



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDICIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

MAURO JOSÉ DA SILVA FILHO

**TÉCNICA DE RECUPERAÇÃO DE PATOLOGIAS EM PAVIMENTO ASFÁLTICO
– ESTUDO DE CASO: RUA SÃO JOÃO EM PAU DOS FERROS – RN**

PAU DOS FERROS

2019

MAURO JOSÉ DA SILVA FILHO

**TÉCNICA DE RECUPERAÇÃO DE PATOLOGIAS EM PAVIMENTO ASFÁLTICO
– ESTUDO DE CASO: RUA SÃO JOÃO EM PAU DOS FERROS – RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA, Campus Pau dos Ferros, para a obtenção
do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Marília Cavalcanti Santiago

Pau dos Ferros
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.

S Silva Filho, Mauro José da .
586 t TÉCNICA DE RECUPERAÇÃO DE PATOLOGIAS EM
PAVIMENTO ASFÁLTICO - ESTUDO DE CASO: RUA SÃO
JOÃO EM PAU DOS FERROS - RN / Mauro José da
Silva Filho. - 2019.
56 f. : il.

Orientadora: Marília Cavalcanti Santiago.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de --Selecione um
Curso ou Programa--, 2019.

1. Pavimentos. 2. Recuperação. 3. Tráfego. 4.
Veículos. 5. Buraco. I. Santiago, Marília
Cavalcanti, orient. II. Título.

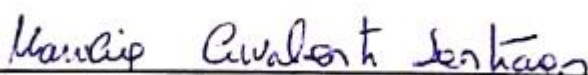
O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

TÉCNICA DE RECUPERAÇÃO DE PATOLOGIAS EM PAVIMENTO ASFÁLTICO
– ESTUDO DE CASO: RUA SÃO JOÃO EM PAU DOS FERROS – RN

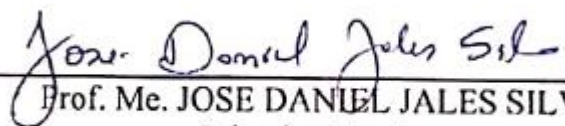
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido –
UFERSA, Campus Pau dos Ferros, para a obtenção
do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em 14 / 03 / 19

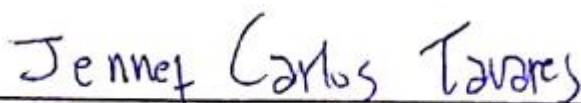
BANCA EXAMINADORA



Prof.ª Me. MARILIA CAVALCANTI SANTIAGO
Presidente



Prof. Me. JOSE DANIEL JALES SILVA
Primeiro Membro



Prof. JENNEF CARLOS TAVARES
Segundo Membro

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Mauro José da Silva e Elissandra Araújo de Sousa, pois me deram incentivo, apoio, amor, carinho e investiram nos meus estudos e sonhos.

A minha única irmã, Erica Samara da Silva, pelo apoio, incentivo e toda a ajuda nos momentos difíceis dentro e fora da vida acadêmica.

A minha Madrinha e Tia, Lúcia Rejane e Maria de Fátima, por sempre acreditarem em mim, me apoiarem e dedicarem um tempo quando preciso.

A minha Orientadora Prof^a. Me. Marília Cavalcanti Santiago pela imensa ajuda, prontidão, disponibilidade e incentivo na elaboração deste trabalho.

Aos meus Avôs e Avós, Manoel Casimiro, José Pedro, Francisca Araújo e Francisca Ivanilda, por sempre me dedicarem palavras de carinho e incentivo.

A Dyego Magno por toda a ajuda durante as coletas de dados e incentivo em todos os momentos dessa caminhada.

Aos amigos, que me aconselharam, incentivaram e conviveram nos momentos bons e ruins que surgiram no nosso caminho.

Enfim, agradeço a todos de coração.

Dedico este trabalho aos meus pais que me serviram como base para a conquista deste sonho.

RESUMO

Os problemas relacionados as patologias e deformações de um pavimento, na maioria das vezes, está relacionado com o seu tempo de utilização ou com a carga solicitante proveniente do tráfego de veículos. O pavimento é uma estrutura construída sobre a terraplanagem do solo destinada a resistir e distribuir os esforços verticais oriundo do tráfego dos veículos, melhorar as condições de rolamento e resistir ao desgaste. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo principal realizar uma análise sobre o pavimento da rua São João no município de Pau dos Ferros - RN, que faz ligação da RN-177 com a BR-405, destacando quais as técnicas adequadas para a recuperação do pavimento no trecho em estudo. Com isso, foram realizados uma contagem volumétrica do tráfego diário de veículos e um registro fotográfico das patologias existentes no pavimento. Constatou-se que o pavimento do trecho escolhido realmente se apresenta em um estado crítico de deterioração. As manifestações patológicas são diversas, podendo ser identificadas com grande facilidade. Nessa perspectiva, foi proposta uma alternativa de recuperação do pavimento analisado.

Palavras-Chave: Pavimentos. Recuperação. Tráfego. Veículos. Buraco.

ABSTRACT

The problems related to the pathologies and deformations of a pavement, most of the time, is related to its time of use or the requesting load from the traffic of vehicles. The pavement is a structure built on ground earthwork designed to resist and distribute the vertical forces from vehicular traffic, improve rolling conditions and resist wear. In this sense, the main objective of this work was to analyze the pavement of São João street in the municipality of Pau dos Ferros - RN, which connects RN-177 with BR-405, highlighting which techniques are suitable for the recovery of pavement in the section under study. With this, a volumetric count of the daily vehicular traffic and a photographic registry of the existing pathologies in the pavement were carried out. It was found that the floor of the chosen section really presents itself in a critical state of deterioration. The pathological manifestations are diverse, and can be identified with great ease. From this perspective, an alternative of recovery of the pavement analyzed was proposed.

Keywords: Pavements. Recovery. Traffic. Vehicles. Hole.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Camadas do pavimento flexível.....	18
Figura 2: Pavimento semirrígido	19
Figura 3: Pavimento rígido	19
Figura 4: Distribuição de cargas.....	23
Figura 5: Formato de trincas.....	26
Figura 6: Afundamento formando um trilha de roda.....	27
Figura 7: Ondulações na superfície	28
Figura 8: Escorregamento da massa asfáltica.....	28
Figura 9: Exsudação na superfície asfáltica.....	29
Figura 10: Desgaste da superfície.....	30
Figura 11: Buraco no pavimento	30
Figura 12: Tipos de deformações no pavimento.....	31
Figura 13: Trecho da rua em estudo.	38
Figura 14: Trecho com trincas e panelas.	42
Figura 15: Trinca isolada longitudinal.....	42
Figura 16: Desgaste superficial.	43
Figura 17: Desgaste superficial com remendos.	44
Figura 18: Panelas no pavimento.....	44
Figura 19: Remendos.....	45
Figura 20: Trilha de roda.	45
Figura 21: Trechos da rua São João com problemas de drenagem.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Camadas de revestimento asfáltico.....	22
Tabela 2: Dados da contagem volumétrica no sentido RN-177 para a BR-405.....	39
Tabela 3: Dados da contagem volumétrica no sentido BR-405 para a RN-177.....	40
Tabela 4: Peso bruto máximo por veículo	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Fluxo de veículos no trecho da BR-405 na cidade de Pau dos Ferros-RN.....	39
--	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ALC	Afundamento de Cosolidação Local
ALP	Afundamento Plástico Local
ATC	Afundamento de Consolidação da Trilha
ATP	Afundamento Plástico de Trilha
CNT	Confederação Nacional de Trânsito
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
KM	Quilômetro
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
PTB	Peso Bruto Total
RN	Rio Grande do Norte

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1	HISTÓRICO DA PAVIMENTAÇÃO.....	17
3.2	CONCEITO E TIPOS DE PAVIMENTO	17
3.3	SERVENTIA DE UM PAVIMENTO	20
3.4	HABILITAÇÃO DE UM PAVIMENTO	20
3.5	CAMADAS DE UM PAVIMENTO FLEXÍVEL	20
3.5.1	Subleito	21
3.5.2	Reforço do subleito	21
3.5.3	Sub-base.....	21
3.5.4	Base	21
3.5.5	Revestimento	21
3.6	CARGAS ATUANTES – MECÂNICA DOS PAVIMENTOS	22
3.7	MATERIAIS DE PAVIMENTAÇÃO.....	24
3.8	PATOLOGIAS DOS PAVIMENTOS.....	25
3.8.1	Fenda	25
3.8.2	Afundamentos	26
3.8.3	Ondulação ou conrugação.....	27
3.8.4	Escorregamento	28
3.8.5	Exsudação.....	29
3.8.6	Desgaste	29
3.8.7	Panela ou buraco.....	30
3.8.8	Remendo	31
3.9	AVALIAÇÃO ESTRUTURAL	31
3.10	AVALIAÇÃO FUNCIONAL	32
3.11	MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS	32
3.12	TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTOS	33
4	METODOLOGIA DA PESQUISA	36
4.1	ANÁLISE DO TRÁFEGO	36

4.2	ANÁLISE DO PAVIMENTO	37
4.3	CARACTERIZAÇÃO DO TRECHO	37
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
6	CONCLUSÃO	48
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
	ANEXO A – VEÍCULOS ADOTADOS NA CLASSIFICAÇÃO DO DNIT.	53
	ANEXO B – FICHA DE CONTAGEM VOLUMÉTRICA.....	57

1 INTRODUÇÃO

Para Rocha (2010, p. 1) “o sistema viário deve atender a itens de conforto e segurança na trafegabilidade dos veículos pelas ruas e avenidas da cidade”. Dessa forma, o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT (2006) reporta que, para os pavimentos, a sua idade e solicitação intensa são os causadores dos grandes problemas e deformações, tendo em vista que, na maioria das obras de estradas pavimentadas a malha já superou muito a sua expectativa de vida útil.

É de relevância ímpar o desenvolvimento de obras de implantação de novos segmentos, bem como dispor de manutenção dos já existentes. Nesse sentido, o atual desenvolvimento viário, do transporte e de seus bens e serviços tem adquirido fundamental importância estratégica. (HERMES, 2013).

No Brasil, o transporte rodoviário é o principal meio para o deslocamento de cargas, isso se justifica por chegar a praticamente todos os lugares e atender as necessidades de uma forma mais rápida. Entretanto, é notório que a malha rodoviária encontra-se predominantemente em estado de ruim ou péssimo, demanda altos investimentos. O uso persistente das rodovias com infraestrutura ruim torna a situação muito pior e a não intervenção de forma rápida e eficiente torna esse custo crescente ao longo dos anos. (HERMES, 2013)

Segundo a pesquisa da Confederação Nacional do Transporte – CNT (2018), que abrangeu 107.161 Km de rodovias, 50,9% dos pavimentos nas rodovias brasileiras encontram-se em um estado de péssimo a regular e apenas 6,8% é considerado bom.

Ainda de acordo com a CNT (2018), existem problemas em 75,9% do total avaliado, sendo que, cerca de 81.351 Km, apenas 24,1% está em boas condições de uso. Dentre os problemas identificados 52,8% são de desgaste da extensão avaliada; 18,9% são trinca em malha ou remendo; 3,4% são afundamentos, ondulações ou buracos e 0,8% está totalmente destruído.

A cidade de Pau dos Ferros, localizada na região do Alto Oeste Potiguar do estado do Rio Grande do Norte, possui topografia ondulada, composta por vias urbanas com pavimentos em revestimento asfáltico. O trecho estudado é uma rodovia com características urbanas que faz a ligação entre a rodovia estadual RN-177 e a rodovia federal BR-405, também servindo como rota de desvio para a BR – 405. A rua do objeto desse estudo, é uma rua antiga e possui um pavimento asfáltico bastante deteriorado e desgastado. O pavimento estudado neste trabalho é uma mistura asfáltica, sendo denominado como um pavimento flexível, que segundo Bernucci et al. (2008): “os pavimentos asfálticos são aqueles em que o revestimento é composto por uma

mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos”, onde serão relatados os tipos de defeitos como trincas ou fissuras, buracos, desgaste superficial, entre outros, avaliando as patologias iniciais em um pavimento flexível.

O constante e crescente volume de tráfego traz a necessidade do surgimento de novas tecnologias para aumentar a resistência e a durabilidade dos pavimentos asfálticos. Este estudo tem como contribuição uma análise da técnica adequada para a recuperação do pavimento, materiais utilizados, camadas existentes abaixo da superfície, entre outros, possibilitando um maior direcionamento para uma revitalização de qualidade, com conforto e segurança no rolamento para o usuário.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterização das condições funcional e estrutural do pavimento asfáltico da rua São João no município de Pau dos Ferros – RN e propor alternativas de recuperação da via.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fazer a análise funcional da superfície do pavimento;
- Classificar e Analisar a contribuição do tráfego no trecho em estudo;
- Caracterizar as patologias existentes, investigando as possíveis causas de sua ocorrência.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 HISTÓRICO DA PAVIMENTAÇÃO

A história da pavimentação é atrelada a própria história da humanidade por meios das construções de estradas. As estradas possibilitam o estudo dos fatos históricos ocorridos desde as civilizações mais antigas, sendo as primeiras buscas dos arqueólogos. Elas representam como se deu o povoamento, conquistas territoriais, intercâmbio comercial, cultural e religioso, urbanização e desenvolvimento. (BERNUCCI et al, 2008)

Senço (2007) fala que o homem pré-histórico na sua busca por alimentos e água, procurava abrir novos caminhos. Quando conseguiu domesticar animais para facilitar sua locomoção, deu um passo adiante na evolução, podendo percorrer maiores distâncias. Com o surgimento da roda, ocorreu a necessidade de melhorias dos caminhos a fim de proporcionar maiores rendimentos em suas viagens. O passo seguinte foi o vencer obstáculos da natureza, contornando rios, depressões ou elevações. Iniciou-se assim a necessidade de exercer controle sobre os caminhos, cortando, aterrando e construindo, possibilitando o aumento do número de viagens e o transporte tornou-se cada vez mais necessário para a sobrevivência. Logo, outro fator dificultou as viagens pois inibia as passagens pelos caminhos, as épocas de chuvas em terrenos argilosos ou épocas de seca em terrenos arenosos. Com isso, surgiu a necessidade de sair da estrada carroçável e pavimentá-la para que as viagens não fossem interrompidas em nenhuma época do ano.

Segundo Bernucci et al (2008), o império Inca, na América Latina, merece grande destaque na construção de suas estradas. Destaca ainda que, o alemão Alexander Von Humboldt, em suas explorações no continente, qualifica essas estradas como “os mais úteis e estupendos trabalhos realizados pelo homem”.

No Brasil, a imprensa, frequentemente, dá ênfase a questão da qualidade das rodovias que não aparenta ter solução. A deficiência do sistema rodoviário no país é grande, além do mais, também é uma questão antiga. Entretanto, é possível inferir que existe uma região em que a qualidade dos pavimentos das rodovias são de melhor qualidade, sendo esta a região Sudeste, onde a maior parte encontra-se no estado de São Paulo. (BALBO, 2007).

3.2 CONCEITO E TIPOS DE PAVIMENTO

De acordo com Senço (2007), pavimento é uma estrutura construída sobre a terraplanagem do solo destinada a atender, de forma técnica e econômica, os seguintes requisitos: resistir e distribuir os esforços verticais oriundo do tráfego dos veículos; melhorar

as condições de rolamento, proporcionando conforto e segurança; e resistir ao desgaste, tornando a superfície do pavimento mais durável.

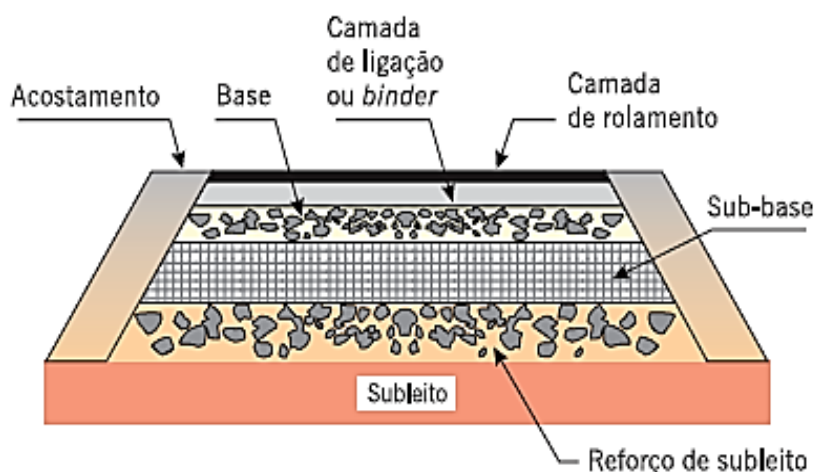
O pavimento de uma estrada, construída sobre uma terraplanagem, é uma estrutura de múltiplas camadas com espessuras finitas, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços solicitantes devido ao movimento de veículos e o clima, assim como dar mais conforto, segurança e economia. (BERNUCCI ET AL, 2008)

O Manual de Pavimentação do DNIT (2006), conceitua pavimento como uma superestrutura constituída por um conjunto de camadas finitas, assente sobre uma infraestrutura (fundação), designada de subleito.

Sendo assim, para Balbo (2007) pavimentar é uma obra civil que vislumbra uma melhoria operacional do tráfego. O pavimento é uma superfície mais regular para o deslocamento dos veículos, mais aderente em condições em que a pista se encontra úmida e menos ruidosa. Desta forma, a seleção e o dimensionamento de um pavimento deve ser em função do tráfego e das condições ambientais da região em que será implantada ou reabilitada uma rodovia, além das questões econômicas e de disponibilidade de materiais.

Existem três tipos de pavimentos: flexíveis, semirrígidos e rígidos. No Manual de Pavimentação do DNIT (2006), as cargas no pavimento flexível se distribuem igualmente para todas as camadas do pavimento de forma que, as camadas sofrem uma deformação significativa. O pavimento é constituído por uma base de brita ou solo pedregulhoso com revestimento de uma camada asfáltica. Os pavimentos flexíveis também chamados de pavimentos asfálticos, são formados por quatro camadas principais: revestimento, composto basicamente por uma mistura de agregados com ligantes asfálticos; base; sub-base; e reforço do subleito. (BERNUCCI ET. AL., 2008)

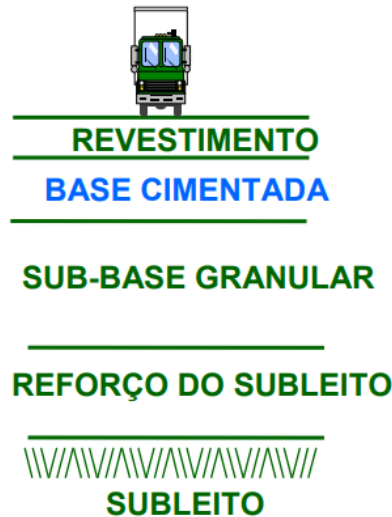
Figura 1: Camadas do pavimento flexível.



Fonte: Bernucci et al, 2008.

O pavimento semirrígido, ainda conforme o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), é constituído por um revestimento asfáltico com uma base cimentada por algum tipo de aglutinante com propriedades cimentícias.

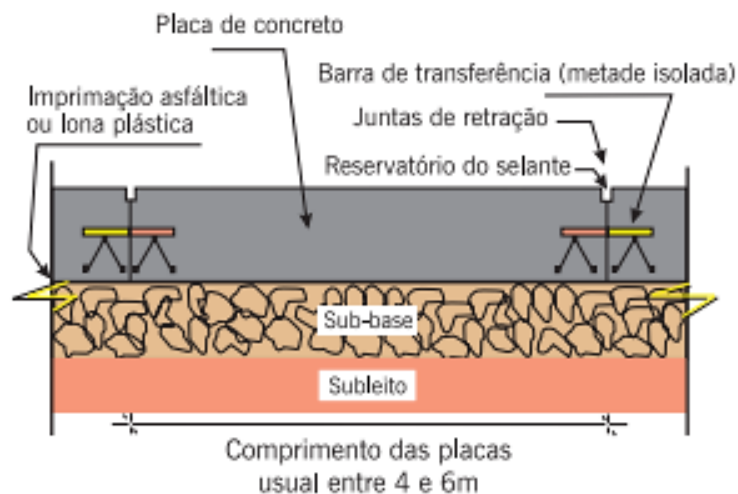
Figura 2: Pavimento semirrígido



Fonte: Adada, 2008.

O pavimento do tipo rígido, possui um revestimento composto por uma placa de laje de concreto, que absorve todo carregamento aplicado, devido a sua elevada rigidez. As placas de concreto podem ser armadas ou não e sua espessura é fixada em função da resistência à flexão. A subcamada desse pavimento é a sub-base, sendo semelhante a sub-base dos pavimentos flexíveis. (BERNUCCI ET AL, 2008)

Figura 3: Pavimento rígido



Fonte: Bernucci et al, 2008.

3.3 SERVENTIA DE UM PAVIMENTO

No Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006), a “Serventia do Pavimento” é capacidade de proporcionar um determinado nível de desempenho, de forma que o processo de aferição pode ser feito através de “Avaliações Subjetivas” e/ou “Avaliações subjetivas”. A Avaliação Subjetiva da Serventia é realizada seguindo os procedimentos da Norma DNIT 009/2003, que envolve os usuários para opinar sobre as condições de rolamento em qualquer condição de trafegabilidade. Já a Avaliação Objetiva da Serventia é obtida por meio do cálculo de vários parâmetros que tratam das condições da superfície do pavimento.

Ainda de acordo com o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006) o pavimento deve estar dentro dos níveis admissíveis quanto a seus atributos funcionais e estruturais, concluindo-se que para manter esses níveis é necessário um contínuo e adequado processo de manutenção. Assim, com esses preceitos o pavimento encontra-se habilitado para a sua utilidade.

3.4 HABILITAÇÃO DE UM PAVIMENTO

A habilitação de um pavimento visa atender os requisitos para otimização dos custos. Dessa forma, o significado de habilitação é estar permanentemente dotado de adequados atributos que exigem manter os níveis aceitáveis do pavimento para submissão a um contínuo e adequado processo de manutenção, ou seja, os atributos devem ser de natureza funcional e estrutural. (DNIT, 2006)

De acordo com o DNIT (2006), o pavimento é dimensionado para ter a ciclos de vida de 8 a 10 anos (média duração). A cada faixa de ciclo de vida, a nova faixa de ciclo é dimensionada conforme o valor estrutural do pavimento remanescente e dos novos parâmetros de faixa de tráfego esperado.

A habilitação do pavimento não é perdida quando se refere ao termo restauração de um pavimento, cujo apresenta-se deteriorado e a sua recuperação ocorre dentro de seu ciclo de vida. Contudo, com o termo reabilitação do pavimento, deve ser entendido que devido ao elevado grau de deterioração, o pavimento perdeu a sua habilitação. (DNIT, 2006)

3.5 CAMADAS DE UM PAVIMENTO FLEXÍVEL

De acordo com a CNT (2017) e com a figura 01, a seção transversal do pavimento é composta por subleito, reforço do subleito, sub-base, base, e o revestimento.

3.5.1 Subleito

O subleito é o terreno de fundação, constituído de material natural compactado, sendo a camada que absorve definitivamente os esforços solicitantes oriundos do tráfego. Para ser assente a outra camada da estrutura do pavimento é necessário que se tenha uma regularização na interface das camadas do subleito para a camada do reforço do subleito. (CNT, 2017)

3.5.2 Reforço do subleito

Para Senço (2007), o reforço do subleito é uma camada utilizada somente quando se faz necessária, sendo realizada acima da camada de regularização. O reforço do subleito não faz mais parte da fundação (que compreende o subleito), já sendo constituinte do pavimento.

A espessura longitudinal é variável, dependendo do dimensionamento do pavimento, e tendo também a função de resistir e distribuir os esforços do tráfego. (CNT, 2017)

3.5.3 Sub-base

Senço (2007) diz que “a sub-base é a camada complementar à base”. Os materiais constituintes deverão ter características melhores do que as do reforço do subleito e inferiores aos da base. Além disso, tem a função de drenar as infiltrações causadas pela ascensão da água por capilaridade. (CNT, 2017)

3.5.4 Base

Base é a camada que recebe o revestimento e é responsável por transmitir os esforços solicitantes. Ainda nesse sentido, o autor considera que o pavimento é composto somente de base e revestimento, sendo que a sub-base e reforço do subleito podem ser seus complementos. (SENÇO, 2007)

3.5.5 Revestimento

Esta é a principal camada do pavimento que recebe diretamente a ação do tráfego. Destinada a melhorar a superfície de rolamento de forma que proporcione maior conforto e segurança para o movimento, também tem a finalidade de resistir ao desgaste e aos agentes de intempéries, aumentando o seu tempo de vida útil. (SENÇO, 2007)

As camadas do revestimento asfáltico, devido a razões econômicas, técnicas e construtivas, podem ser constituídos por duas ou mais camadas diferentes. O dimensionamento

de cada camada, mostradas no Quadro 01, pode variar conforme as condições do subleito, climáticas e ambientais, além disso, pode variar também por causa das características do tráfego e as propriedades dos materiais empregados. (CNT, 2017)

Tabela 1: Camadas de revestimento asfáltico.

Designação do Revestimento	Definição
Camada de Rolamento	É a camada superficial do pavimento, diretamente em contato com as cargas e ações ambientais.
Camada de ligação	É a camada intermediária, também em mistura asfáltica, entre a camada de rolamento e a base do pavimento.
Camada de nivelamento	É a primeira camada de mistura asfáltica empregada na execução de reforços, cuja função é corrigir os desníveis em pista e afundamentos localizados.
Camada de reforço	Nova camada de rolamento, após anos de uso do pavimento existente, executada por razões funcionais, estruturais ou ambas.

Fonte: Adaptado Balbo, 2007.

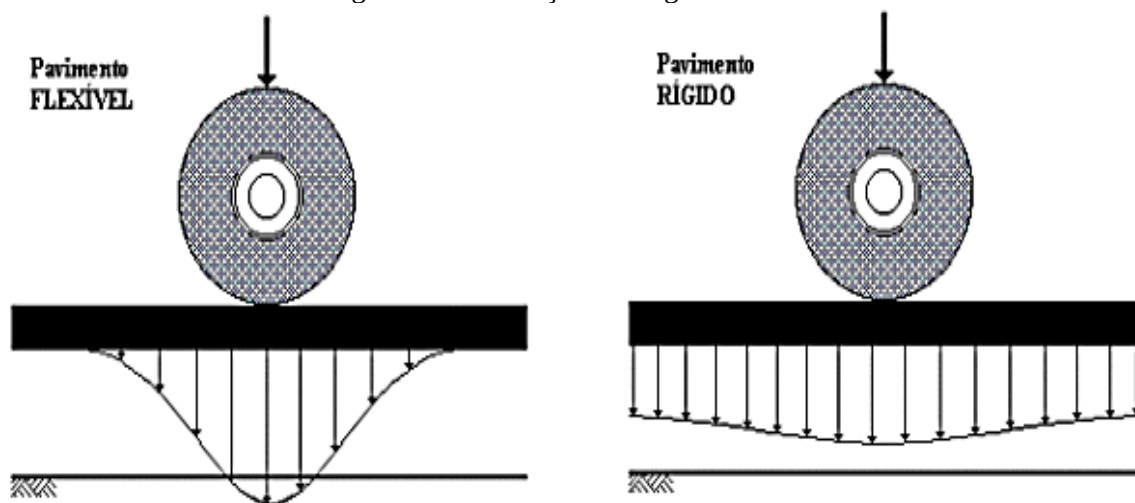
3.6 CARGAS ATUANTES – MECÂNICA DOS PAVIMENTOS

Os Pavimentos apresentam comportamentos quando tensões são aplicadas sobre suas camadas. Assim, a pesquisa CNT (2017) mostra a diferença entre a distribuição das cargas no pavimento flexível e no pavimento rígido. No pavimento flexível, a maior parte da distribuição do carregamento se dá sobre as camadas inferiores, já no pavimento Rígido as cargas se distribuem sobre sua camada de concreto. Em concordância com isso, para Balbo (2007, p. 47) o que de fato define é:

“Enquanto uma dada carga atuante sobre um pavimento flexível impõe nessa estrutura um campo de tensões muito concentrado, nas proximidades do ponto de aplicação dessa carga, em um pavimento rígido, verifica-se um campo de tensões bem mais disperso, com os efeitos da carga distribuídos de maneira semelhante em toda dimensão da placa, o que proporciona menores magnitudes de esforços verticais sobre o subleito. Assim, em linhas gerais, um pavimento com resposta mecânica rígida impõe pressões bem mais reduzidas sobre o subleito, para uma mesma carga aplicada.”

Em concordância, Senço (2007) diz que as cargas solicitantes de um pavimento são transmitidas por meio das rodas pneumáticas dos veículos. Ele também fala de como se dá o mecanismo de transferência de cargas, visto que, a área de contato formada entre os pneus e o pavimento é aproximadamente de uma elipse, e sendo a forma com que a pressão se distribui é parabólica com valor máximo de tensão em seu centro, mostrada na figura 04 para os pavimentos rígido e flexível, tendo em vista à relativa rigidez dos pneus.

Figura 4: Distribuição de cargas.



Fonte: Gunzi, 2016.

As cargas a que solicitam a camada do revestimento dos pavimentos em geral são de compressão e tração devido a flexão. As camadas inferiores ficam submetidas principalmente a compressão. (BERNUCCI ET AL, 2008)

As cargas nas rodovias são provenientes dos veículos comerciais e de passeio. Contudo, a maior solicitação da via é dos veículos comerciais, representados pelos caminhões e ônibus, devido aos seus maiores pesos em relação aos veículos de passeio. Por consequência, a atividade frequente de passar pela via não causa somente os efeitos das solicitações das camadas do pavimento, provoca também consumo e a deterioração do mesmo. (ALBANO, 2005)

No Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006), as deformações se originam em três situações devido ao carregamento:

- Quando os esforços aplicados nos materiais constituintes do pavimento causam cisalhamento e promove o deslizamento no interior do material. O resultado dessas cargas, provenientes dos pneus e que são concentradas, são afundamentos de trilha de roda e solevantamento ao redor da área carregada por meio de fluência plástica;
- Quando as cargas são estáticas com longa duração ocasionam afundamentos em materiais viscosos, como as misturas betuminosas.
- Ou então, devido ao número de repetições de cargas que causam pequenas deformações que se acumulam com o tempo, gerando afundamentos de trilha de roda.

Segundo o Manual de Estudos de Trafego do DNIT (2006), os veículos adotados em sua classificação apresenta configurações básicas de cada veículo ou combinação destes, bem como número de eixos, seu peso bruto total – PTB e sua classe.

É de extrema necessidade que seja modelado o tráfego, se mostrando como um fator bastante complexo, já que cargas são transmitidas aos pavimentos por rodas pneumáticas de diferentes veículos com cargas aleatórias, várias configurações de eixos e velocidades variáveis. (ALBANO, 2005)

3.7 MATERIAIS DE PAVIMENTAÇÃO

A execução de um pavimento exige os conhecimentos de todos os materiais constituintes de suas camadas e do subleito, bem como os materiais que interferem na construção dos drenos, acostamento, cortes e aterro. Dessa forma, se destacam os solo, os agregados e asfaltos (ligantes), o cimento e a cal. (SENÇO, 2007)

Conforme a CNT (2017), o estudo dos solos para a pavimentação é de fundamental importância, pois eles apresentam dupla utilidade, pois estão tanto presentes nas camadas do pavimento como na sua camada de fundação, o subleito. Por essa perspectiva, a engenharia rodoviária conceitua solo como material que resulta da decomposição de rochas por ação de intempéries, sendo todo tipo de matéria orgânico ou inorgânico, inconsolidado ou parcialmente cimentado, encontrado na superfície da terra que possa ser escavado. (Manual da Pavimentação – DNIT, 2006)

Agregados, para Senço (2007), são materiais inertes, granulares e que não possuem forma nem dimensões definidas, com propriedades adequadas para compor camadas ou misturas a serem utilizadas nos mais diversos tipos de obras. Nas obras de pavimentação, apresentam-se em maior quantidade em relação aos demais materiais, tendo como obrigação possuir propriedades adequadas quanto à durabilidade, resistência, adesividade ao ligante, entre outros. Podem ainda ser classificados quanto à origem (naturais ou artificiais), composição mineralógica, forma e granulometria, e podem ser britados ou não. (CNT, 2017)

Os ligantes permitem a manipulação do material empregado no revestimento do pavimento, proporcionando união entre os agregados. Ao ligante asfáltico são empregadas três conceituações distintas: betume (mistura de hidrocarbonetos pesados, inflamável, com elevada viscosidade), asfalto (mistura de hidrocarbonetos, onde o principal componente é o betume, mas pode conter oxigênio, nitrogênio e enxofre em pequena proporção) e alcatrão (designação

genérica de um produto que contém hidrocarbonetos, constituído por betume obtido a partir da queima ou destilação do carvão). (CNT, 2017)

Os aglomerantes hidráulicos, cal hidráulica e cimento Portland, são substâncias cuja principal propriedade é a de proporcionarem pega e endurecimento as camadas quando em contato com água. A cal hidráulica é o aglomerante resultante da calcinação de calcários com posteriores processos de imersão ou suspensão na água. O cimento Portland é o aglomerante obtido a partir da moagem de clínquer adicionado de sulfato de cálcio. (Manual de Pavimentação – DNIT, 2006)

3.8 PATOLOGIAS DOS PAVIMENTOS

Na superfície asfáltica, os defeitos podem aparecer a curto, a médio ou longo prazo. Os fatores que levam a redução da vida útil do projeto são variados, podendo destacar-se os seguintes: erros de projeto devido à dificuldade de prever o tráfego atual, ou relacionado ao dimensionamento estrutural que pode ser incompatível; erros ou inadequações na seleção, na dosagem ou na produção de materiais; erros ou inadequações construtivas, onde muitas vezes são deixados de seguir procedimentos de normas e manuais; erros ou inadequações nas alternativas de conservação e manutenção. (BERNUCCI ET AL, 2008, p. 09)

Os defeitos de superfície que podem ser identificados a olho nu são classificados segundo uma terminologia norma DNIT 005/2003-TER como: fendas, afundamentos, ondulação ou corrugação, escorregamento, exsudação, desgaste, panela ou buraco e remendo.

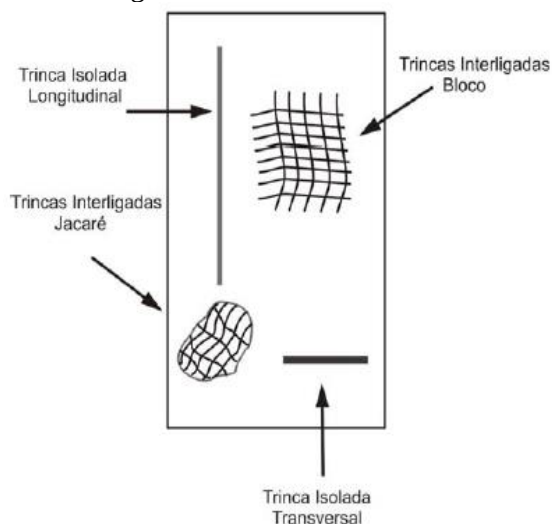
3.8.1 Fenda

Em referência a norma DNIT 005/2003-TER (2003), fenda é qualquer tipo de descontinuidade na superfície do pavimento, que conduz a aberturas de diversas formas, sendo subdividida em:

- Fissura: são fendas que não causam problemas funcionais ao revestimento;
- Trinca: possui uma abertura maior que a da fissura e pode apresentar-se sob a forma de trincas isoladas ou trincas interligadas. Além disso, na Figura 05 mostram alguns tipos de trincas. As trincas isoladas podem ser classificadas em: transversal, sendo ortogonal ao eixo da via; longitudinal, paralela ao eixo da via; e, de retração, devido à retração térmica. E as Interligadas se classificam em: tipo “Couro de Jacaré”, por formarem conjuntos sem direções preferenciais; e tipo blocos, se formando em aspectos de blocos.

As trincas são descontinuidades no revestimento com aberturas superiores as das fissuras, podendo estar relacionadas a fadiga, ou seja, a solicitação pelo tráfego de veículos comerciais. As trincas que são ocasionadas pela fadiga podem ser as trincas isoladas transversais ou longitudinais e interligadas tipo “Couro de Jacaré”. Já as que não são oriundas do mecanismo de fadiga são as isoladas e interligadas tipo bloco.

Figura 5: Formato de trincas



Fonte: DNIT 005/2003-TER

3.8.2 Afundamentos

Na pesquisa CNT (2017), afundamentos são depressões da superfície acompanhada de solevamento, que é um levantamento de volume lateral.

De acordo com Silva (2005), os afundamentos podem ser deformações plásticas de uma ou mais camadas do pavimento e/ou do subleito. Quando o seu comprimento for inferior a 6 metros, recebe o nome de Afundamento Plástico Local (ALP), já quando é superior a essa extensão, recebe o nome de Afundamento Plástico de Trilha (ATP). Suas principais causas são: fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, falha na dosagem de mistura asfáltica com excesso de ligante asfáltico e falha na seleção de tipo de revestimento asfáltico para a carga solicitante. (CNT, 2017)

Ainda definindo afundamentos, a norma DNIT (2003) elucida o afundamento de consolidação, que é ocasionado pela consolidação final das camadas do pavimento. Quando o seu comprimento for inferior a 6 metros, recebe o nome de Afundamento de Consolidação Local (ALC), já quando é superior a essa extensão, recebe o nome de Afundamento de Consolidação da Trilha (ATC). Já as principais causas deste tipo de afundamento são: fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, densificação ou ruptura por

cisalhamento de camadas subjacentes ao revestimento, falha na compactação da construção e problemas de drenagem. (CNT, 2017)

A figura 06 mostra um afundamento de trilha de roda, recebendo esse nome por apresentar extensões maiores do que seis metros e serem no formato de caminho feitos de rodas.

Figura 6: Afundamento formando um trilha de roda.



Fonte: CNT, 2017.

3.8.3 Ondulação ou conrugação

A pesquisa CNT (2017) relata ondulação como um movimento plástico do revestimento na superfície do pavimento, podendo ser observado na figura 07.

Em concordância, Silva (2005) diz que são ocasionadas pela: má execução das camadas inferiores, deixando-as instáveis, e excesso de asfalto. As ondulações são transversais ao eixo da via, estando associadas às tensões de cisalhamento geradas pelos pneus dos veículos, consequência do efeitos de aceleração ou de frenagem.

Figura 7: Ondulações na superfície



Fonte: CNT, 2017.

3.8.4 Escorregamento

Para o DNIT (2003, p. 3), o escorregamento é considerado como um “deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua”, mostrando-se essa deformação de pavimento na figura 08.

Figura 8: Escorregamento da massa asfáltica



Fonte: CNT, 2017.

A falta de aderência entre as camadas de revestimento e sua camada subjacente (base) é a causa da forma de meia lua, ocorrendo em áreas de frenagem e intercessões devido ao tráfego em pavimentos com massa asfáltica de baixa aderência. (SILVA, 2005)

3.8.5 Exsudação

Para a CNT (2017, p. 91), exsudação é um “filme de material betuminoso que aparece na superfície do pavimento criando um brilho vítreo, causado pela migração do ligante por meio do revestimento”.

Em consonância, para Silva (2005), o asfalto dilata por causa do calor e devido ao pouco número de vazios acaba subindo para a superfície através do revestimento (exsudação), gerando uma nova superfície que brilha devido ao excesso de ligante betuminoso, mostrado na figura 09.

Figura 9: Exsudação na superfície asfáltica.



Fonte: CNT, 2017.

3.8.6 Desgaste

É um efeito, exibido na figura 10, que provoca o arrancamento progressivo do agregado do pavimento, ocasionado pelo tráfego e da carga dos veículos provoca aspereza superficial do revestimento. (DNIT, 2003)

O desgaste é um efeito oriundo da associação das cargas solicitantes do tráfego no pavimento com os agentes de intemperismo. (SILVA, 2005)

Figura 10: Desgaste da superfície



Fonte: CNT, 2017.

3.8.7 Panela ou buraco

Pela figura 11, é possível ver que é um buraco que se forma no revestimento do pavimento por algumas razões, como o excesso de umidade, falha na compactação, fadiga, entre outros, podendo alcançar as primeiras camadas do corpo da estrada e provocando a desagregação. (DNIT, 2003)

Também de acordo com Silva (2005), as panelas são a evolução de outros tipos de defeitos da via como as trincas, os afundamentos ou os desgastes, podendo ser uma cavidade que chegue a atingir a base do pavimento, sendo a solução a execução de remendos. O maior surgimento deste tipo de defeito surge na estação chuvosa, pois o acúmulo de água acelera o processo de degradação.

Figura 11: Buraco no pavimento

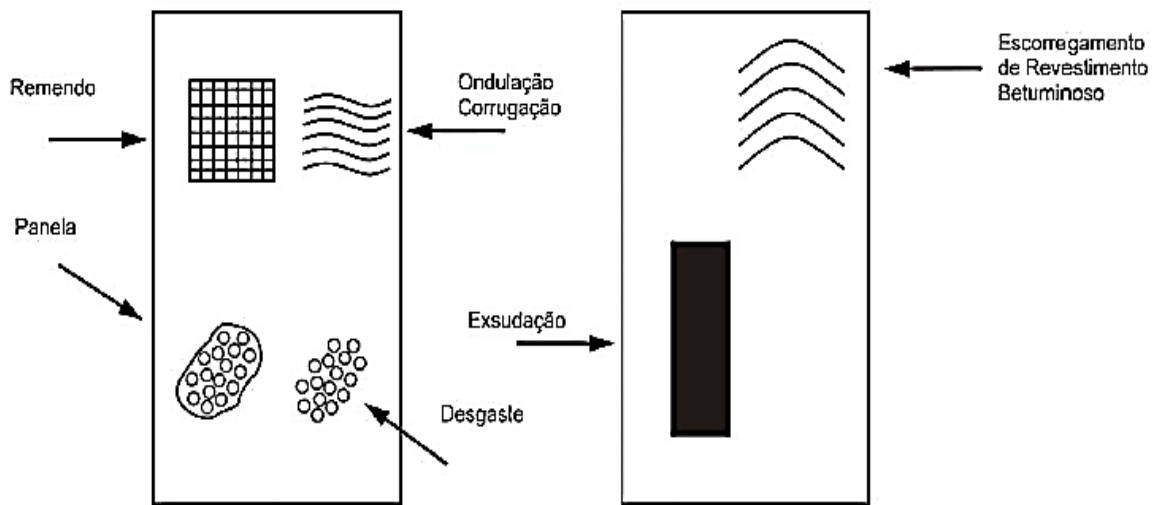


Fonte: CNT, 2017.

3.8.8 Remendo

É uma forma de preencher as panelas com uma ou mais camadas de pavimentação, sendo possível notar sua forma na figura 12, além disso, a figura 12 representa também outros tipos de deformações. Considerado um defeito, pois dependendo de como foi realizado sua execução, pode comprometer a segurança e o conforto. Sua deterioração, é devida a má recuperação e o conjunto de danos existentes em uma área de remendo. (CNT, 2017)

Figura 12: Tipos de deformações no pavimento.



Fonte: DNIT 005/2003-TER.

3.9 AVALIAÇÃO ESTRUTURAL

A avaliação estrutural é, para o Departamento de Estradas de Rodagem – DER (2006), nada mais do que a análise dos deslocamentos verticais sofridos pela superfície do pavimento quando submetido à ação de várias cargas. Dessa forma, consiste na determinação da capacidade de seu desempenho estrutural, que por sua vez é a capacidade do pavimento de manter sua integridade estrutural.

O Guia da *American Association of State Highway and Transportation Officials* – AASHTO (1993), mostrou que uma das formas de avaliar um pavimento é por meio de seu desempenho estrutural, ou seja, da maneira com que o pavimento responde as ações solicitantes do tráfego, sendo necessário que se conheça todas as variáveis envolvidas, como as cargas por eixo, as respostas estruturais de cada camada do pavimento de acordo com os materiais utilizados e suas espessuras.

Conforme o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006), a capacidade em manter a integridade estrutural é referida como o seu desempenho estrutural, não apresentando falhas significativas.

3.10 AVALIAÇÃO FUNCIONAL

A avaliação funcional consiste na capacidade em que o pavimento, em sua serventia, tem em transmitir ao seu usuário a sensação de conforto no rolamento, uma vez que, as principais funções são as de proporcionar conforto e qualidade. (DER, 2006)

Ainda conceituando a avaliação funcional, a AASHTO (1993) diz que o desempenho de um pavimento tem enfoque em condições de deterioração, degradação e medidas de sua superfície.

Dessa maneira, o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006) estabelece o conceito de desempenho funcional, referindo-se a sua serventia, ou seja, a capacidade com o que o pavimento tem de realizar a sua principal função em termos de qualidade de rolamento.

3.11 MANUTENÇÃO DE PAVIMENTOS

O Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006), ao citar a norma TER-02/79 aborda as seguintes intervenções para as atividades manutenção: conservação rodoviária em suas três modalidades, que são corretiva rotineira, preventiva periódica e de emergência; restauração; e melhoramento, que divide-se em dois grupos, complementação e modificação.

No Manual de Restauração do DNIT (2006), mesmo que a rodovia seja construída obedecendo todas as normas de qualidades dos materiais e da construção, ela continua a se deteriorar com o tempo. Nesse sentido, o objetivo da manutenção é amenizar os efeitos da deterioração provocados pelo tráfego e o ambiente e, torná-la apta aos usuários por mais um período de tempo. As principais finalidades da conservação são:

- Prolongar sua vida útil;
- Reduzir o custo de operação dos veículos;
- Contribuir com os habitantes na região da rodovia, proporcionando um tráfego com maior regularidade, pontualidade e segurança nos serviços de transporte.

Em conformidade com a conceituação existente, Silva (2008) nos diz que existem dois tipos de manutenção para pavimento flexíveis, a preventiva e a corretiva. Como exemplo para a manutenção preventiva é a selagem de trincas, já para a manutenção corretiva pode-se citar o Remendo, onde o mês ou a estação do ano é de fundamental importância a longo prazo do reparo.

Assim, o Manual de Pavimentação do DNIT (2006) sugere dois tipos de conservação, a conservação rotineira e a periódica. A primeira, compreende um conjunto de operações para sanar um defeito, seus principais serviços são remendos e selagem de trincas. Os remendos são recomendados para o reparo de painéis ou buracos, recomposição de seguimentos com trincamento por fadiga e reparos localizados para a regularização prévia da superfície. A segunda, são operações que evitam o surgimento ou o agravamento de defeitos, suas atividades envolvem uma aplicação de uma camada delgada de mistura asfáltica ou um tratamento superficial simples, não acrescentando na sua capacidade estrutural. Seus principais serviços são: capa selante, lama asfáltica, camadas porosas de atrito e recapeamentos esbeltos com misturas densas.

3.12 TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTOS

No Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006) o processo de recuperação aplicado para superfícies de pavimentos deteriorados com o objetivo de restabelecer suas características técnicas.

De acordo com Bernucci et al (2008), a restauração do pavimento asfáltico se dá por meio de estudos que indicam as condições em que se encontra o pavimento. Estes estudos são precedidos pelas avaliações funcional e estrutural que fornecem os dados necessários sobre sua superfície e estrutura para a tomada da técnica de restauração apropriada.

O recapeamento consiste na sobreposição do pavimento existente por uma mistura betuminosa ou concreto de cimento Portland. Com a nova capa sobreposta será conferido ao pavimento existente uma maior estabilidade estrutural e com a eliminação dos defeitos funcionais, deixando-o apto a exercer sua função durante um novo ciclo de vida. (Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos – DNIT, 2006)

Bernucci et al (2008) ainda mostra quais as técnicas a serem empregadas, de forma combinada ou isolada com remoção ou não do revestimento, quando existirem apenas defeitos funcionais superficiais:

- Lama asfáltica (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER-ES 314/97), que tem por objetivo a selagem de trincas, impermeabilizar e rejuvenescer revestimentos;
- Tratamento superficial simples ou duplo, de acordo com as normas DNER-ES 308/97 e DNER-ES 309/97, respectivamente, com o objetivo de estabelecer os

procedimentos a serem empregados na execução dos revestimentos betuminosos do tipo tratamento superficial simples ou duplo;

- Micro revestimento asfáltico a frio (ABNT NBR 14948, DNIT 035/2005-ES) ou a quente (DNER-ES 388/99), que podem ser empregados para a selagem de trincas, servindo como uma camada de selagem, impermeabilização, rejuvenescimento e restauração da aderência superficial;
- Concreto asfáltico (DNIT 031/2004) podendo ser utilizado como camada de regularização ou reforço do pavimento quando o seu agregado possui uma graduação fina;
- Mistura do tipo camada porosa de atrito, normatizado segundo a DNER-ES 386/99, que visa fixar todo o preparo de mistura asfáltica para a construção da camada do pavimento.
- Também pode ser empregado Stone Matrix Asphalt – SMA, que é um revestimento asfáltico usinado a quente, considerado praticamente impermeável devido a seu alto teor de ligante, com volumes de vazios que variam de 4 a 6%.

Além disso, Bernucci et al (2008) ainda relata quais as possíveis combinações de técnicas que podem ser utilizadas para restauração:

- Reperfilagem com concreto asfáltico tipo massa fina juntamente com mistura do tipo camada porosa de atrito;
- Microrrevestimento asfáltico e mistura do tipo camada porosa de atrito;
- Remoção por fresagem, reperfilagem com concreto asfáltico tipo massa fina e microrrevestimento. Para o caso de quando se apresenta uma condição de abrasão do tráfego, a superfície antiga do revestimento apresentar alto grau de degradação e/ou elevado de trincamento e/ou desagregação;
- Remoção por fresagem, com reperfilagem com concreto asfáltico tipo massa fina, tratamento superficial simples e por fim, microrrevestimento a frio. Para usar este tipo de combinação, a superfície antiga apresenta grau elevado de trincamento e a superfície nova necessita de melhor condição de rolamento;
- Remoção por fresagem, com reperfilagem com concreto asfáltico tipo massa fina e mistura do tipo camada porosa de atrito. Nessa situação, a superfície apresenta grau elevado de trincamento e/ou desagregação, existindo também a necessidade de boa aderência e escoamento superficial;

- Remoção por fresagem, com micro revestimento asfáltico e mistura do tipo camada porosa de atrito, para superfícies que apresentam grau elevado de trincamento e/ou desagregação.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

Segundo, Lakatos e Marconi (2007, p. 155) evidenciam a pesquisa como “um procedimento formal com método de pensamento reflexivo que requer um tratamento científico e se constitui no caminho para se conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais.”

Severino (2007) tem uma definição para pesquisa bibliográfica, ela é um estudo de registros impressos decorrentes de pesquisas anteriores, sendo esses, livros, artigos ou teses constituídos por texto analiticamente processados pelos seus autores.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica acerca do tema desse estudo, ou seja: pavimentação, manutenção e técnicas de restauração, com base nos estudos do DNIT, através dos manuais de Pavimentação (2006), de Restauração de Pavimentos Asfálticos (2006) e de Conservação Rodoviária (2005) e normas que regem todos os aspectos de análise e execução da pavimentação rodoviária e sua conservação.

Além disso, realizou-se pesquisa em livros, destacando-se as publicações de Balbo (2007) e Silva (2005); artigos científicos sobre a área enfoque deste estudo como Rocha (2010); e ainda Bernnuci et al (2008) e relatórios da CNT também foram utilizados.

4.1 ANÁLISE DO TRÁFEGO

A metodologia também compreendeu uma pesquisa de campo desenvolvida através da uma contagem volumétrica para quantificar as cargas que solicitam a via diariamente. De acordo como o Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006) os procedimentos utilizados para o levantamento de dados são realizados por meio de pesquisas com entrevistas ou por meio de observação direta. Nesse sentido, utilizou-se as contagens volumétricas que visam determinar o sentido e a composição do fluxo de tráfego, utilizando uma ficha de contagem volumétrica do tráfego de veículos, mostrada no Anexo I.

A contagem volumétrica se deu em um período de 16 horas e em duas quartas feiras seguidas, dias 09 e 16 de janeiro de 2019, dividindo o horário da pesquisa. Na primeira quarta-feira (dia 09) a contagem foi realizada no horário que vai da 11:45 até as 17:00 horas. Na quarta-feira do dia 16 a contagem foi feita em dois períodos de horário, das 06:00 às 11:45 horas e das 17:00 às 22:00 horas. O dia da semana escolhido teve como base alguns fatores:

- Não fosse realizada a contagem em finais de semana, tendo em vista que o tráfego varia muito de um final de semana para outra pela possível existência de eventos na cidade ou a completa ausência deles;

- Não fosse realizada contagem em segundas feiras, pois podia existir a possibilidade de tráfego de veículos provenientes de viagens de finais de semana e não caracterizando o tráfego da cidade;
- E, por fim, não fosse uma sexta feira, pois existe um maior fluxo de tráfego devido a passagem de veículos com fins turísticos para os finais de semana.

4.2 ANÁLISE DO PAVIMENTO

O estudo de caso utilizou uma abordagem qualitativa a partir da análise do pavimento da via com a execução de registros fotográficos, para avaliação das condições superficiais do trecho em estudo. Segundo Prodanov e De Freitas (2013) definem que na abordagem qualitativa, o ambiente é a fonte direta de dados para a pesquisa, tendo que existir um contato direto de um trabalho intensivo de campo.

Os registros fotográficos dos defeitos do pavimento foram realizados nos dias 16 e 20 de Janeiro de 2019.

Finalmente, foi analisado as condições de trafegabilidade, o volume de carga que solicitam a via diariamente para a indicação final das possíveis soluções com as técnicas de recuperação para as deteriorações existentes, ocorrendo a avaliação funcional. A avaliação funcional consistiu apenas na caracterização das manifestações patológicas e das condições da via observadas, sem a realização de ensaios.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DO TRECHO

A presente pesquisa foi conduzida a fim de identificar os principais defeitos no pavimento da rua São João, rodovia com características urbanas, que faz ligação entre a rodovia estadual RN-177 com a rodovia federal BR-405, possuindo uma extensão de aproximadamente 1,01 Km e localizada no Município de Pau dos Ferros/RN, região do Oeste Potiguar (Figura 13).

A rua possui um pavimento deteriorado e sem dados concretos de quando foi realizada sua construção e até mesmo a última intervenção para sanar as manifestações patológicas encontradas.

Figura 13: Trecho da rua em estudo.



Fonte: Google Earth.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados dessa pesquisa são provenientes do registro fotográfico e da contagem volumétrica para caracterizar o tráfego.

Os resultados da contagem são apresentados em duas tabelas, de forma que, cada uma contém os dados do tráfego de uma faixa da pista de rolamento.

A tabela 02 contém os dados do tráfego da rua São João no sentido da rodovia estadual RN-177 com a rodovia federal BR-405, apresentando um fluxo maior de veículos pesados em relação a tabela 03. Esse fluxo maior se deve, além do fato de que a rua é um trecho de ligação da RN-177 com a BR-405, mas também porque o trecho serve como um desvio da BR-405 devido a um fator topográfico que impede a passagem desses veículos.

Cada tipo de veículo na pesquisa é identificado por uma sigla, como mostra o manual de pesquisas de Tráfego do DNIT (2006) no Anexo B.

Tabela 2: Dados da contagem volumétrica no sentido RN-177 para a BR-405.

Contagem Volumétrica				
Horário		06:00-11:45	11:45-17:00	17:00-22:00
Veículos Leves	Autos	480	475	291
	Camionetas	78	51	32
Ônibus	2C	36	15	6
	3C	3	1	0
Caminhões	2C	32	22	21
	3C	15	8	7
	4C	0	0	0
	2S1	0	0	0
	2S2	0	0	1
	2S3	1	0	0
	3S2	0	1	0
	3S3	10	0	7
	2C2	1	0	0
	2C3	0	0	0
	3C2	0	0	0
	3C3	0	4	0
	Mais de 6 eixos	9	15	11
Outros		960	885	547

Fonte: Autoria própria, 2019.

A tabela 3 mostra os dados da contagem do fluxo dos veículos na faixa de rodagem no sentido da BR-405 para a RN-177. É importante salientar que, quanto aos pesos dos veículos analisados no trecho, o peso é considerado sem o veículo estar carregado.

Tabela 3: Dados da contagem volumétrica no sentido BR-405 para a RN-177.

CONTAGEM VOLUMÉTRICA: UFERSA – RODOVIÁRIA				
Horário		06:00-11:45	11:45-17:00	17:00-22:00
Veículos Leves	Autos	486	384	287
	Camionetas	71	36	17
Ônibus	2C	25	19	5
	3C	0	0	0
Caminhões	2C	33	25	3
	3C	11	11	1
	4C	0	0	0
	2S1	0	0	0
	2S2	0	0	0
	2S3	0	0	0
	3S2	0	0	0
	3S3	2	0	0
	2C2	1	0	0
	2C3	0	0	0
	3C2	0	0	0
	3C3	0	0	0
	Mais de 6 eixos	0	0	0
Outros		1040	891	649

Fonte: Autoria própria, 2019.

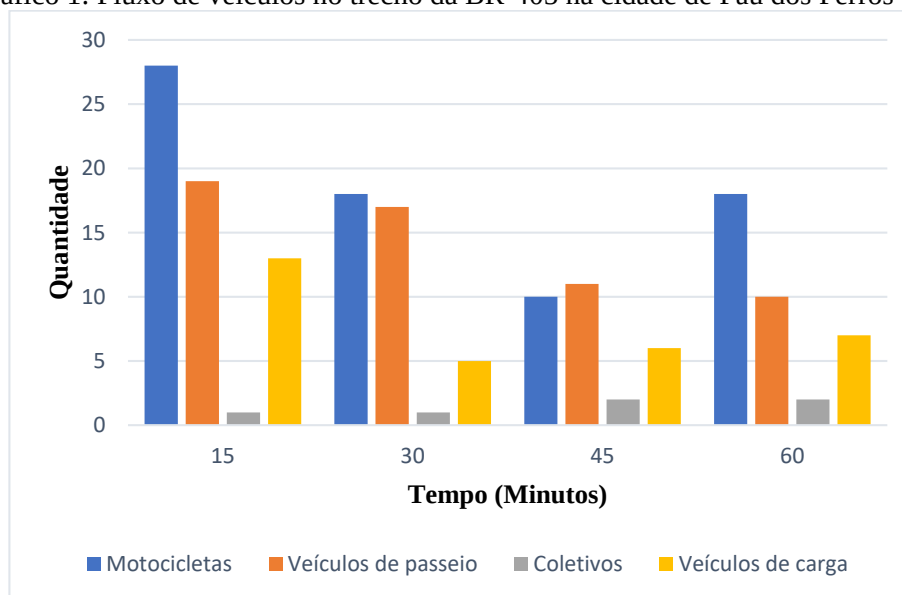
Nos dias de coleta, os horários de pico, nos inícios e fins de expedientes, eram os horários em que o fluxo de veículos era muito maior. Sendo assim, pode-se mapear e estimar a solicitação diária do pavimento com o valor do PTB, apresentado na tabela 4, dos veículos adotados na pesquisa.

Tabela 4: Peso bruto máximo por veículo

Frota		PBT (t)
Veículos Leves	Autos	3,5
	Camionetas	3,5
Ônibus	2C	16
	3C	19,5
Caminhões	2C	16
	3C	23
	4C	31,5
	2S1	26
	2S2	33
	2S3	41,5
	3S2	40
	3S3	45
	2C2	36
	2C3	43
	3C2	43
	3C3	45
Mais de 6 eixos		57-74
Outros		3,5

Fonte: Adaptado DNIT, 2006.

Gráfico 1: Fluxo de veículos no trecho da BR-405 na cidade de Pau dos Ferros-RN.



Fonte: Adaptado SANTIADO ET AL, 2018.

O Gráfico 01, obtido na pesquisa sobre Estudo de Tráfego na BR-405 no município de Pau dos Ferros – RN de Santiago (2018), mostra a quantidade de veículos que passam pelo trecho em apenas uma hora, considerando este fluxo como intenso. Comparando com os dados da pesquisa, realizada durante o período de 16 horas, percebe-se que a quantidade de veículos que passam pela via se assemelha com os dados obtidos nas tabelas 2 e 3.

Como explicitado no referencial teórico, o tráfego contínuo e com veículos mais pesados fazem com que o pavimento flexível sofra com as solicitações. Então, o pavimento da área em estudo pode ter como resultados deformações plásticas e trincas no revestimento. Os principais problemas decorrentes da ação do tráfego são fissuras que se formam devido à fadiga, ou seja, a repetição constante das cargas; afundamentos de trilha de roda ou ondulações na superfície ocasionadas pelo acúmulo de deformações plásticas; desgaste e exposição de agregados por meio da abrasão provocada pelos veículos; oxidação do ligante betuminoso, que acaba por fragilizar a mistura asfáltica, possibilitando seu trincamento e o arrancamento dos agregados. Sendo assim, a segurança para o condutor fica prejudicada quanto aos requisitos de qualidade no rolamento e riscos de acidentes.

Os registros fotográficos ilustram os defeitos encontrados no pavimento da rua São João. São vários tipos de patologias no trecho que podem ter causas distintas. A seguir, serão apresentadas cada defeito encontrado com as suas possíveis causas e, posteriormente, a técnica adequada para a recuperação do trecho.

Na figura 14 são apresentadas dois tipos de patologias, a trinca tipo “Couro de Jacaré” e uma panela. As trincas podem estar relacionadas à fadiga devido a repetição, ou seja, a

solicitação pelo tráfego de veículos, subdimensionamento ou má qualidade da estrutura ou de uma das camadas do pavimento, ou então, baixa capacidade de suporte do solo envelhecimento do pavimento chegando ao fim da vida útil. A panela formada no revestimento provavelmente teve origem a partir das trincas que, juntamente com fatores como a precipitação de chuvas ou a fadiga. Caso não seja implementada uma recuperação para o trecho, pode-se atingir as camadas inferiores prejudicando todo o pavimento.

Figura 14: Trecho com trincas e panelas.



Fonte: Autoria própria, 2019.

As trinca isolada longitudinal encontrada no pavimento, conforme mostra a figura 15, podem se originar devido à retração térmica. As prováveis causas deste tipo de patologia são a má execução da junta longitudinal de separação entre o pavimento antigo e a implantação de um remendo, recalque diferencial, propagação de trincas nas camadas inferiores à do revestimento da estrada. Também são mostradas mais trincas do tipo “Couro de Jacaré”, que podem estar relacionadas à fadiga e agravada pela retração térmica na trinca longitudinal.

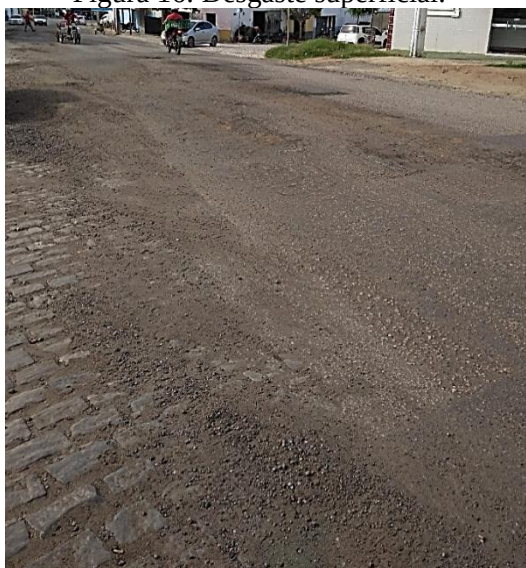
Figura 15: Trinca isolada longitudinal.



Fonte: Autoria própria, 2019.

A figura 16 mostra o desgaste superficial do revestimento no trecho. Trata-se de um defeito funcional e possivelmente foi ocasionado pelo tráfego e da carga dos veículos juntamente com os agentes de intemperismo, provocando aspereza superficial do revestimento. As prováveis causas são falhas na adesividade ligante-agregado, presença de água aprisionada e sobreposição em vazios da camada de revestimento, gerando deslocamento de ligante, ou deficiência no teor de ligante.

Figura 16: Desgaste superficial.



Fonte: Autoria própria, 2019.

Na figura 17 percebe-se que o revestimento apresenta certo grau de desgaste, sendo possível notar que começou a ocorrer o desprendimento dos agregados. Percebe-se também que existe uma grande quantidade de remendos que, provavelmente, foram utilizados como “tapa buracos”. O remendo na via se tornou uma defeito que diminui o conforto na trafegabilidade devido aparecer como elevações ou depressões na via. Suas principais e possíveis causas são a carga de tráfego, utilização de material de má ou péssima qualidade (diminuição de sua vida útil) e até mesmo as técnicas construtivas má executadas.

Figura 17: Desgaste superficial com remendos.



Fonte: Autoria própria, 2019.

A Figura 18 mostra duas panelas no meio da via o que causa dificuldade no rolamento podendo levar até a acidentes. As panelas podem ser a evolução do desgaste do pavimento, pois ao ser observada a imagem, o pavimento já se apresenta com aspecto deteriorado. É importante salientar que a cavidade pode chegar a atingir a base do pavimento. A solução é a execução de remendos, contudo, a má execução do remendo pode somente transformar a patologia em outra.

Figura 18: Panelas no pavimento.



Fonte: Autoria própria, 2019.

As patologias nas Figura 19 (a) e (b) são remendos executados para preencher as panelas que atingiram uma ou mais camadas do pavimento. Os remendo executados da forma como estão, tornaram-se um defeito pois a forma em que se apresentam na via comprometem a segurança e o conforto no rolamento.

Figura 19: Remendos.



Fonte: Autoria própria, 2019.

A figura 19 (a) mostra remendos que foram executados no sentido longitudinal da via, já a figura 19 (b) mostra uma aglomeração de remendos, causando ressaltos no pavimento.

A figura 20 mostra uma afundamento por trilha de roda. O afundamento pode ter sido originado por deformações plásticas de uma ou mais camadas do pavimento e/ou do subleito ou ainda, pela execução da má compactação no trecho. Como o seu comprimento é menor que seis metros, caracteriza-se como um Afundamento Plástico Local. Suas principais causas são: fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, falha na dosagem de mistura asfáltica com excesso de ligante asfáltico e falha na seleção de tipo de revestimento asfáltico para a carga solicitante.

Figura 20: Trilha de roda.



Fonte: Autoria própria, 2019.

A análise para técnica de restauração da trilha de roda da figura 20 envolve a execução de ensaios para saber o grau de deformações no revestimento e nas camadas inferiores. Além disso, é necessário ensaios para saber os materiais empregados e sua dosagem. Os ensaios a serem realizados no trecho devem ser não destrutivos, tendo em vista que, a via não pode ser interditada por ser um elemento de ligação entre a RN-177 e a BR-405 e, também, um desvio para a BR-405. A análise, portanto, caracteriza-se como uma avaliação estrutural, contudo, como existe a falta de equipamento não pôde ser realizada.

As figuras 21 (a) e (b) mostram trechos da rua São João. Apenas na figura 21 (a) existe a presença de uma pequena boca de lobo de um lado da via. Já na figura 21 mostra a ausência de dispositivos drenagem essenciais para a condução e captação de águas pluviais, tais dispositivos seriam sarjetas para condução, bocas de lobo ou bocas de leão para captação, poços de visita para inspeção e canalizações tubulares ou celulares para a condução e ou lançamento.

Figura 21: Trechos da rua São João com problemas de drenagem.



(a)



(b)

Fonte: Autoria própria, 2019.

Outros problemas relacionados a patologias também são possíveis serem visualizados nas figuras 21 (a) e (b), como desgaste superficial, aglomerações de remendos e painelas no acostamento. Além disso, a falta de sinalização, elementos físicos em cruzamentos, da via corrobora para a falta de segurança.

A prefeitura do município de Pau dos Ferros forneceu a informação de que, todos os procedimentos realizados no pavimento, para sanar as patologias, só acontecem quando as outras patologias se transformam em painelas ou buracos. Por consequência, o serviço realizados são os remendos (tapa buraco) pela própria prefeitura.

A técnica de recuperação para o pavimento é a execução de um recapeamento do trecho. Para isso, é necessário a realização de uma fresagem do revestimento do pavimento, fazer uma

caracterização da camada de base existente para verificar se ainda está atendendo as cargas de tráfego, com uma posterior compactação do solo, para assim, ser realizado o recapeamento do pavimento empregando o micro revestimento asfáltico a frio tendo que, o processo de aplicação é bem simples e a maior preocupação é em relação a consistência da massa, conforme as normas ABNT NBR 14948 e DNIT 035/2005-ES. É necessário, antes da aplicação, a execução de uma limpeza da superfície e a mistura deve ser executada em equipamento apropriado.

Para o recapeamento da via, também pode ser empregado a aplicação do micro revestimento asfáltico usinado a quente, onde o procedimento segue a norma DNER-ES 388/99. Neste tipo de micro revestimento, a sua aplicação consiste em um maior número de passos criteriosos como a limpeza da superfície, pintada ou imprimada, a mistura deve ser transportada em caminhão basculante apropriado, seguindo alguns critérios de norma. Finalmente, o tráfego só deve ser reestabelecido com o total resfriamento da mistura.

6 CONCLUSÃO

Após a avaliação funcional subjetiva das condições do pavimento no trecho em estudo, concluiu-se que o pavimento do trecho encontra-se com grande quantidade de patologias que prejudicam a trafegabilidade. Com as contagens volumétricas do fluxo de veículos pode-se deduzir que os excessos de carga aceleram estes processos, acarretando em um maior custo de manutenção, considerando que a via é utilizada como desvio para tráfego pesado da BR 405, rodovia que atravessa toda a área urbana.

As patologias são diversas, podendo ser identificadas com grande facilidade. Os pavimentos flexíveis sofrem contínua degradação, tendo como seu principal causador a carga aplicada sobre o mesmo. Portanto, a técnica empregada visa sanar a problemática da forma mais eficaz, com qualidade e proporcionando durabilidade.

Para estudos futuros, é necessário realizar um aprofundamento dos estudos através de uma pesquisa classificatória do tráfego mais detalhada, ensaios de campo e laboratoriais com base nas normas vigentes e mais detalhados para verificar as propriedades e condições tanto de revestimento asfáltico como dos materiais da camada de base existente. Sendo assim, com os resultados obtidos e caso seja necessário, redimensionar e executar um novo pavimento.

Cabe aos órgãos responsáveis pelas vias regulamentarem limites de carga legal para transporte de acordo com os eixos. Uma solução seria fazer um estudo e transformar o trecho em uma via de mão única para assim diminuir a carga que o solicita e, além disso, divulgar os inconvenientes gerados pela sobrecarga dos veículos. À vista disso, aplicar as técnicas de recuperação adequadas para a questão tendo em vista a segurança dos usuários, a preservação do patrimônio rodoviário e o conforto em transitar na via.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADADA, Lucas Bach. **Programa de integração e capacitação – DER/ 2008**. Disponível em: <http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/RHTemp/PavimentosFlexiveiseRigidos_LucasAdada.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2019.

ALBANO, João Fortini. **Efeitos dos excessos de carga sobre a durabilidade de pavimentos**. 2005. 232 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4498/000457228.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO. **Guide for design of pavements structures**. Washington D.C.: American Association of State Highway Officials, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14948**. Microrrevestimentos asfálticos a frio modificados por polímero – Materiais, execução e desempenho. Rio de Janeiro, 2003.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica**: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 558 p.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al, **Pavimentação Asfáltica**: formação básica para engenheiros. 1ª Ed. - Rio de Janeiro: Petrobrás ABEDA, 2008.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de Rodovias 2018**: relatório gerencial. – Brasília: CNT: SEST: SENAT, 2018. Color.; mapas gráficos. Disponível em: <<http://cms.pesquisarodovias.cnt.org.br/Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20de%20Rodovias%202018%20-%20web%20-%20alta.pdf>>

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Transporte Rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?** – Brasília: CNT: SEST: SENAT, 2017. Color.; mapas gráficos. Disponível em: <http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Estudos%20CNT/estudo_pavimentos_ao_nao_duram.pdf>

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Avaliação Funcional e Estrutural do Pavimento**. Secretaria dos Transportes: Instruções de Projeto. São Paulo. 2006. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/IP-DE-P00-003_A.pdf>. Acesso em: 19 de jan. 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ES 308/97:** Pavimentação: tratamento superficial simples. Rio de Janeiro: Diretoria do Planejamento - Ipr, 1997. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/normas/DNER-ES308-97.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ES 309/97:** Pavimentação: tratamento superficial duplo. Rio de Janeiro: Diretoria do Planejamento - Ipr, 1997. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/normas/DNER-ES309-97.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ES 314/97:** Pavimentação: lama asfáltica. Rio de Janeiro: Diretoria do Planejamento-ipr, 1997. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/normas/DNER-ES314-97.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ES 386/99:** Pavimentação – micro pré-misturado a quente com asfalto polímero – camada porosa de atrito. Rio de Janeiro: Diretoria do Planejamento-ipr, 1999. Disponível em: <<http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dner-es386-99.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ES 388/99:** Pavimentação – micro pré-misturado a quente com asfalto polímero. Rio de Janeiro: Diretoria do Planejamento-ipr, 1999. Disponível em: <<http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dner-es388-99.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DOS 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: 01 nov. 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 009/2003 - PRO:** Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento. Rio de Janeiro: Diretoria de Planejamento e Pesquisa / Ipr, 2003. 6 p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/procedimento-pro/dnit009_2003_pro.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 031/2006 - ES:** Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico - Especificação de serviço. Rio de Janeiro: Diretoria de Planejamento e Pesquisa / Ipr, 2005. 9 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 035/2005 - ES: Pavimentos flexíveis – Micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero – Especificação de serviço.** Rio de Janeiro: Diretoria de Planejamento e Pesquisa / Ipr, 2005. 9 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE. **Manual de Conservação Rodoviária.** IPR/DNIT/ABNT. Publicação 710. Rio de Janeiro, Brasil, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE. **Manual de Estudos de Tráfego.** IPR/DNIT/ABNT. Publicação 723. Rio de Janeiro, Brasil, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE. **Manual de Pavimentação.** IPR/DNIT/ABNT. Publicação 719. Rio de Janeiro, Brasil, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTE. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos.** IPR/DNIT/ABNT. Publicação 720. Rio de Janeiro, Brasil, 2006.

GUNZI, Arnaldo. **Pavimentos de Concreto e Estruturas de Dados.** Disponível em: <<https://ideiasesquecidas.com/2016/05/23/pavimentos-de-concreto-e-estruturas-de-dados/>>. Acesso em: 31 jan. 2019.

HERMES, Thiago Breunig. **Impacto do alto tráfego em pavimento dimensionado para baixo tráfego – estudo de caso: coronel barros – rs.** 2013. 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica.** 5. ed. 5. reimp. São Paulo: Atlas, 2003.

PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição.** Editora Feevale, 2013.

ROCHA, Robson Soares da. **Patologias de pavimentos asfálticos e suas recuperações – estudo de caso da avenida pinto de aguiar.** 2010. 24 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Salvador, Salvador, 2010.

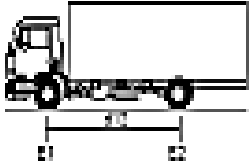
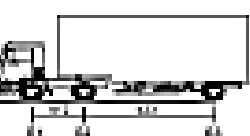
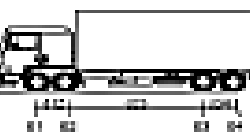
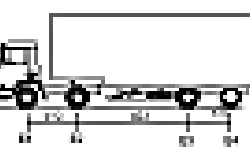
SANTIAGO, Marília Cavalcanti et al. **Estudo de Caracterização da Corrente de Tráfego no Trecho da BR-405 Situado da Cidade de Pau dos Ferros/RN e Análise de sua Interferência na Mobilidade Local**. Pau dos Ferros: Centro Multidisciplinar, 2018.

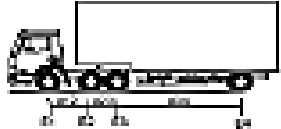
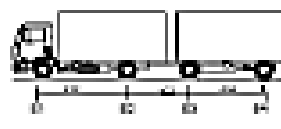
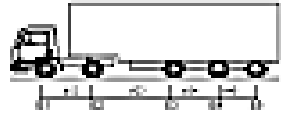
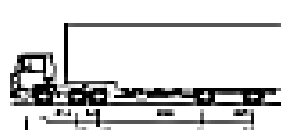
SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2007. 779 p.

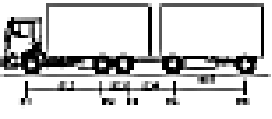
SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 23^a Ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SILVA, Paulo Fernando Araújo. **Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2005. 126 p.

ANEXO A – Veículos adotados na classificação do DNIT.

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	2	18(16,8)	CAMINHÃO E1 = eixo simples (ES), rodagem simples (RS), carga máxima (CM) = 6t ou capacidade declarada pelo fabricante do pneumático E2 = ES, rodagem dupla (RD), CM = 10t $d12 \leq 3,50m$	2C
	3	23(24,2)	CAMINHÃO TRUCADO E1 = ES, RS, CM = 6t E2E3 = ES, conjunto de eixos em tandem duplo TD, CM = 17t $d12 > 2,40m$ $1,20m < d23 \leq 2,40m$	3C
	3	28(27,3)	CAMINHÃO TRATOR + 2EMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM = 6t E2 = ED, RD, CM = 10t E3 = ED, RD, CM = 10t $d12, d23 > 2,40m$	281
	4	31,6(33,1)	CAMINHÃO SIMPLES E1 = ES, RS, CM 6t E2E3E4 = conjunto de eixos em tandem triplo TT; CM = 25,5t $d12 > 2,40$ $1,20m < d23, d34 \leq 2,40m$	4C
	4	29(30,5)	CAMINHÃO DUPLO DIRECIONAL TRUCADO E1E2 = conjunto de eixos direcionais CED, CM = 12t E3E4 = TD, CM = 17t $1,20m < d34 \leq 2,40m$	4CD
	4	33(34,7)	CAMINHÃO TRATOR + 2EMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3E4 = TD, CM = 17t $d12, d23 > 2,40m$ $1,20m < d34 \leq 2,40m$	282
	4	38(37,8)	CAMINHÃO TRATOR + 3EMI REBOQUE E1 = ES, RS, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10t $d12, d23, d34 > 2,40m$	212

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	4	33(34,7)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = E3, R3, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t d12, d34 > 2,40m 1,20 < d23 ≤ 2,40	331
	4	38(37,8)	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = E3, R3, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10m d12, d23, d34 > 2,40m	202
	5	41,6(43,6)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = E3, R3, CM 6t E2 = ED, RD CM10t E3E4E5 = TT, CM 25,5t d12, d23 > 2,40m 1,20m d34, d45 ≤ 2,40m	293
	5	40(42)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = E3, R3, CM 6t E2E3 = TD, CM17t E4E5 = TD, CM 17t d12, d34 > 2,40m 1,20m < d23, d45 ≤ 2,40m	382
	5	46(47,3)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = E3, R3, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t d12, d23, d34, d45 > 2,40m	213
	5	43(45,2)	CAMINHÃO TRATOR + SEMI REBOQUE E1 = E3, R3, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4E5 = TD, CM 17t d12, d23, d34 > 2,40m 1,20m < d45 ≤ 2,40m	213
	5	43(45,2)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = E3, R3, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	312

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	5	43(45,2)	CAMINHÃO + REBOQUE E1 = E3, R3, CM 6t E2 = ED, RD, CM 10t E3 = ED, RD, CM 10t E4E5 = TD, CM 17t d12, d23, d34 > 2,40m 1,20m < d45 ≤ 2,40m	2C3
	5	43(45,2)	CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE E1 = E3, R3, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3C2
	6	46(47,3)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = E3, R3, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4E5E6 = TT, CM 25,5t d12, d34, > 2,40m 1,20m < d23, d45, d56 ≤ 2,40m	3B3
	6	46(47,3)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = E3, R3, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t E6 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d45, d56 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3B3
	6	46(47,3)	CAMINHÃO TRATOR TRUCADO + SEMI REBOQUE E1 = E3, R3, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5E6 = TD, CM 17t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23, d56 ≤ 2,40m	3B3
	6	46(47,3)	CAMINHÃO TRUCADO + REBOQUE E1 = E3, R3, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5E6 = TD, CM 17t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23, d56 ≤ 2,40m	3C3
	6	18,6(20,5)	CAMINHÃO TRATOR E1 = E3, R3, CM 6t E2E3 = TD(5 pneus), CM 13,5t 1,20m < d23 ≤ 2,40m A CMT do conjunto vai variar conforme a capacidade do semi-reboque, no mínimo 10 ton até, no máximo o limite legal de 4t ton.	X

SILHUETA	Nº DE EIXOS	PBT/CMT MÁX.(t)	CARACTERIZAÇÃO	CLASSE
	6	60(52,5)	ROMEU E JULIETA(caminhão tratorado + reboque) E1 = E3, R3, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5E6 = TD, CM 17t d12, d34, d45 > 2,40m 1,20m < d23, d56 ≤ 2,40m	3Q3
	7	67(59,9)	ROMEU E JULIETA(caminhão tratorado + reboque) E1 = E3, R3, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t d12, d34, d56 > 2,40m 1,20m < d23, d45, d57 ≤ 2,40m	3Q4
	7	67(59,9)	BI TREM ARTICULADO(caminhão tratorado + dois semi reboques) E1 = E3, R3, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t d12, d34, d56 > 2,40m 1,20m < d23, d45, d57 ≤ 2,40m	3Q4
	7	88(66,2)	TREMINHAO(caminhão tratorado + dois reboques) E1 = E3, R3, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4 = ED, RD, CM 10t E5 = ED, RD, CM 10t E6 = ED, RD, CM 10t E7 = ED, RD, CM 10t d12, d34, d56, d67 > 2,40m 1,20m < d23 ≤ 2,40m	3Q4
	9	74(77,7)	TRI TREM(caminhão tratorado + três semi reboques) E1 = E3, R3, CM 6t E2E3 = TD, CM 17t E4E5 = TD, CM 17t E6E7 = TD, CM 17t E8E9 = TD, CM 17t d12, d34, d56, d78 > 2,40m 1,20m < d23, d45, d57, d89 ≤ 2,40m	3T5

UNIVERSIDADE FEDERAL
UFERSA
RURAL DO SEMI-ÁRIDO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

Sentido:_____

Horário de Início:_____

Horário de Término:_____

Data:___/___/___

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