

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA**

VANESSA CRISTINA NEVES AGUIAR

**ANÁLISE DE PATOLOGIAS EM PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA – ESTUDO
DE CASO DA RUA FRANCISCO CIRÍACO DE CARVALHO**

CARATINGA

2018

VANESSA CRISTINA NEVES AGUIAR
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA

**ANÁLISE DE PATOLOGIAS EM PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA – ESTUDO
DE CASO DA RUA FRANCISCO CIRÍACO DE CARVALHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil das Faculdades Doctum de Caratinga, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Patologias em Pavimentação Asfáltica.

Orientador: Prof. Thales Leandro de Moura.

CARATINGA

2018

TERMO DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: ANÁLISE DE PATOLOGIAS EM PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA - ESTUDO DE CASO DA RUA FRANCISCO CIRIACO DE CARVALHO, elaborado pelo(s) aluno(s) VANESSA CRISTINA NEVES AGUIAR foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA CIVIL das FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

Caratinga 07/12/2018



THALES LEANDRO DE MOURA

Prof. Orientador



BÁRBARA DUTRA DA SILVA

Prof. Avaliador 1



SIDINEI SILVA ARAÚJO

Prof. Examinador 2

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus por tantas bênçãos e por ser meu guiador, não só ao longo deste percurso, mas ao longo de toda a minha vida.

À minha mãe e irmãos, sempre tão atenciosos e compreensivos, que apesar das dificuldades nunca me desanimaram, ao contrário, sempre me fizeram acreditar que eu poderia ser quem eu quisesse ser.

Ao meu namorado Willian, companheiro de todas as horas, que sempre me incentivou a ser uma pessoa melhor e a chegar mais longe do que eu imaginava.

Aos meus professores pela orientação, incentivo e confiança.

Ao meu orientador Thales Moura pelo conhecimento, experiência, suporte, diálogo e correções.

E a todos os meus amigos que de forma direta ou indireta contribuíram para minha formação acadêmica.

A todos vocês,

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

Com o passar dos anos, nota-se que a frota de veículos tem se tornado maior e mais descontrolada. Desta maneira, é cada vez mais comum o surgimento de patologias no pavimento asfáltico, caso este o da rua Francisco Ciriaco de Carvalho, localizada na cidade de Caratinga, MG. Com o intuito de reparar tais patologias, operações são realizados nessa rua, chamados de “tapa-buracos”. A finalidade dessas operações é aumentar o tempo de vida do revestimento asfáltico, porém panelas, trincas e outras patologias são constantemente identificadas nesta rua e comprometem o deslocamento. O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo das patologias encontradas na rua mencionada, com o intuito de identificar métodos e técnicas com maior resistência para o reparo, tendo em vista a relevância de um estudo prévio antes de se aplicar o pavimento; apresentar possibilidades de melhorias para o sistema através de materiais mais eficientes e conscientizar a importância da conservação, a fim de antecipar a ocorrência de falhas, e manutenção, caso a falha ocorra – caso da rua em questão.

Palavras-chave: Patologias. Revestimento Asfáltico. Tapa-Buracos.

ABSTRACT

Over the years, it has been noted that the fleet of vehicles has become larger and more uncontrolled. In this way, the appearance of pathologies in the asphaltic pavement, is more and more common, if the one of the street Francisco Ciriaco de Carvalho, located in the city of Caratinga, MG. In order to repair such pathologies, operations are carried out in this street, called "hole-holes". The purpose of these operations is to increase the life span of the asphalt coating, but pans, cracks and other pathologies are constantly identified in this street and compromise the displacement. The objective of this work was to study the pathologies found in the aforementioned street, in order to identify methods and techniques with greater resistance to the repair, considering the relevance of a previous study before applying the pavement; present possibilities for improvements to the system through more efficient materials and raise awareness of the importance of conservation in order to anticipate the occurrence of failures and maintenance if the failure occurs – in the case of the street in question.

Keywords: Pathologies. Asphalt Coating. Lid-Holes.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Temperaturas e umidade relativa do ar..... | 12 |
| Figura 2 – Chuva acumulada mensal..... | 12 |
| Figura 3 – Distribuição de cargas em pavimento flexível..... | 17 |
| Figura 4 – Distribuição de cargas em pavimento rígido..... | 18 |
| Figura 5 – Apresentação via satélite da R. Francisco Ciríaco de Carvalho.. | 26 |
| Figura 6 – Trincas de bloco..... | 27 |
| Figura 7 – Trincas couro de jacaré..... | 28 |
| Figura 8 – Afundamentos por consolidação..... | 29 |
| Figura 9 – Ondulação transversal..... | 30 |
| Figura 10 – Remendo..... | 31 |
| Figura 11 – Panela atingindo a base comprometida com barro devido à água da chuva..... | 32 |
| Figura 12 – Panela atingindo a base com trincas de jacaré em volta..... | 33 |
| Figura 13 – Panela com água..... | 33 |
| Figura 14 – Panela com água..... | 34 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANIP – Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos

CA – Concreto Asfáltico

CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado A Quente

CNT – Confederação Nacional do Transporte

CPA – Camada Porosa de Atrito

CTB – Código de Trânsito Brasileiro

DER – Departamento de Estradas de Rodagem

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

EAP – Emulsão Asfáltica de Petróleo

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

SMA – Matriz Pétreo Asfáltica

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--------------------------------------|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 10 |
| 1.1 | Contextualização..... | 10 |
| 1.2 | Justificativa..... | 13 |
| 1.3 | Objetivos | 14 |
| 1.3.1 | Objetivo geral..... | 14 |
| 1.3.2 | Objetivos específicos | 14 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 15 |
| 2.1 | Pavimento | 15 |
| 2.1.1 | Pavimentos Flexíveis | 16 |
| 2.1.2 | Pavimentos Rígidos | 18 |
| 2.1.3 | Pavimentos Semi-Rígidos..... | 19 |
| 2.2 | Revestimentos Asfálticos | 20 |
| 2.3 | Defeitos de Pavimento | 22 |
| 3 | METODOLOGIA..... | 25 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 26 |
| 5 | CONCLUSÃO..... | 39 |
| 6 | REFERÊNCIAS | 40 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Construção e conservação das vias, sejam elas ruas, avenidas, estradas, rodovias, etc, conforme o aumento significativo da extensão da malha viária, tem grande impacto social, devendo assim o sistema viário atender a itens de segurança e conforto na trafegabilidade dos veículos. É importante saber como são determinados sentidos de fluxos, limites de velocidade, permissão de estacionamento, sinalização de uma via, entre outros. Entender as características das vias nos permite compreender as regras que a regem, de forma a segui-las.

O Código de Trânsito Brasileiro (CTB) classifica as vias urbanas da seguinte forma:

- De trânsito rápido: caracterizada por acessos especiais com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestres em nível.
- Arterial: caracterizada por interseções em nível, geralmente controladas por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias secundárias e locais, possibilitando o trânsito entre as regiões da cidade.
- Coletora: destinada a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade.
- Local: caracterizada por interseções em nível não semaforizadas, destinadas apenas ao acesso local ou a áreas restritas. Tão importante é a importância desses caminhos pavimentados para a sociedade, a fim de obter melhor acesso às áreas desejadas.

A cidade de Caratinga apresenta ruas antigas, algumas tão pequenas que dificulta o deslocamento dos veículos e de pessoas, caso este o da rua Francisco Ciríaco de Carvalho, localizada no bairro Santa Cruz. Trata-se de uma rua

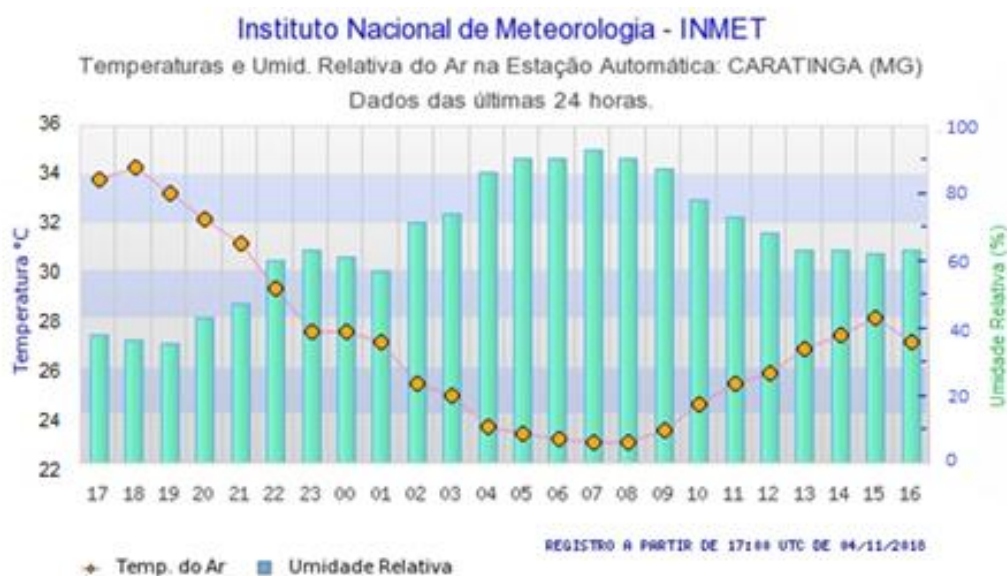
estreita e de difícil acesso devido a quantidade de veículos e pessoas que ali circulam e ao estado defeituoso das calçadas em que a rua se encontra.

Ao circular em Caratinga nota-se que diversas ruas estão com a capa asfáltica envelhecida e tem se tornado cada vez mais comum o método de revitalização das ruas chamado “tapa-buraco”. Os pavimentos da cidade são executados em Concreto Betuminoso Usinado A Quente (CBUQ), um dos tipos de revestimentos asfálticos mais utilizados nas vias urbanas e rodovias brasileiras, sendo um material de alta flexibilidade e excelente resistência aos esforços de flexão. No entanto, segundo Bernucci (2008), como toda mistura a quente, tanto o agregado quanto o ligante são aquecidos antes da mistura e são aplicados e compactados a quente. Essas misturas, devido à elevada quantidade de ligante asfáltico e presença de agregados de pequenas dimensões, requerem muito cuidado na execução. Um dos problemas mais frequentes dessas misturas é que comumente apresentam menos resistência às deformações permanentes, comparadas às outras misturas usinadas a quente.

Diversos são os materiais empregados na execução de um pavimento, entre o qual destaca-se o asfalto-borracha. O asfalto-borracha, ou asfalto-ecológico, é uma solução sustentável mais segura para as ruas e estradas brasileiras. O material, que é produzido com a adição de pó extraído dos pneus usados ao ligante asfáltico, possui inúmeras vantagens como aumentar a vida útil das estradas, ajudar a diminuir os níveis de ruídos causados pelos veículos e evitar as derrapagens na chuva. Segundo a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP), o uso do asfalto-borracha para as vias, ruas e estradas do país são adotadas devido a maior durabilidade, onde o pavimento de asfalto-borracha é cerca de 40% mais resistente do que o asfalto convencional. Enquanto o de borracha dura em média 14 anos, o comum dura apenas 10 anos. E maior aderência, onde ajuda a evitar derrapagens e reduz o spray causado pelos pneus em dias de chuvas.

Segue a seguir dados meteorológicos em relação à cidade de Caratinga referentes ao ano de 2018, sendo este ano escolhido por ser o ano atual do trabalho e por identificar as variações climáticas ocorridas:

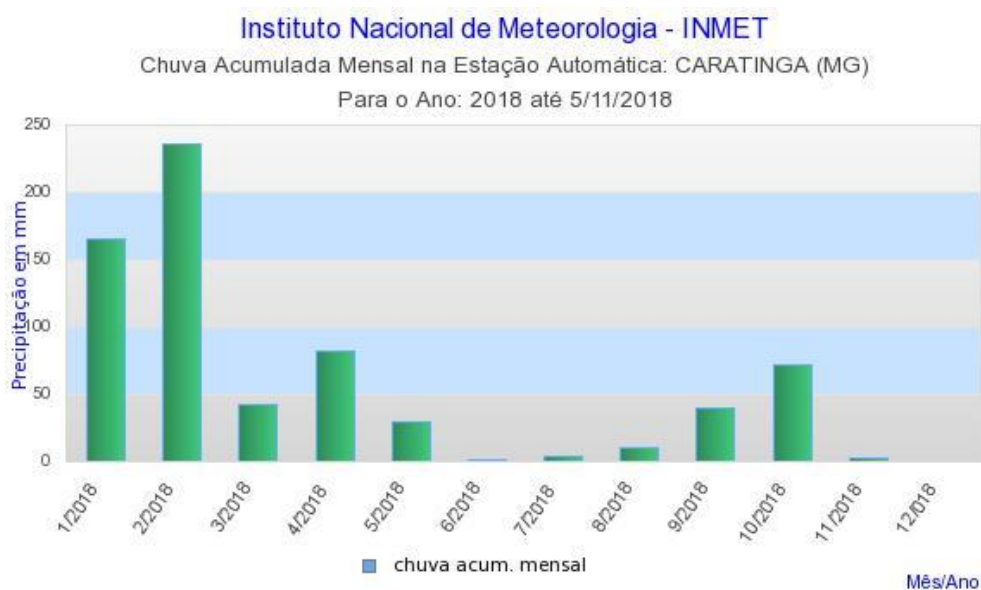
Figura 1. Temperaturas e umidade relativa do ar.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

Conforme a figura 1, foi fornecido dados relativos a temperatura e umidade relativa do ar, tendo em vista que quanto maior for a temperatura do ar, maior será a quantidade de água que a mesma poderá conter. Já a umidade é vapor d'água existente na atmosfera e que está em suspensão no ar.

Figura 2. Chuva acumulada.



Fonte: INMET

Já a figura 2 fornece dados relativos a chuva acumulada mensal. O uso mais frequente de precipitação reside no âmbito da meteorologia e diz respeito à água que cai à superfície terrestre da atmosfera. A chuva, o granizo e a neve, neste sentido, são tipos de precipitação. Nota-se uma precipitação bem maior em 2/2018 e 1/2018 em vista dos outros meses.

Conforme os dados fornecidos pelo INMET através das figuras 1 e 2, podemos analisar que Caratinga é uma cidade de condições climáticas (umidade, temperatura e chuvas) que variam o ano todo, deixando o pavimento asfáltico exposto às diversas intempéries, e a intensidade e ação do tráfego relacionados à análise prévia do local que não é realizada, à má execução das obras e falhas no quesito conservação e manutenção, propicia o aparecimento de patologias – "doenças" na construção civil – como fissuras, trincas, infiltrações, panelas e outros tipos de defeitos.

As trincas, juntamente de outros defeitos no pavimento asfáltico, podem se agravar de forma rápida e causar sérios problemas se não forem prontamente reparadas, segundo YOSHIZANE (2005), principalmente devido ao intemperismo ambiental pelo qual foi abordado no trabalho, ciclo de chuva e sol.

1.2 Justificativa

O presente trabalho aborda alguns aspectos técnicos que interferem na qualidade do pavimento asfáltico da rua Francisco Ciríaco de Carvalho, sendo esta escolhida como objeto de estudo devido a condição de grande degradação em que os buracos se encontram, juntamente do fluxo de pessoas e veículos que ali circulam e ao estado defeituoso das calçadas. Essa rua constantemente é recuperada por alguns métodos executivos, tal como o "tapa-buraco". Esses métodos tem como função aumentar o tempo de vida do asfalto, mas nem sempre é a melhor alternativa sendo que o problema pode persistir.

Na realidade em que este problema se manifesta, junto da frota de veículos que tem se tornado cada vez maior e descontrolada, e o grande fluxo de pessoas nas ruas, as chamadas "doenças" da construção civil prejudicam a segurança na trafegabilidade e o bem-estar social.

A ausência dos estudos prévios do local, conservação do pavimento ou manutenção pode trazer consequências irreparáveis, exigindo assim que o pavimento seja reconstruído em toda a sua estrutura. Infelizmente isso acontece muito, não havendo estudos prévios relativos ao tipo de pavimento a ser aplicado e nem em relação a topografia.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Analisar as patologias em pavimentação asfáltica da rua Francisco Ciríaco de Carvalho situada na cidade de Caratinga, MG e possíveis causas e os melhores métodos de intervenções do problema visando o conforto e segurança na trafegabilidade.

1.3.2 Objetivos específicos

São objetivos específicos do presente trabalho:

- Coletar dados no local em estudo através de fotografias;
- Identificar quais os métodos e técnicas para o reparo com maior resistência dos danos identificados;
- Verificar as possíveis causas;
- Apresentar propostas para melhoria do sistema, assim como as possibilidades de utilização de materiais mais eficientes para a operação “tapa-buraco”;
- Abordar a relevância do estudo prévio do local antes de se aplicar o pavimento;
- Estudar a importância da conservação e manutenção do pavimento.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Pavimento

O termo pavimento significa:

[...] uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinado tecnicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos, às condições do clima e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança [...] (BERNUCCI, 2008, p. 9).

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (2006, p. 95), “[...] pavimento é como uma superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assente sobre um semi-espaço considerado teoricamente infinito, a infra-estrutura ou terreno de fundação, a qual é designada de subleito [...]”.

Pode-se concluir que os esforços verticais transmitidos ao subleito devem ser compatíveis com sua capacidade de resistir-lhes. Essa assertiva é naturalmente válida para qualquer outra camada superior do pavimento. Para aliviar as pressões sobre as camadas de solo inferiores, surgem as camadas de base e sub-base, que também podem desempenhar papel importante na drenagem subsuperficial dos pavimentos (BALBO, 2007, p. 38).

O pavimento é uma estrutura construída após terraplenagem e destinada, econômica e simultaneamente, em seu conjunto (NBR-7207/82), a:

- Resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego;
- Melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança;
- Resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento.

As camadas típicas de um pavimento são identificadas como (SENÇO, 2007):

- I) Revestimento: É a camada, tanto quanto possível impermeável, que recebe diretamente a ação do tráfego e destinada a melhorar a superfície de rolamento quanto às condições de conforto e segurança, além de resistir ao desgaste, ou seja, aumentando a durabilidade da estrutura.
- II) Base: É a camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego e distribuí-los.
- III) Sub-base: É a camada complementar à base, quando, por circunstâncias técnicas e econômicas, não for aconselhável construir a base diretamente sobre a regularização ou reforço do subleito.
- IV) Reforço do subleito: É uma camada de espessura constante, construída, se necessário, acima da regularização, com características tecnológicas superiores às da regularização e inferiores às da camada imediatamente superior, ou seja, a sub-base.

Quanto à classificação os pavimentos podem ser classificados em flexíveis (asfálticos), rígidos (concreto-cimento) e semi-rígidos (base cimentada revestida por uma camada asfáltica).

2.1.1 Pavimentos Flexíveis

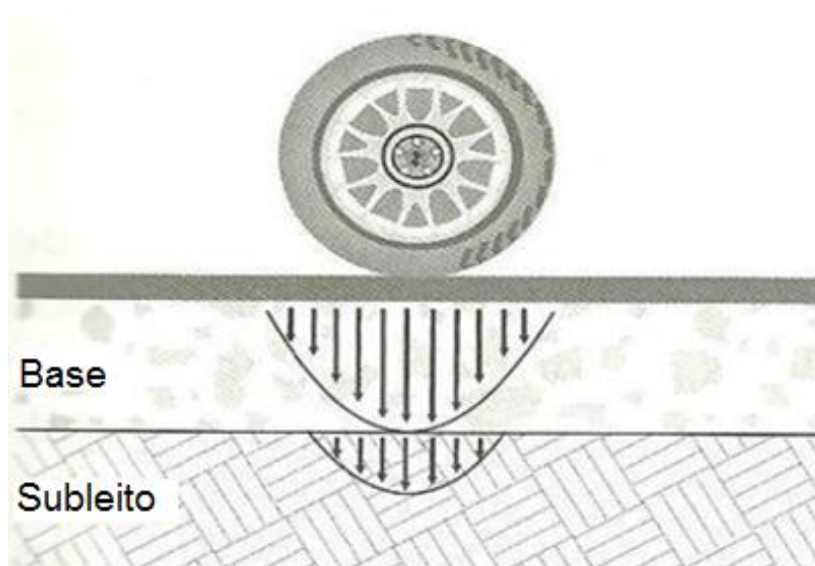
Pavimentos flexíveis, em geral associados aos asfálticos, são:

[...] compostos por camada superficial asfáltica (revestimento), apoiada sobre camadas de base, de sub-base e de reforço do subleito, constituída por materiais granulares, solos ou misturas de solos, sem adição de agentes cimentantes. Dependendo do volume de tráfego, da capacidade de suporte do subleito, da rigidez e espessura das camadas, e condições ambientais, uma ou mais camadas podem ser suprimidas. (BERNUCCI, 2008, p. 337-338).

Ainda segundo o autor, os revestimentos asfálticos podem ter duas maneiras para associar os agregados aos materiais asfálticos, por penetração ou por mistura. Por penetração refere-se aos executados através de uma ou mais aplicações de material asfáltico e de idêntico número de operações de espalhamento e compressão de camadas de agregados com granulometrias apropriadas. No revestimento por mistura, o agregado é pré-envolvido com o material asfáltico, antes da compressão. Quando o pré-envolvimento é feito na usina, denomina-se pré-misturado na pista (BERNUCCI, 2008).

De acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), os pavimentos flexíveis são aqueles compostos por uma camada superficial asfáltica – revestimento, apoiadas em camadas de base, sub-base e de reforço do subleito, constituídas por materiais granulares, solos ou misturas de solos, sem adição de agentes cimentantes, e que sob carregamento sofre deformação elástica em todas as camadas, ou seja, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes e com pressões concentradas (Figura 3).

Figura 3. Distribuição de cargas em pavimento flexível.



Fonte: Balbo (2007)

De acordo com Balbo (2007), 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 a dimensão da placa, proporcionando menores magnitudes de esforços verticais (pressões) sobre o subleito.

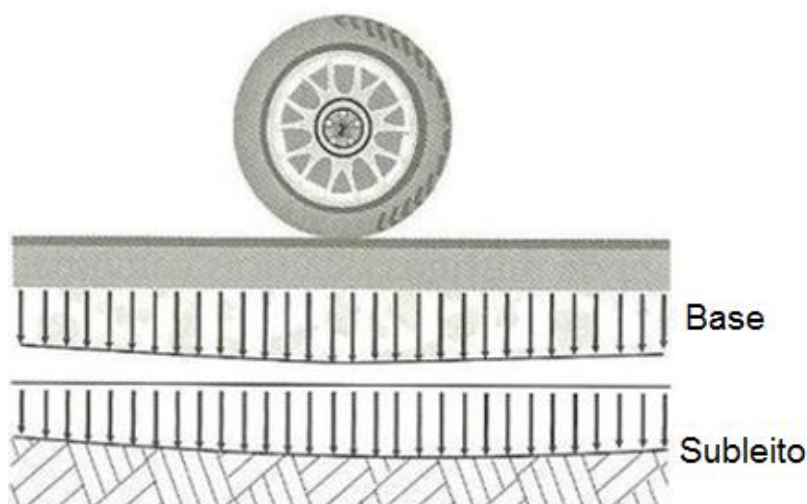
2.1.2 Pavimentos Rígidos

Segundo Bernucci, (2010), os pavimentos rígidos são aqueles em que o revestimento é constituído por placas de concreto de cimento Portland. Revestimento este que possui elevada rigidez em relação às camadas inferiores e espessura fixa em função da resistência à flexão das placas, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado.

Para Balbo (2009), essas placas de concreto de cimento Portland são assentadas sobre o solo de fundação ou uma sub-base, no qual desempenham as funções de revestimento e base, podendo ou não ser armadas com barras de aço.

As placas distribuem as tensões imposta pelo carregamento de forma aproximadamente uniforme, como mostra a Figura 4.

Figura 4. Distribuição de cargas em pavimento rígido.



Fonte: Balbo (2007)

Os principais materiais utilizados em pavimentos rígidos são o cimento Portland CP-I, CP-II, CP-III e CP-IV, agregados graúdos e miúdos, água, aditivos, materiais selantes de juntas, fibras de plástico ou de aço e barras de aço CA-50, CA-60 e CA-25 (DNIT, 2004).

Segundo Balbo (2009), o revestimento do pavimento rígido é feito com concreto, o qual pode ser elaborado por pré-moldagem ou produção in loco, e dos tipos de pavimentos rígidos existentes, o pavimento de concreto simples é o mais comum na pavimentação rodoviária.

2.1.3 Pavimentos Semi-Rígidos

É considerada uma situação intermediária entre os pavimentos rígidos e flexíveis. Um pavimento com revestimento asfáltico e base de solo-cimento, solo-cal, entre outras, que apresenta uma pequena melhoria a resistência à tração (FERRARA, 2006).

Segundo o Manual Pavimentos Flexíveis e Rígidos do Departamento de Estradas de Rodagem (DER)-Paraná (2008), pavimentos semi-rígidos caracterizam-se por uma base cimentada quimicamente. Compõem-se de: Revestimento, Base Cimentada, Sub-Base Granular, Reforço do Subleito e Subleito.

Assim como nos flexíveis, os pavimentos semi-rígidos também são revestidos de material asfálticos. O que diferencia um do outro é a presença de ligantes hidráulicos (cimento Portland ou cal hidratada) em sua base, com o intuito de se alcançar uma camada com rigidez suficiente para resistir às cargas de tráfego de projeto. A adição dos ligantes hidráulicos pode ser em diversos materiais, cada um com características próprias (DER-Paraná, 2008).

2.2 Revestimentos Asfálticos

O revestimento asfáltico, conforme Bernucci (2008), é definido como a camada superior destinada a resistir diretamente às ações do tráfego e transmitidas de forma atenuada às camadas inferiores, impermeabilizando o pavimento, além de melhorar as condições de rolamento (conforto e segurança).

Os revestimentos asfálticos são constituídos por associação de agregados e de materiais asfálticos, podendo ser de duas maneiras principais, por penetração ou por mistura (BERNUCCI, 2010):

- Por penetração: refere-se aos executados através de uma ou mais aplicações de material asfáltico e de idêntico número de operações de espalhamento e compressão de camadas de agregados com granulometrias apropriadas;
- Por mistura: o agregado é pré-envolvido com o material asfáltico, antes da compressão.

O material de revestimento (asfalto) pode ser fabricado em usina específica (misturas usinadas), fixa ou móvel, ou preparado na própria pista (para tratamentos superficiais). Além da forma de produção, os revestimentos também podem ser classificados quanto ao tipo de ligante utilizado: a quente com o uso de concreto asfáltico, o chamado CBUQ ou a frio com o uso de Emulsão Asfáltica de Petróleo (EAP).

Um dos tipos mais empregados no Brasil, conforme Bernucci (2008), é o Concreto Asfáltico (CA) também denominado como CBUQ. Trata-se do produto da mistura convenientemente proporcionada de agregados de vários tamanhos e cimento asfáltico, ambos aquecidos em temperaturas previamente escolhidas, em função da característica viscosidade-temperatura do ligante.

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

o concreto betuminoso – concreto asfáltico, quando o ligante é asfalto) – tem sido preferido para revestimento das auto-estradas e das vias expressas.

As misturas asfálticas a quente podem ser subdivididas pela graduação dos agregados e fíler. São destacados três tipos mais usuais nas misturas a quente (BERNUCCI, 2008):

- Graduação densa: curva granulométrica contínua e bem-graduada de forma a proporcionar um esqueleto mineral com poucos vazios visto que os agregados de dimensões menores preenchem os vazios dos maiores. Exemplo: CA;
- Graduação aberta: curva granulométrica uniforme com agregados quase exclusivamente de um mesmo tamanho, de forma a proporcionar um esqueleto mineral com muitos vazios interconectados, com insuficiência de material fino (menor que 0,075mm) para preencher os vazios entre as partículas maiores, com o objetivo de tornar a mistura com elevado volume de vazios com ar e, portanto, drenante, possibilitando a percolação de água no interior da mistura asfáltica. Exemplo: mistura asfáltica drenante, conhecida no Brasil por Camada Porosa de Atrito (CPA);
- Graduação descontínua: curva granulométrica com proporcionamento dos grãos de maiores dimensões em quantidade dominante em relação aos grãos de dimensões intermediárias, completados por certa quantidade de finos, de forma a ter uma curva descontínua em certas peneiras, com o objetivo de tornar o esqueleto mineral mais resistente à deformação permanente com o maior número de contatos entre os agregados graúdos. Exemplo: Matriz Pétreo Asfáltica (Stone Matrix Asphalt – SMA); mistura sem agregados de certa graduação (gap-graded).

Mais econômicas, conforme Bernucci (2008), as misturas asfálticas usinadas a frio são indicadas para revestimento de ruas e estradas de baixo volume de tráfego, ou ainda como camada intermediária (com concreto asfáltico superposto) e em operações de conservação e manutenção. Neste caso, as soluções podem ser pré-misturadas e devem receber tratamentos superficiais posteriores.

Segundo BERNUCCI (2008) os agregados normalmente utilizados nas misturas asfálticas são pedras britadas, escórias, pedregulhos, cascalhos, areias filler e material de enchimento. Estes materiais representam cerca de 90% a 95% do volume do revestimento, tendo como principais propriedades resistir aos esforços solicitantes, transmitir as cargas para as demais camadas do pavimento e resistir ao desgaste.

2.3 Defeitos de Pavimento

Os defeitos mais comuns em pistas pavimentadas (RIBEIRO, 2017) são:

- I) Fendilhamento da superfície: clivagem vertical, é causada por falhas da mistura betuminosa constituinte do revestimento, falta de suporte do subleito ou espessura insuficiente do pavimento. Se não for corrigido a tempo, pode propagar-se, e produzir a desagregação completa do pavimento. A correção do fendilhamento deve começar sempre pelo preenchimento das fendas com material betuminoso. Se a extensão do fendilhamento for grande, providenciar, após o preenchimento das fendas, recobrimento da superfície com capa de selante;
- II) Deformação transversal e recalques: afastamento das superfícies do pavimento de sua posição transversal original. Pode ser resultante de recalques de aterros recentemente construídos, do deslocamento ou consolidação de alguma das camadas do pavimento e também de uma drenagem inadequada. Os reparos devem ser feitos na medida em que se constata a estabilização ou não do fenômeno. No caso de recalque da base, o qual já se encontra estabilizado, executar o renivelamento da superfície de rolamento com mistura betuminosa. De qualquer forma, deve-se atentar sempre para o problema de drenagem, e refazê-la, se qualquer falha for constatada;
- III) Sulcamento, ondulação e corrugamento: movimento plástico do revestimento, caracterizado por ondulações ou corrugações (que

são enrugamentos) transversais na superfície do pavimento. Tem como principais causas falta de estabilidade da mistura asfáltica; excessiva umidade do solo subleito; contaminação da mistura asfáltica; falta de aeração das misturas líquidas de asfalto. O reparo dessas falhas deve ser feito por meio de uma prévia regularização, seguida de nova capa de rolamento;

- IV) Exsudação: resulta do excesso de asfalto, fazendo com que o material betuminoso se movimente verticalmente, formando placas de asfalto na superfície, o que, além do deprimente aspecto, implica em superfície escorregadia e altamente perigosa nos dias chuvosos. Quanto a correção, deve-se recomendar a remoção completa da capa de rolamento para construção de uma nova capa;
- V) Formação de painelas: cavidades de tamanhos variados no revestimento do pavimento. Pode ser resultantes de segregação de agregados, de falha de material aglutinante, de excesso de vazios ou de deficiências de drenagem. Quanto a correção, deve substituir a área afetada, que deve ser retirada, dando-se forma geométrica à área do reparo;
- VI) Abrasão, desagregação, esburacamento e oxidação: provocam desintegração excessiva da superfície e libertação das partículas de agregado, devido ao desgaste pela ação do tráfego, resultantes de mistura betuminosa com teor muito baixo de ligante. Os reparos necessários consistem em se providenciar o rejuvenescimento da capa de rolamento com uma capa selante ou com lama asfáltica. Em casos extremos, será necessário recorrer a um recapeamento;
- VII) Separação da camada de base: deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento com aparecimento de fendas em meia-lua. A causa desses defeitos é a má execução da imprimadura, ou por estar a base molhada por ocasião da pintura, ou por estar a superfície da base, nessa ocasião, com excesso de material solto. O reparo deve ser feito retirando-se o material comprometido e refazendo-se a

imprimadura, após uma limpeza conveniente da superfície da base.
Verificar nessa ocasião se é eficiente a drenagem superficial.

Neste sentido, afirma DNIT (2006) que:

Os defeitos podem ser associados em duas classes: estrutural e funcional. Um defeito de classe estrutural está associado à diminuição da capacidade do pavimento no suporte de cargas, em perder sua integridade estrutural. Os defeitos de classe funcional estão relacionados às condições de segurança e trafegabilidade do pavimento em termos de rolamento.

As principais patologias de pavimentos asfálticos são descritas como “doenças” na construção civil, cuja origem deve-se a má execução de projeto, problemas construtivos, falha na seleção de materiais, inadequações nas operações de conservação e manutenção, entre outros fatores. Esses defeitos provocam a deterioração do revestimento e das camadas subjacentes, prejudicando o rolamento, conforto e a segurança na via, trazendo também prejuízos aos usuários e aos veículos.

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do presente trabalho, foi utilizado o método de pesquisa e campo exploratório, tendo em vista as patologias identificadas no pavimento asfáltico da rua Francisco Ciríaco de Carvalho através de fotografias tiradas pela própria autora. Então foi realizada uma pesquisa abrangendo um vasto acervo de publicações sob forma de livros, artigos científicos, entre outras, as quais deram base para formação de ideias do tema abordado, como forma de reparar os danos identificados.

A pesquisa bibliográfica foi realizada utilizando-se livros, tanto no formato digital – disponibilizados pela internet – quanto no acervo das Faculdades Doctum de Caratinga, utilizando autores que dissertam sobre o tema de pavimentação asfáltica, técnicas de pavimentação e patologias em pavimentação asfáltica. As fontes utilizadas em sua totalidade são fontes secundárias.

Para a realização da coleta dos dados referente às variações climáticas em Caratinga/MG foi consultado o site do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia – para a análise da temperatura e umidade relativa do ar e chuva acumulada mensal no ano de 2018, mostrando desta forma a ocorrência da variação climática de forma a afetar o desempenho do pavimento asfáltico.

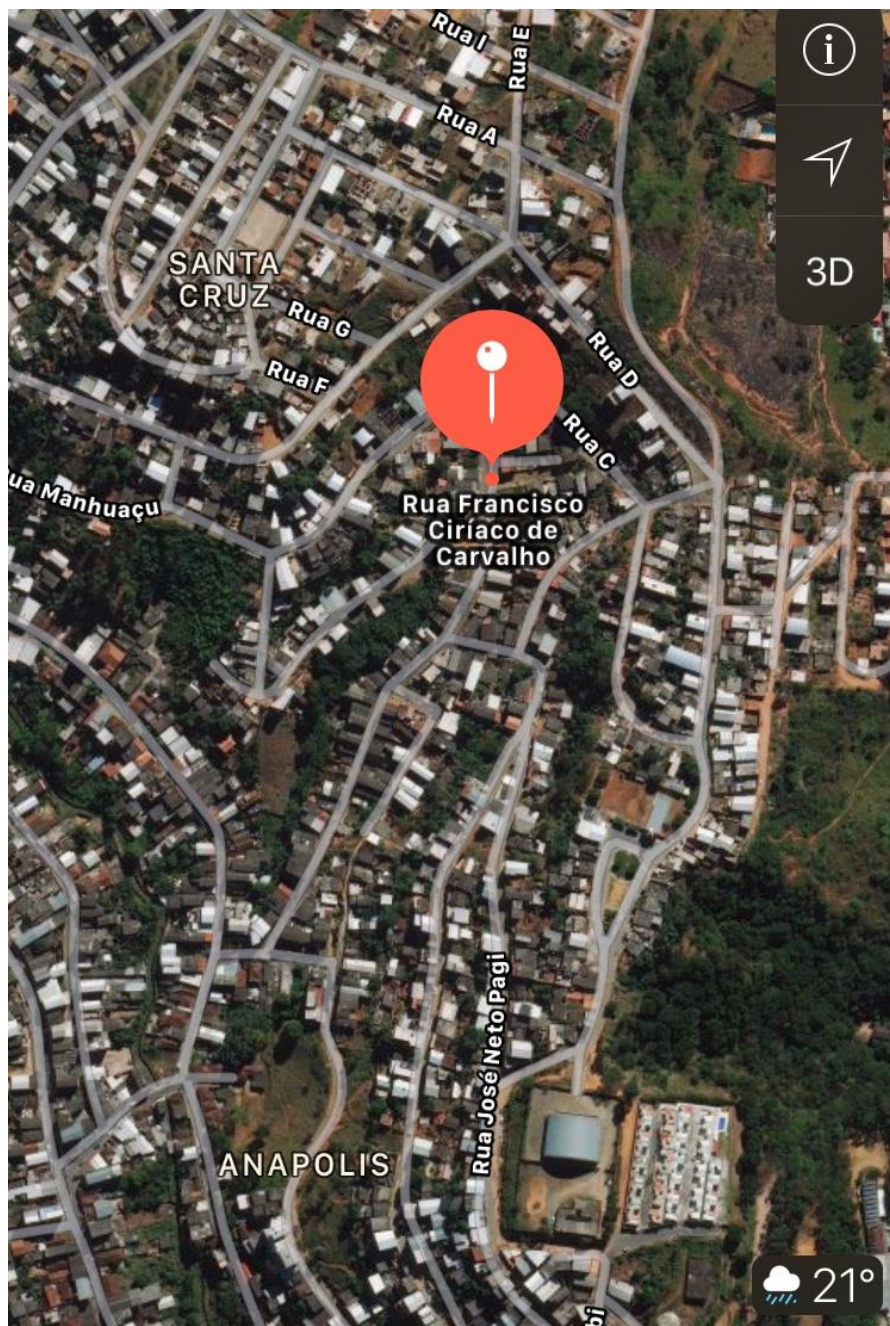
Para a verificação da capacidade de melhoria do sistema relacionado ao pavimento da rua Francisco Ciríaco de Carvalho, foi utilizado o método de pesquisa bibliográfica, de onde foram tirados análises que fundamentaram e apresentaram tal afirmativa.

Os resultados obtidos por este trabalho serão apresentados de forma qualitativa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Apresenta-se a seguir alguns tipos de patologias observadas no pavimento asfáltico empregado na rua Francisco Ciríaco de Carvalho, que foram catalogadas pela autora neste trabalho no período de abril a outubro de 2018.

Figura 5. Apresentação via satélite da R. Francisco Ciríaco de Carvalho.



Fonte: Google Maps.

- Trincas

Segundo DNIT (2003, p. 2), “fenda existente no revestimento, facilmente visível a vista desarmada, com abertura superior à da fissura (inferior a 1,50 m), podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada”.

As trincas observadas na rua possuem aberturas de vários tamanhos, apresentando-se sob a forma de trincas interligadas. Esse fendilhamento permite a infiltração de águas para as camadas inferiores do pavimento, reduzindo a capacidade resistente dessas camadas, provocando recalque ou deformação da superfície de rolamento. Foi registrada trinca do tipo bloco (Figura 6) e trinca do tipo couro de jacaré (Figura 7).

Figura 6. Trincas de bloco.



Fonte: Própria autora.

Segundo DNIT (2003, p. 2), trincas de bloco são “conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas”.

Principais causas: contração da capa asfáltica devido à alternância entre altas e baixas temperaturas; baixa resistência à tração da mistura asfáltica (Confederação Nacional do Transporte – CNT).

Figura 7. Trincas couro de jacaré.



Fonte: Própria autora.

Segundo DNIT (2003, p. 2), trincas de jacaré são “conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré. Essas trincas podem apresentar, ou não, erosão acentuada nas bordas”.

Principais causas: colapso do revestimento asfáltico devido à repetição das ações do tráfego; subdimensionamento ou má qualidade da estrutura ou de uma das camadas do pavimento; baixa capacidade de suporte do solo; envelhecimento do pavimento (fim da vida); asfalto duro ou quebradiço (CNT).

- Afundamentos

Deformação permanente (plástica) caracterizada por depressão da superfície do pavimento acompanhada de solevamento (compensação volumétrica lateral). Em alguns trechos da rua foram observados afundamentos decorrentes de deformações permanentes, podendo ter tido como causa a consolidação das camadas subjacentes (Figura 8).

Figura 8. Afundamentos por consolidação.



Fonte: Própria autora.

Segundo DNIT (2003, p. 2), afundamento significa “deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação”.

Principais causas: fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito; falha na dosagem de mistura asfáltica – excesso de ligante asfáltico; falha na seleção de tipo de revestimento asfáltico para a carga solicitante (CNT).

- Ondulações

Movimento plástico do revestimento, caracterizado por ondulações ou corrugações (que são enrugamentos) transversais na superfície do pavimento. Num trecho da rua foi observado uma ondulação com deformações transversais ao eixo da rua (Figura 9).

Figura 9. Ondulação transversal.



Fonte: Própria autora.

Segundo DNIT (2003, p. 3), ondulação ou corrugação significa “deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento”.

Principais causas: falta de estabilidade da mistura asfáltica; excessiva umidade do solo subleito; contaminação da mistura asfáltica; falta de aeração das misturas líquidas de asfalto (CNT).

- Remendos

Panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimentação. Apesar de ser uma atividade de conservação, é considerado um defeito por apontar um local de fragilidade e por impactar o conforto de rolamento. A deterioração de remendos é o conjunto de danos existentes em uma área de remendo. Foi observado vários remendos na rua, sendo um deles (Figura 10) tão grande que ocupa boa parte do trecho da rua. Estes remendos apresentaram deteriorações decorrentes dos procedimentos executivos utilizados neste pavimento.

Figura 10. Remendo.



Fonte: Própria autora.

Segundo DNIT (2003, p. 3), remendo significa “panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento na operação denominada de “tapa-buraco”.

Principais causas: carga de tráfego; emprego de material de má qualidade; ação do meio ambiente; má construção (CNT).

- **Panelas**

Cavidades de tamanhos variados no revestimento do pavimento. Esse defeito é atribuído geralmente à fragilidade estrutural do pavimento, o qual pode, numa desintegração progressiva da superfície e de base, resultar em bacias perigosas ao tráfego. Como podemos observar nas Figuras 11, 12, 13 e 14 foram encontrados diversos trechos da rua com panelas ou buracos, que obrigam aos motoristas desviarem, podendo causar acidentes no percurso.

Figura 11. Panela atingindo a base comprometida com barro devido à água da chuva.



Fonte: Própria autora.

Panela localizada no início da rua Francisco Ciríaco de Carvalho, dificultando locomoção entre os veículos e pessoas, podendo ocasionar em acidentes graves devido a intensidade do buraco e o barro acumulado deixando o pavimento escorregadio.

Figura 12. Panela atingindo a base com trincas de jacaré em volta.



Fonte: Própria autora.

Esta panela apresenta um defeito decorrente da técnica de remendo não executada de forma correta, gerando uma patologia ainda maior, sendo a base comprometida e trincas de jacaré em volta.

Figura 13. Panela com água.



Fonte: Própria autora.

Panela com acúmulo de água e lixo pode trazer perigo aos moradores, sendo alvo de mosquitos e também prejudicar moradores que circulam pela rua e são atingidos por essa água devido a velocidade dos veículos.

Figura 14. Panela com água.



Fonte: Própria autora.

Principais causas: 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; falha na imprimção (CNT).

Segundo a NBR-15115 (2004), ela estabelece critérios para a execução de camadas de reforço do subleito, sub-base e base de pavimentos, bem como camada de revestimento primário, com agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil, denominado “agregado reciclado”, em obras de pavimentação.

Boa alternativa como forma de conservação, de forma a antecipar a ocorrência de falhas e a fim de dar aos usuários condições de conforto e segurança de circulação, previstos em projeto.

São definições, conforme a NBR-15115 (2004):

- Resíduos sólidos da construção civil: resíduos provenientes de construções, reformas, reparos ou demolições de obras de construção civil.
- Agregado reciclado: material granular, obtido por britagem ou beneficiamento mecânico, de resíduos da construção civil.
- Reciclagem: processo de aproveitamento de resíduos, depois de terem sido submetidos a transformação.
- Reforço do subleito, sub-base e base de agregado reciclado para pavimento: camadas de agregado reciclado.

Apresenta-se a seguir alguns procedimentos de recuperação que são recomendadas para a rua Francisco Ciríaco de Carvalho, objeto deste estudo.

• Trincas

Nas recuperações de trincas podemos utilizar as técnicas de capa selante, tratamento superficial, lama asfáltica e microrrevestimento asfáltico.

[...] Capa selante é a atividade que consiste na aplicação apenas de ligante asfáltico ou de ligante com agregados, continuamente sobre a superfície do pavimento, com a finalidade de rejuvenescer o revestimento asfáltico, restabelecer o coeficiente de atrito pneu -pavimento, selar trincas com pequena abertura, impedir a entrada de água na estrutura do pavimento e retardar o desgaste causado por intemperismo [...] (YOSHIZANE, 2005, p. 8).

[...] O Tratamento Superficial consiste em aplicação de ligantes asfálticos e agregados sem mistura prévia, na pista, com posterior compactação que promove o recobrimento parcial e a adesão entre agregados e ligantes. O tratamento superficial pode ser: Simples, Duplo ou Triplo. O tratamento conforme a seguinte seqüência: ligante é colocado primeiro e o agregado depois (BERNUCCI, 2008, p. 191).

O tratamento superficial apresenta as seguintes funções (BERNUCCI, 2008):

- proporciona uma camada de rolamento de pequena espessura, porém, de alta resistência ao desgaste;
- impermeabiliza o pavimento e protege a infra-estrutura do pavimento;

- proporciona um revestimento antiderrapante;
- proporciona um revestimento de alta flexibilidade que possa acompanhar deformações relativamente grandes da infraestrutura.

[...] as lamas asfálticas consistem basicamente de uma associação, em consistência fluida, de agregados minerais, material de enchimento ou fíler, emulsão asfáltica e água, uniformemente misturadas e espalhadas no local da obra, à temperatura ambiente (BERNUCCI, 2008, p. 185).

A lama asfáltica tem sua aplicação principal em manutenção de pavimentos, especialmente nos revestimentos com desgaste superficial e pequeno grau de trincamento, sendo nesse caso um elemento de impermeabilização e rejuvenescimento da condição funcional do pavimento (BERNUCCI, 2008).

Este método de recuperação apresenta-se como uma das alternativas para selagem de trincas ou para rejuvenescimento do asfalto, melhorando o estado funcional do pavimento na rua Francisco Ciríaco de Carvalho.

“[...] Microrrevestimento asfáltico é uma técnica que pode ser considerada uma evolução das lamas asfálticas, pois usa o mesmo princípio e concepção, porém utiliza emulsões modificadas com polímero para aumentar a sua vida útil, uma mistura a frio processada em usina móvel especial, de agregados minerais, fíler, água e emulsão com polímero, e eventualmente adição de fibras (ABNT NBR 14948/2003)”, segundo BERNUCCI (2008, p. 186).

• Afundamentos

No tratamento dos afundamentos, sugere-se a utilização de duas técnicas, sendo elas recapeamento e fresagem.

[...] Recapeamento estrutural é a construção de uma ou mais camadas asfálticas sobre o pavimento existente, incluindo, geralmente, uma camada para corrigir o nivelamento do pavimento antigo, seguida de uma camada com espessura uniforme (YOSHIZANE, 2005, p. 9).

A remoção por fresagem é recomendada previamente à execução de camadas de recapeamento, quando há necessidade de redução da energia de

propagação de trincas existentes no revestimento antigo, retardando a sua reflexão nas novas camadas.

Segundo YOSHIZANE (2005, p. 9), “[...] fresagem é a principal forma de remoção do evestimento antigo, tanto para a reciclagem como para acerto da superfície a ser recapeada [...]”.

Uma das grandes vantagens técnicas em se utilizar a fresagem e a reciclagem nos processos de recuperação de pavimentos degradados, é a questão ecológica de preservação de recursos minerais escassos, pois é reaproveitado o material triturado ou cortado pelas fresadoras e recuperadas as características do ligante com a adição de agentes de reciclagem ou rejuvenescedores.

- Ondulações

Para as ondulações recomenda-se também a aplicação da técnica de fresagem e recapeamento, já descritas anteriormente.

- Remendos

Os remendos constituem:

“[...] o método de reparo mais utilizado na manutenção de rodovias e ruas, porque todos os pavimentos, uma hora ou outra, vão apresentar buracos, resultados do tráfego, de reparos das redes de água, gás, esgoto, telefone, energia elétrica, entre outros” (YOSHIZANE, 2005, p. 7).

Segundo GUERRA (2008), uma das técnicas utilizadas para recuperação das avenidas e das ruas de Caratinga, inclusive no estudo desta rua e que é empregada pelo órgão responsável pela manutenção, é a operação “tapa-buraco”, que busca o prolongamento da vida útil do pavimento.

Quando o remendo for profundo, é exigido que haja recuperações das camadas de sustentação do pavimento, sendo elas base, sub-base e subleito.

Ocorrência disto é a condição de grande degradação em que o buraco se encontra, de forma a atingir outras camadas.

- Painelas

Para a recuperação das painelas, normalmente é utilizada as mesmas técnicas de remendo, já descritas anteriormente.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresenta uma análise de patologias em pavimentação asfáltica, sendo objeto de estudo a rua Francisco Ciríaco de Carvalho – sendo esta de difícil acesso às áreas desejadas, dificultando locomoção entre veículos e pessoas – com ênfase nas possíveis causas do problema e os melhores métodos de intervenções.

Para isso, foi identificado métodos e técnicas para o reparo com maior resistência dos danos identificados, de forma a trazer benefícios finais satisfatórios a sociedade, sendo de tamanha importância a pavimentação asfáltica a fim de se obter melhor acesso às áreas desejadas com segurança e conforto.

Foram apresentadas propostas para a melhoria do sistema, assim como as possibilidades de utilização de materiais mais eficientes para a operação “tapa-buraco”, entre o qual destaca-se o asfalto-borracha. Conforme Macedo (2013), o asfalto-borracha contribui com um grande problema ambiental dando um fim aos pneus inservíveis que muitas vezes são descartados de forma incorreta no meio ambiente, além de ser bem mais vantajoso em relação ao asfalto convencional. A implantação desta tecnologia na cidade de Caratinga traria muitos benefícios, gerando um pavimento de ótima qualidade e retiraria pneus inservíveis do meio ambiente, onde doenças podem prejudicar a saúde da população.

Conclui-se, desta forma, resultados satisfatórios, levando-se em conta a importância desses caminhos pavimentados para a sociedade e a importância da conservação e manutenção do pavimento, de forma a melhorar a mobilidade urbana da área com redução de perigos prejudiciais ao bem estar social.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 720/1982: Termologia e classificação de pavimentação. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 15115/2004: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

BALBO, José Tadeu. Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração. 1ª Ed. – São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BALBO, José Tadeu. Pavimentos de Concreto. São Paulo, Oficina de Textos, 2009.

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

BERNUCCI, Liedi B.; MOTTA, Laura M. G.; CERATTI, Jorge A. P.; SOARES, Jorge B. Pavimentação Asfáltica – formação básica para engenheiros. 3ª Edição. Rio de Janeiro, Imprinta, 2010.

BONAFÉ, Gabriel. Asfalto-borracha garante vias mais seguras e duráveis. – Revista Digital.

BORGES, Alberto de Campos. Topografia: Aplicada à Engenharia Civil – 2. Ed. – São Paulo, Edgard Blucher, 1977.

BRASIL. *Confederação Nacional do Transporte*, Notícias de 8 de fevereiro de 2018. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br/imprensa/noticia/conheca-principais-defeitos-pavimento>>. Acesso em 10 de dezembro de 2018.

DEPUTADOS, CÂMERA DOS. Código de Trânsito Brasileiro – Biblioteca Digital. 5ª ed. Brasília, 2013.

DNIT, *Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos - Terminologia*, Rio de Janeiro – RJ, 2003.

DNIT, *Manual de Pavimentação*, IPR/DNIT/ABNT, Publicação 719, Rio de Janeiro, Brasil, 2006.

DNIT, *Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos*, IPR/DNIT/ABNT, Publicação 720, Rio de Janeiro, Brasil, 2006.

DNIT, *Pavimentos flexíveis – Concreto Asfáltico – Especificação de serviço*, Rio de Janeiro – RJ, 2006.

FERRARA, Renata D’Avello. *Estudo comparativo do custo x benefício entre o asfalto convencional e o asfalto modificado pela adição de borracha moída de pneu*. Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://engenharia.anhembi.br/tcc-06/civil-57.pdf>>. Acesso em 27/10/2018.

MACEDO, Luan Alves Correa de. *Estudo do Reaproveitamento da Borracha de Pneus Inservíveis em Pavimentos Asfálticos na cidade de Caratinga-MG*. 1ª Ed – Caratinga, Minas Gerais: FIC, 2013.

NOGUEIRA, Cyro Baptista. Pavimentação – Tomo I – Ensaio Fundamentais para a Pavimentação Dimensionamentos dos Pavimentos Flexíveis, 1980.

ODA, Sandra et al, Defeitos e Atividades de Manutenção e Reabilitação em Pavimentos Asfálticos, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Transportes, São Carlos, Brasil, 2003.

RIBEIRO, Thiago Pinheiro. Estudo Descritivo das Principais Patologias em Pavimento Flexível. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Edição 04. Ano 02, Vol. 01.

ROCHA, Robson Soares da. Patologias de Pavimentos Asfálticos e suas Recuperações – Estudo de Caso da Avenida Pinto de Aguiar. Artigo Técnico apresentada em 2009.

SENÇO, Wlastermiler de. Manual de Técnicas de Pavimentação: Vol. 2 – 1ª Ed – São Paulo: Pini, 2001.

SENÇO, Wlastermiler de. Manual de Técnicas de Pavimentação: Vol. 1 – 2ª Ed – São Paulo: Pini, 2007.

SILVA, Paulo Fernando A. Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos, 1ª ed. São Paulo – Ed. PINI, 2005.

YOSHIZANE, Prof. Hiroshi Paulo. Defeitos, Manutenção e Reabilitação de Pavimento Asfáltico. Universidade Estadual de Campinas, Centro Superior de Educação Tecnológica CESET, Limeira, 2005.