, de defeito na superfície do pavimento, por meio de fresagem e reposição do revestimento asfáltico. Figura 23.

Figura 23: Remendo superficial



Fonte: Imagem do Google.

5.7 REMENDO PROFUNDO

Correção, em área localizada, de defeito da estrutura do pavimento, por meio da reposição do revestimento e de uma ou mais camadas inferiores. Figura 24.

Figura 24: Remendo profundo



Fonte: Imagem do Google.

5.8 WHITETOPPING

Camada de concreto de cimento Portland superposta à estrutura de pavimento flexível existente. Figura 25.

Figura 25: *Whitetopping*



Fonte: Imagem do Google.

6. DRENAGEM

Segundo Pereira et al. (2007) drenagem consiste no controle das águas a fim de se evitar danos à estrada construída. Efetua-se este controle por meio da interceptação, captação, condução e deságue em local adequado das águas.

A importância de um serviço adequado de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas torna-se mais clara para a população das grandes cidades na medida em que se acumulam os efeitos negativos das chuvas, tais como alagamentos, inundações e deslizamentos. A ocupação desordenada de solo urbanos e a impermeabilização de grandes áreas, reduzem consideravelmente a infiltração das chuvas pelo solo.

A drenagem se constitui de duas formas segundo Figueiredo (2014):

- Microdrenagem: definida pelo sistema de condutos pluviais em rede urbana, que propicia a ocupação do espaço urbano por uma forma artificial de

assentamento, adaptando-se ao sistema de circulação viária, ou seja, um conjunto de redes pluviais adaptadas às vias e ruas públicas.

- **Macro drenagem:** É um conjunto de obras que visam melhorar as condições de escoamento de forma a atenuar os problemas de erosões, assoreamento e inundações. Ela é responsável pelo escoamento final das águas, a qual pode ser formada por canais naturais ou artificiais, galerias de grandes dimensões e estruturas auxiliares.

Os tipos de drenagem são:

- **Superficial:** utilizada para terrenos planos, com capa superficial sustentável e subsolo rochoso ou argiloso impermeável, impede o encharcamento do terreno, evita a saturação do solo.
- **Subterrânea:** tem como objetivo descer o lençol freático até um nível que garanta a estabilidade das estradas e a segurança das construções.

SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

O sistema de drenagem de transposição urbana de águas pluviais é composto dos seguintes dispositivos citados pelo Manual de drenagem:

- Sarjetas;
- Bocas de lobo;
- Poços de visita;
- Galerias;
- Estruturas especiais.

As estruturas especiais tais como dissipadores de energia contínuos e descontínuos e as considerações sobre ressalto hidráulico

SARJETAS

As sarjetas (Figura 26) em trecho urbano têm como objetivo conduzir, as águas que se precipitam sobre a plataforma da rodovia e áreas adjacentes ao ponto de captação que normalmente é uma boca de lobo.

Figura 26: Sarjeta Lateral



Fonte: vadebike.org

BOCAS-DE-LOBO

Bocas de lobo são dispositivos especiais que têm a finalidade de captar as águas pluviais que escoam pelas sarjetas para, em seguida conduzi-las as galerias subterrâneas. Basicamente, podem ser classificados em dois tipos, a saber:

- Boca-de-lobo simples (Figura 27), isto é, com abertura no meio-fio, caso em que a caixa coletora fica situada sob o passeio;

Figura 27: Boca de lobo Simples



Fonte: Correio de Santa Maria.

- Boca-de-lobo com grelha (Figura 28), caso em que a caixa coletora fica situada sob a faixa da sarjeta.

Figura 28: Boca de lobo com grelha



Fonte: Imagem do Google

POÇOS-DE-VISITA

Os poços-de-visita (Figura 29) são dispositivos especiais que têm a finalidade de permitir mudanças ou das dimensões das galerias ou de sua declividade e direção. São dispositivos também previstos quando, para um mesmo local, concorrem mais de um coletor. Têm ainda o objetivo de permitir a limpeza nas galerias e a verificação de seu funcionamento e eficiência.

Figura 29: Poços de Visita



Fonte: Copasa

GALERIA

Galeria (Figura 30) de Drenagem é um sistema voltado para a coleta e condução dos dejetos líquidos e sólidos da drenagem urbana.

Figura 30: Galeria



Fonte: Imagem do Google

7. METODOLOGIA

A primeira etapa de todo estudo é uma revisão bibliográfica, que conferiu ao trabalho todo o acervo científico necessário para o melhor entendimento da temática abordada. Em seguida, a busca por materiais técnicos como, mapas, imagens, dentre outros, foram de extrema importância para o melhor andamento dessa pesquisa, levando em consideração a necessidade de um maior conhecimento acerca da área de estudo. As literaturas principais para a base de conhecimento deste trabalho foram as normas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e Confederação Nacional do Transporte (CNT).

Para alcançar um resultado satisfatório, procedimentos e organização devem ser seguidos, obedecendo uma sequência organizacional que favoreceu a otimização do tempo para o desenvolvimento do trabalho. O fluxograma 01 a seguir apresenta com detalhes cada passo para construção deste trabalho.

Fluxograma 1 Descrição das atividades



A primeira etapa da pesquisa se baseou numa revisão bibliográfica, sobre estudos e outras publicações com o intuito de conceituar e elucidar todas as questões pertinentes ao tema. A seguir foi realizada uma contagem volumétrica em dois horários diferentes com objetivo de determinar a quantidade, sentido e

composição do fluxo dos veículos que passam na via por determinado tempo. Informações essas que foram utilizadas na avaliação da capacidade de carga no local e ocorrência de congestionamento ou outras restrições de tráfego no local. Os dados sobre o fluxo de tráfego no local e estudo podem indicar o quanto a carga mecânica dos veículos contribui para a ocorrência das irregularidades e até mesmo no agravamento dos defeitos presentes. Prosseguiu-se o levantamento subjetivo do pavimento, através da observação minuciosa da superfície de rolamento, registrando-se fotograficamente as irregularidades encontradas e seu grau de severidade, com base nas orientações do DNIT quanto a esse tipo de avaliação de pavimentos. Esses defeitos foram também codificados com base na, tabela 4 do Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos. Observou-se também que problemas podem contribuir para os defeitos encontrados como a falta de drenagem das águas pluviais e sanitárias, além da falta de um dimensionamento adequado do pavimento com base nos índices de precipitação anual para o município de Pau dos Ferros, topografia e inclinação do terreno natural no entorno, entre outros fatores.

A pesquisa de tráfego para quantificar o número de viagens por dia, através da rua Antônio Gurjão, foi realizada num período de dois dias com duração de 120 minutos, nos dias 13 de agosto de 2018 (segunda-feira) das 17 às 19 horas, e no dia 15 de agosto de 2018, (quarta-feira) das 6:45 às 8:45 horas, possíveis horários que corresponderiam aos horários de “pico” da cidade.

No que se refere aos elementos de drenagem, cuja pesquisa confirmou a ausência, foram colhidos dados para o dimensionamento e implantação de soluções adequadas. Para a proposta de recuperação do pavimento no local, os defeitos verificados foram analisados à luz das recomendações do DNIT, para a escolha da técnica mais apropriada.

7.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo localiza-se na zona urbana de Pau dos Ferros situada no interior do estado do Rio Grande do Norte, há 385 km da capital do estado, indicado no mapa 1. A cidade possui uma área territorial de 259,959 km² com estimativa de 30183 habitantes, segundo estimativa do IBGE (2017) para o ano de 2018.

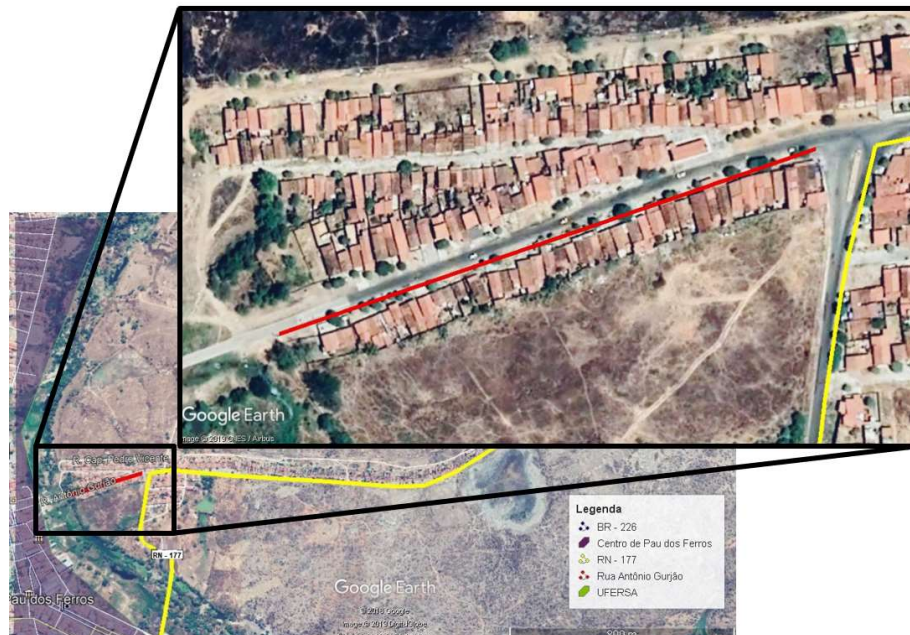
MAPA 1: Mapa do Estado do Rio Grande do Norte



Fonte: OpenBrasil.org.

De acordo com a pesquisa, notou-se que Rua Antônio Gurjão no Bairro São Geraldo é bastante solicitada, recebendo o fluxo dos moradores do bairro São Geraldo, da rodovia estadual, RN – 177, e rodovia federal, BR – 226, sendo esta rua uma ligação rápida para o centro da cidade, através de uma passagem molhada, mostrado pelo mapa 2. Topograficamente o local estudado apresenta o afloramento de material rochoso, provavelmente cortado quando da abertura da via e por isso deixando um desnível considerável entre a via e as residências, o que contribui para uma velocidade de contribuição de águas pluviais mais acentuada sobre o pavimento. Essa via funciona como o caminho mais curto para o acesso ao centro da cidade e é bastante íngreme.

MAPA 2: Pau dos Ferros com destaque das vias



Fonte: Google Earth, adaptado pelo Autor.

8. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nas pesquisas realizadas, a análise do trecho quanto a situação do pavimento, deixou evidente três aspectos fundamentais que promovem a deterioração constante das pistas de rolamento ao longo do trecho estudado: a falta de drenagem das águas pluviais que acentuam os defeitos existentes e persistentes no local; a falta de restauração e conservação adequada do pavimento e ainda a falta de estrutura de esgotamento sanitário cujo afluente acabou por escoar sobre o pavimento.

A pesquisa de campo para caracterização do trecho e pavimento existe, denotam que local de estudo tem extensão de 250 m, construído sobre alguns cortes de afloramento de rocha, com desnível de 12 m, sendo limitado superiormente com RN – 177 e abaixo com a passagem molhada, com inclinação de 5% ou 3°. Mostrado na figura 31.

Figura 31: Rua Antônio Gurjão



Fonte: Google Earth

As residências da rua Antônio Gurjão localizada no subúrbio da cidade provavelmente não possuem o sistema de coleta de esgoto, podendo ser facilmente visualizado os afluentes lançados em via pública a céu aberto, escoando por gravidade sobre o pavimento em direção ao rio Apodi-Mossoró. Percebe-se também visualmente, que esses efluentes acabam por se infiltrar nos locais onde o revestimento tem buracos e podem carrear o material de base expandido esses defeitos(figura 32).

Figura 32: Esgoto a céu aberto



Fonte: Autor (2018).

8.1 – Identificação dos defeitos do pavimento

Durante esse estudo, foi realizado uma identificação e registro fotográfico das patologias no pavimento asfáltico existentes, classificando-as conforme o quadro

resumo dos defeitos do DNIT 2006 (Anexo A). Dentre os defeitos verificados o desgaste mais severo da área estudada foi o “couro de jacaré”, presente em grande extensão do trecho analisado, compreendendo cerca de 200 metros, mostrado na figura 33.

Figura 33: Couro de jacaré na Rua Antônio Gurjão



Fonte: Autor (2018).

É possível verificar que, provavelmente devido a falta de manutenção do pavimento no trecho, esses defeitos se agravaram ocasionando a quebra e o desprendimento de fragmento do pavimento e o surgimento das panelas. Com a quebra e os desgastes das bordas destas panelas ocorreu o aumento da mesma formando assim grandes buracos (Figura 34).

Figura 34: Buraco na rua Antônio Gurjão



Fonte: Autor (2018).

Através da tabela 4 do Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos é possível codificar cada defeito encontrado no pavimento. A tabela 1 apresenta os códigos dos defeitos sobre o pavimento da rodovia em estudo.

Tabela 1: Códigos do Pavimento

M	Defeitos			Código	Classe das Fendas
0	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1
50	Trincas Interligadas	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas		J	FC-2
100	Trincas Interligadas	Com erosão acentuada nas bordas das trincas		JE	FC-3
150	“Painéis”			P	-
200	“Painéis”			P	-
250	-			-	-

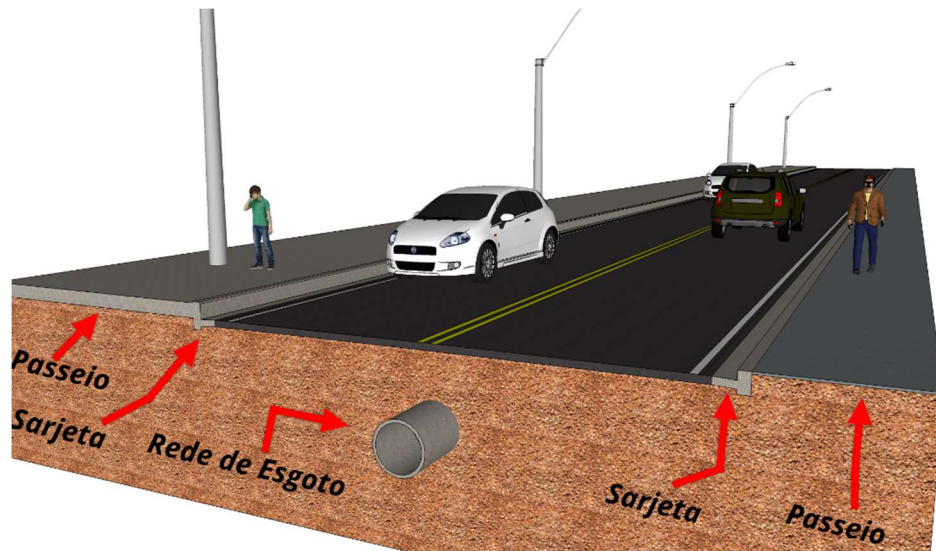
Fonte: Autor (2018).

Embora, destacados os defeitos mais evidentes no trecho em estudo, foi perceptível que suas ocorrências são extensões de pequenas patologias como fissuras e trincas antes não tratadas.

Verificou-se pela pesquisa que o revestimento asfáltico não foi executado sobre uma base rígida de paralelepípedo, presente na maioria dos revestimentos das vias urbanas.

A sugestão para solução pode ser a retirada do recobrimento asfáltico existente, que está com alto grau de deterioração, com o processo de fresagem e sendo necessário fazer a regularização da base com o uso do compactador. Considerando o volume diário no trecho a execução de uma camada de revestimento asfáltico de espessura de 5 cm seria o suficiente para manter uma qualidade da via por um longo tempo. A figura 35 representa a otimização da rua Antônio Gurjão, com toda estrutura de passeio, iluminação, sarjetas laterais, sinalização e coleta da rede de esgoto.

Figura 35: Idealização da Rua Antônio Gurjão

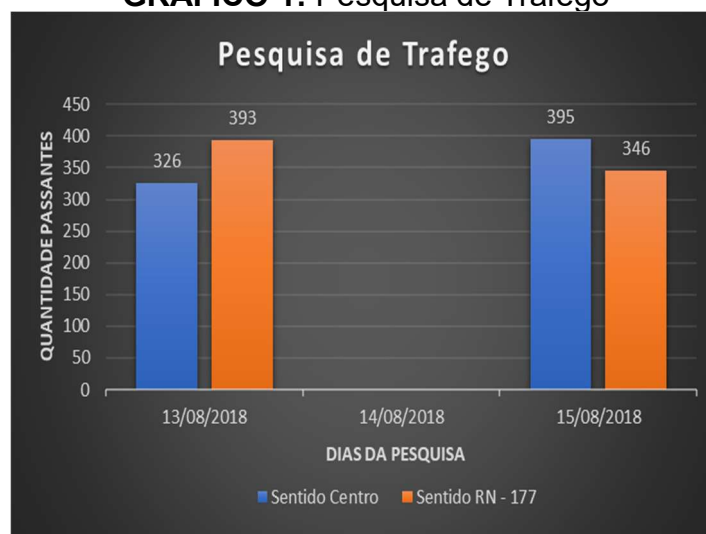


Fonte: Autor.

8.2 – Contagem Volumétrica

O gráfico 1 mostrou a contagem dos veículos e o sentido de fluxo. Mesmo a rua não sendo de grande relevância para a cidade, pode-se comprovar através dos dados que é bastante solicitada, por ser uma rota mais curta para chegar ao centro comercial da cidade, de modo mais rápido. Os resultados indicaram um total de cerca de 180 veículos/dia/ sentido, nos horários de pico.

GRÁFICO 1: Pesquisa de Trafego



Fonte: Autor (2018).

Esses dados reforçam a necessidade de melhoria do pavimento. Considerando que 180 veículos trafegam em cada sentido de tráfego no trecho, fica evidente que a melhoria das condições de rolamento proporcionará um aumento no fluxo através do local, principalmente por se caracterizar como possível menor caminho desse trecho da cidade até a área comercial central.

8.3 – Dimensionamento da drenagem

Com relação à pesquisa sobre as condições de drenagem no local de estudo, verificou-se a existência de uma grande área impermeabilizada, pela pavimentação, rocha e concreto (figura 36), cuja baixa impermeabilidade desses materiais, favoreceu que as águas provenientes da chuva escoassem sobre a lateral pavimento, ocasionando, assim, o surgimento e agravamento de panelas na estrutura. A ausência de estruturas de drenagem sarjetas ou boca de lobo para captar e conduzir adequadamente as contribuições pluviais, são agravantes para a deterioração mais rápida do pavimento no local.

Figura 36: Talude impermeabilizado



Fonte: Google Earth.

O Manual de drenagem do DNIT (2006) recomenda e estabelece os parâmetros necessários para o dimensionamento de elementos de drenagem viária. No caso de uma área de corte, como se caracteriza o local em estudo, recomenda-

se a implantação de sarjeta de corte e até de valetas de corte. Essas valetas, todavia, são implantadas na crista do corte para reduzir o volume de água que se infiltre sobre os maciços e até mesmo reduzir a velocidade com que essa água desce pelos taludes. No caso em estudo, como o corte se deu em solo rochoso e em sua crista foram edificadas as residências no local, não se pode considerar a implantação das valetas.

Assim, a pesquisa sugeriu o dimensionamento, das sarjetas de corte ao longo do trecho em estudo. Para isto, faz-se necessário o estudo da área de contribuição, chuva intensa na região, duração e tempo de retorno, ou seja, período das precipitações.

A região de estudo possui uma área de contribuição de 7700 m² (Figura 37) segundo a medição utilizado o software Google Earth, e uma precipitação anual de 721,9 mm segundo dados da EMPARN (2018).

Figura 37: Área de contribuição



Fonte: Google Earth.

Para o dimensionamento das sarjetas, faz-se necessário para o cálculo prático da vazão das chuvas, conhecer a relação entre as quatro características fundamentais da chuva: magnitude, duração, frequência e distribuição.

Utilizando a equação geral da chuva intensa (1), apresentada por Novaes (2000) tem-se a seguinte formula:

$$i = \frac{k_x TR^a}{(t + b)^c} \quad (1)$$

Onde:

I= Intensidade média da chuva (mm/h);

TR = Período de retorno (anos);

T =Duração da chuva (min).

K, a, b e c = coeficientes característicos da pluviosidade de cada região estudada

Segundo Festi (2007) a equação (2) representativa da intensidade de chuvas para o sertão oriental nordestino, considerando a recomendação do DNIT, ou seja, TR=10 anos e t de chuva = 10 min, tem-se:

$$i = \frac{3609,11 \times 10^{0,12}}{(10 + 30)^{0,95}} \quad (2)$$

$$i = 143,03 \text{ mm} / h$$

Utilizando o método racional (equação 3) utilizado para pequenas bacias (característica geral dos estudos para rodovias) indicado para bacias menos do que 4 km² segundo o DNIT, temos:

$$Q = \frac{C_x I_x A}{360 \times 10^4} \quad (3)$$

Onde:

Q= vazão m³/seg;

C= coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

i=intensidade pluviométrica, mm/h;

A= área de drenagem, em m²

Sendo A= L x d, na equação (3) teremos a seguinte formula:

$$Q = \frac{C_x I_x L_x d}{360 \times 10^4} \quad (4)$$

Onde:

L = Largura;

d= Comprimento da sarjeta.

Para o dimensionamento das sarjetas, segundo o DNIT (2006), a área de contribuição, refere-se a área de projeção do talude corte de largura L_1 e a contribuição da plataforma, largura L_2 , recomendando-se que, caso a seção esteja em tangente serão consideradas a largura de cada faixa de rolamento e nas seções em curvas, toda a largura da plataforma. A figura 38, apresenta a área de contribuição considerada para o dimensionamento da sarjeta.

Figura 38: Coeficiente de escoamento superficial



Fonte: Manual de Drenagem de Rodovia (2006)

Para o cálculo da vazão aplicado a drenagem urbana com chuvas de 5 a 10 anos de retorno é necessário o coeficiente de escoamento superficial, representado na tabela 2 e 3 (DNIT2005), e que neste caso, serão considerados os valores correspondentes as coberturas das pistas de rolamento, asfalto, e da área de projeção do talude de corte, em rocha.

Tabela 2: Coeficiente de Escoamento Superficial

DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DAS BACIAS TRIBUTÁRIAS	COEFICIENTE DE DEFLÚVIO "c"
Comércio:	
Áreas Centrais	0,70 a 0,95
Áreas da periferia do centro	0,50 a 0,70
Residencial:	
Áreas de uma única família	0,30 a 0,50
Multi-unidades, isoladas	0,40 a 0,60
Multi-unidades, ligadas	0,60 a 0,75
Residencial (suburbana)	0,25 a 0,40
Área de apartamentos	0,50 a 0,70
Industrial:	
Áreas leves	0,50 a 0,80
Áreas densas	0,60 a 0,90
Parques, cemitérios	0,10 a 0,25
Playgrounds	0,20 a 0,35
Pátio e espaço de serviços de estrada de ferro	0,20 a 0,40
Terrenos baldios	0,10 a 0,30

Fonte: Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem (2005)

Tabela 3: Coeficiente de deflúvio para algumas superfícies

TIPO DE SUPERFÍCIE	COEFICIENTE DE DEFLÚVIO "c"
Ruas:	
Asfalto	0,70 a 0,95
Concreto	0,80 a 0,95
Tijolos	0,70 a 0,85
Trajeto de acesso a calçadas	0,75 a 0,85
Telhados	0,75 a 0,95
Gramados; solos arenosos:	
Plano, 2%	0,05 a 0,10
Médio, 2 a 7%	0,10 a 0,15
Íngreme, 7%	0,15 a 0,20
Gramados; solo compacto:	
Plano, 2%	0,13 a 0,17
Médio, 2 a 7%	0,18 a 0,22
Íngreme, 7%	0,15 a 0,35

Fonte: Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem (2005)

Na tabela 2 foi considerado uma área periférica próximo ao centro adotamos o valor de $C_1 = 0,65$ e a rua asfaltada considerando o coeficiente $C_2 = 0,9$ e comprimento de cada faixa do fluxo de 3 m, como mostrado na figura 39.

Figura 39: Dimensões transversal da Rua Antônio Gurjão

Fonte: Autor (2018).

Com os valores será calculado o C_{Total} , coeficiente de escoamento superficial (equação 5) ponderado entre os valores de C_1 e C_2 , conduzida pela equação:

$$C_{Total} = \frac{L_1 \times C_1 + L_2 \times C_2}{\sum L_i} \quad (5)$$

Onde:

L = largura de cada lado da via

C₁ = Coeficiente de Escoamento

C₂ = Coeficiente de deflúvio

$$C_{Total} = \frac{3 \times 0,65 + 3 \times 0,9}{6} \quad (6)$$

$$C_{Total} = 0,77$$

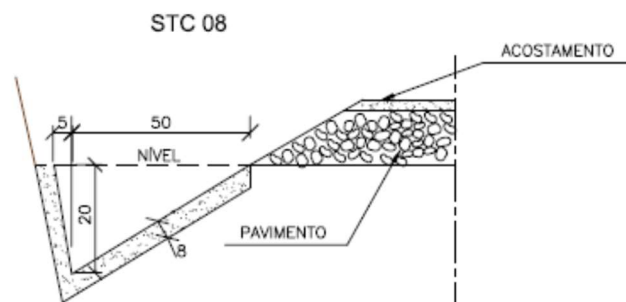
Substituído os dados na equação da vazão (4) e deixando em função de “d”, comprimento da sarjeta, ter-se:

$$Q = \frac{0,77 \times 143,03 \times 6 \times d}{360 \times 10^4} \quad (7)$$

$$Q = 1,84 \times 10^{-4} d \text{ m}^3 / \text{s}$$

Para a determinação da sarjeta em questão, considerou-se o projeto tipo do DNIT (2006), uma sarjeta triangular tipo STC 08, cujo corte lateral é apresentado na figura 40.

Figura 40: Sarjeta Triangular



Fonte: Manual de Drenagem (2006)

Admitindo o coeficiente de Manning para um revestimento de concreto, tabela 34 do Manual de Drenagem do DNIT (2006), ou seja, $n=0,015$, e analisando as dimensões da sarjeta escolhida tem-se:

A área molhada da sarjeta corresponde a: $(B \times h)/2$;

Perímetro molhado: $P_m = \text{hip}_1 + \text{hip}_2$

Raio hidráulico: $Rh = Am/Pm$

Realizando os cálculos tem-se as dimensões iniciais conforme o quadro a seguir:

TIPO	SEÇÃO				
	a(m)	b(m)	h(m)	Hip 1	Hip 2
STC 08 - TRIANGULAR	0,05	0,5	0,2	0,21	0,54

Como a dimensão mais crítica para uma sarjeta refere-se ao comprimento, procede-se o cálculo para determinar a capacidade hidráulica função da declividade, ou seja, a vazão, a velocidade de escoamento em função do raio hidráulico. Para cálculo do raio hidráulico verifica-se a área e o perímetro molhado.

$$Am = \frac{B \times h}{2} = \frac{0,55 \times 0,2}{2} = 0,055m \quad (8)$$

$$P_m = hip_1 + hip_2 = 0,21 + 0,54 = 0,75 m \quad (9)$$

$$RH = \frac{A_m}{P_m} = \frac{0,055}{0,75} = 0,073 \quad (10)$$

$$Q_s = \frac{1}{n} Rh^{2/3} . I^{1/2} . A_m \Rightarrow \frac{1}{0,015} . 0,073^{2/3} . 0,055 . I^{1/2} = 0,64 I^{1/2} \quad (11)$$

$$V = \frac{1}{n} Rh^{2/3} . I^{1/2} \Rightarrow \frac{1}{0,015} . 0,073^{2/3} = 11,64 I^{1/2} \quad (12)$$

Para a determinação do comprimento crítico (d) e o cálculo da velocidade para este comprimento. Antes verifica-se qual a velocidade admissível, em função do revestimento da sarjeta, conforme tabela 31 do DNIT (2006). Para o concreto considera-se a velocidade admissível de 4,5 m/s.

Para o comprimento crítico (d) é necessário estabelecer uma relação de igualdade entre a vazão crítica (4) e a vazão calculada (11) para a sarjeta, ou seja, $Q=Q_s$.

$$\begin{aligned}
 Q &= 0,00018d \\
 Q_s &= 0,64.I^{1/2} \\
 Q &= Q_s \\
 0,00018d &= 0,64.I^{1/2} \\
 d &= 3555,55.I^{1/2}
 \end{aligned} \tag{13}$$

A inclinação do pavimento em seu comprimento é de 3% sendo necessário verificar se atende a velocidade máxima estabelecida pelo DNIT. Substituindo na equação (13) tem-se

$$d = 3555,55 \times 0,03^{1/2} = 615,84m \tag{14}$$

Conclui-se, que com todos os parâmetros adotado anteriormente e com a inclinação existente temos um comprimento máximo de 615,84 m, ou seja, a inclinação existente atende a exigência do DNIT e não excede a velocidade máxima.

Tabela 4: Comprimento Crítico e Velocidade de Escoamento

COMPRIMENTO CRÍTICO (d) e VELOCIDADE DE ESCOAMENTO (v)									
I (mm)	0,0010	0,0020	0,0050	0,010	0,020	0,030	0,100	0,150	0,200
$I^{1/2}$	0,0315	0,0472	0,071	0,100	0,141	0,173	0,316	0,387	0,447
d(m)	101,00	151,04	227,20	320,00	451,2	553,6	1.011,20	1.238,40	1430,4
V (m/s)	0,37	0,55	0,82	1,16	1,64	2,01	3,67	4,50	5,20
Q (m³/s)	0,020	0,030	0,045	0,064	0,090	0,110	0,202	0,247	0,286

Fonte: Manual de Drenagem (2006)

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pesquisas realizadas mostraram que o volume significativo de veículos/ dia e por sentido, associado à falta de drenagem e esgotamento sanitário na área em estudo, justificam o desgaste acentuado do pavimento associado a falta de conservação. Os defeitos verificados no pavimento ao longo do trecho indicam alto grau de deterioração de modo que a recuperação deve ser precedida da retirada da cobertura existente através do processo de fresagem e posterior de uma regularização da base, com serviços de compactação.

Para garantir um pavimento que favoreça a fluidez e segurança dos usuários, sugeriu-se a execução de uma camada asfáltica, demandando para que os estudos das especificações da dosagem ideal com base nas cargas mecânicas do tráfego no local. Destaque-se, porém, conforme recomendação técnica, que sejam feitas avaliações frequentes e ações de conservação periódica para evitar que a atual situação de deterioração se repita, pois, as soluções serão sempre mais onerosas.

Além das ações sugeridas para melhoria do acesso nesse estudo recomenda-se estudos mais aprofundado sobre a implantação do sistema de esgotamento sanitário, bem como as ações de reurbanização no tocante a implantação de passeios, sinalizações adequadas, para efetivamente garantir a segurança e conforto dos usuários do trecho em estudo.

10. REFERÊNCIAS

CARNEIRO, Marina de Fátima Brandção. **AS CONDIÇÕES DE CIRCULAÇÃO E VIOLÊNCIA NO TRÂNSITO NA CIDADE DE MONTES CLAROS, MG.** Disponível em: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal14/Geografiasocioeconomica/Geografiadelapoblacion/08.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2018.

DENATRAN, Departamento Nacional de Trânsito (Org.). **RELATÓRIOS ESTATÍSTICOS: Frota de Veículos - 2017.** 2018. Disponível em: <<https://www.denatran.gov.br/estatistica/610-frota-2017>>. Acesso em: 09 jul. 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 005/2003 - TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia.** Rio de Janeiro: Diretoria de Planejamento e Pesquisa / Ipr, 2003. 12 p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/terminologia-ter/dnit005_2003_ter.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES.: **MANUAL DE DRENAGEM DE RODOVIAS.** 2 ed. Rio de Janeiro: Impresso no Brasil, 2006. 304 p. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/normas/download/Manual_de_Drenagem_de_Rodovias.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2019.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Dimensionamento pavimentos DNIT: MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS INFRAESTRUTURA.** 2006. Disponível em: <<https://jpd09.files.wordpress.com/2012/10/dimensionamento-pavimentos-dnit-parte-1.pdf>>. Acesso em: 26 jan. 2019.

DUARTE, Cristóvão Fernandes. **Forma e movimento. – Rio de Janeiro: Viana & Mosley: Ed. PROURB, 2006. 140 p**

ENGENHARIA, Diretoria de. **PROJETO DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTO: INSTRUÇÃO DE PROJETO.** 2006. DEPARTAMENTO DE ESTRADA DE RODAGEM. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/IP-DE-P00-002_A.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2019.

FESTI, Aparecido Vanderlei. **Coletânea das Equações de Chuva do Brasil.** 2007. XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS- SÃO PAULO- 2007. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=3&ID=19&SUMARIO=267&ST=coletanea_das_equacoes_de_chuva_do_brasil>. Acesso em: 24 fev. 2019.

FIGUEIREDO, Matheus. **IMPORTÂNCIA DA DRENAGEM NO SANEAMENTO.** 2014. Disponível em: <<http://sustentareviver.blogspot.com/2014/06/importancia-da-drenagem-no-saneamento.html>>. Acesso em: 01 fev. 2019.

GOBBI, Leonardo Delfim. **Urbanização brasileira**. Disponível em: <<http://educacao.globo.com/geografia/assunto/urbanizacao/urbanizacao-brasileira.html>>. Acesso em: 07 jul. 2018.

IBGE. **Taxa de urbanização**. Disponível em: <<https://serieestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP122>>. Acesso em: 07 jul. 2018.

PEREIRA, Djalma Martins et al. **DISPOSITIVOS DE DRENAGEM PARA OBRAS RODOVIÁRIAS**. 2007. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ SETOR DE TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES. Disponível em: <<http://www.dtt.ufpr.br/TransportesA/Arquivos/ApostilaDrenagem-2008.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2019.

APENDICE A



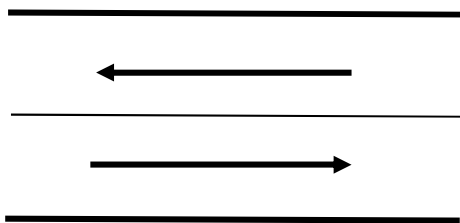
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO CAMPUS PAU DOS FERROS

PESQUISA DE VOLUME DE TRAFEGO DIRECIONAL

Cidade: **Pau dos Ferros**

Local: **Rua Antônio Gurjão**

Croqui:



Pesquisador:

Data:

/ / 2018

Dia da Semana:

HORA*	↓	↑
17:00 – 17:15		
17:15 – 17:30		
17:30 – 17:45		
17:45 – 18:00		
18:00 – 18:15		
18:15 – 18:30		
18:30 – 18:45		
18:45 – 19:00		

* Duas horas de pesquisa

ANEXO A

Tabela 4 - Quadro resumo dos defeitos – Codificação e Classificação (Norma DNIT 005/2003 – TER)

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	RP

NOTA 1: Classe das trincas isoladas

FC-1: são trincas com abertura superior à 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.