



**FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE**

**EDUARDA DE SOUSA NETO**

**DIAGNÓSTICO E PROCEDIMENTO DE RECUPERAÇÃO DA PATOLOGIA  
PANELAS APRESENTADAS NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA NA RUA  
TIRADENTES SETOR 09 NO MUNICÍPIO DE ARIQUEMES/RO**

**ARIQUEMES – RO  
2021**

**EDUARDA DE SOUSA NETO**

**DIAGNÓSTICO E PROCEDIMENTO DE RECUPERAÇÃO DA PATOLOGIA  
PANELAS APRESENTADAS NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA NA RUA  
TIRADENTES SETOR 09 NO MUNICÍPIO DE ARIQUEMES/RO**

Trabalho de Conclusão de  
Curso para a obtenção de nota parcial  
para obtenção do grau em Engenharia  
Civil da Faculdade de Educação e Meio  
Ambiente – FAEMA.

Professor Orientador: Esp. Bruno Dias  
De Oliveira

**Ariquemes - RO  
2021**

**FICHA CATALOGRÁFICA**  
**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

S725d Sousa Neto, Eduarda de

Diagnóstico e procedimento de recuperação da patologia  
panelas apresentadas na pavimentação asfáltica na Rua  
Tiradentes, Setor 9, no município de Ariquemes/RO. / Eduarda de  
Sousa Neto. Ariquemes, RO: Faculdade de Educação e Meio  
Ambiente, 2021.

74 f. ; il.

Orientador: Prof. Esp. Bruno Dias de Oliveira.

Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia  
Civil – Faculdade de Educação e Meio Ambiente, Ariquemes RO,  
2021.

1. Análise de patologia. 2. Pavimento Asfáltico. 3. Recuperação de  
rodovias. 4. Procedimento de recuperação. 5. Rondônia. I. Título.  
II. Oliveira, Bruno Dias de.

CDD 624

**Bibliotecária Responsável**  
Herta Maria de Açucena do N. Soeiro  
CRB 1114/11

**EDUARDA DE SOUSA NETO**

**DIAGNÓSTICO E PROCEDIMENTO DE RECUPERAÇÃO DA  
PATOLOGIA PANELAS APRESENTADAS NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA NA  
RUA TIRADENTES SETOR 09 NO MUNICÍPIO DE ARIQUEMES/RO**

Trabalho de Conclusão de Curso para a  
obtenção do grau em Engenharia Civil  
da Faculdade de Educação e Meio  
Ambiente – FAEMA.

**Banca examinadora**

---

Prof.º Esp. Bruno Dias De Oliveira  
Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA

---

Prof.ª Ms. Silênia Priscila Lemes  
Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA

---

Prof.º Esp. Ruan Iuri de Oliveira Guedes  
Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA

**Ariquemes – RO  
2021**

Pelo carinho, afeto, dedicação e cuidado que meus pais me deram durante toda a minha existência, dedico esta monografia a eles. Com muita gratidão.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus, que em sua infinita sabedoria me concedeu força e saúde para vencer essa etapa em minha vida.

Sou grata aos meus pais Vânia e Antônio Julio por todo o esforço investido na minha educação, pelo apoio e incentivo que serviram de alicerce para as minhas realizações.

As minhas irmãs Emely e Julia pela amizade e atenção dedicadas quando sempre precisei.

Aos demais familiares que de alguma forma contribuíram para que esse sonho se tornasse realidade, em especial aos meus avôs, Martinha e Antônio Paulo por terem me acolhido desde sempre com muito amor, carinho e incentivo.

Ao meu namorado Gustavo que acima de tudo é um grande amigo, sempre presente nos momentos difíceis com uma palavra de incentivo, depositando confiança no meu progresso.

Ao meu orientador Professor Bruno Dias Oliveira pelas valiosas contribuições dadas durante todo o processo. Seus conhecimentos fizeram toda diferença no resultado final deste trabalho.

Sou grata a todos os professores que contribuíram com a minha trajetória acadêmica, especialmente a Ms. Silênia Priscila da Silva Lemes, responsável pela coordenação do curso de Engenharia Civil. Obrigada pela grande atenção dispensada que se tornou essencial para que essa etapa acadêmica fosse concluída.

A todos os colegas de classe, especialmente meus amigos Ana Paula, Bruno, Frankciel, Luana, Nathalia e Rafael que durante o curso de graduação compartilharam dos inúmeros desafios que enfrentamos, juntos conseguimos avançar e ultrapassar todos os obstáculos. Gratidão pelos conhecimentos compartilhados, experiências vividas e principalmente pela agradável companhia e incentivo.

*“Que os nossos esforços desafiem as  
impossibilidades. Lembrai-vos de que as  
grandes proezas da história foram  
conquistas daquilo que parecia  
impossível.”*

**Charles Chaplin**

## RESUMO

As rodovias são de essencial importância, visto que é o principal modal de transporte do país, dispondo de uma vasta extensão territorial de estrada. Contudo, muitas dessas rodovias apresentam algum tipo de alteração de sua forma inicial. O presente trabalho objetivou apresentar dados e informações referentes a patologia panela em pavimento asfáltico. Assim constituir-se-á o conceito de pavimentação, causas e recuperação da patologia panelas, sendo uma das patologias mais comuns na região. O estudo foi realizado na rua Tiradentes, setor 09 no município de Ariquemes/RO, esta que possui aproximadamente 46 metros e que recebeu a recuperação na malha asfáltica. Tendo-se como referência as normas técnicas regulamentadoras do DNIT, a avaliação foi executada para propiciar o conforto, segurança ao usuário e o aumento do tempo de vida deste revestimento asfáltico. Através de levantamento e análise visual da patologia estudada, foi determinado suas possíveis causas. Assim, realizando também análise da recuperação do pavimento executada pelo governo municipal. Ao final, pode-se concluir que as ações tomadas para a recuperação das vias podem não ser efetivas para a resolução dos problemas, proporcionando apenas o adiamento dos mesmos.

**Palavras-chave:** Patologia. Pavimento asfáltico. Recuperação. Rodovias. Análise.



## ABSTRACT

Highways are of essential importance, as they are the main mode of transport in the country, with a vast territorial extension of road. However, many of these highways present some kind of alteration from their initial form. The present work aimed to present data and information regarding pan pathology in asphalt pavement. Thus, the concept of paving, causes and recovery of the pan pathology will be constituted, being one of the most common pathologies in the region. The study was carried out on Tiradentes Street, sector 09 in the city of Ariquemes / RO, which is approximately 46 meters long and contains the recovery of the asphalt network. Using the DNIT regulatory technical standards as a reference, the assessment was carried out to provide comfort, safety to the user and increase the lifetime of this asphalt coating. Through a survey and visual analysis of the studied pathology, its possible causes were determined. Thus, also performing an analysis of the pavement recovery carried out by the city government. In the end, it can be seen that the actions obtained for the recovery of the roads may not be effective in solving the problems, providing only their postponement.

**Keywords:** Pathology. Asphalt pavement. Recovery. Highways. Analysis.

## LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 - Camadas estruturais dos pavimentos .....	17
Figura 2 - Exemplo de extração de corpos-de-prova em pavimentos em uso .....	19
Figura 3 - Exemplo de poços de sondagem em pavimentos em uso .....	19
Figura 4 - Exemplo de equipamentos DCP de avaliação estrutural expedita de subleitos e camadas de solo .....	20
Figura 5 - Exemplo de equipamentos DCP de avaliação estrutural expedita de subleitos e camadas de solo .....	20
Figura 6 - Evolução da rede rodoviária federal e estadual (km) .....	22
Figura 7 - Classificação dos revestimentos .....	24
Figura 8 - Rua Acácia, St. 01: patologia do tipo afundamento .....	28
Figura 9 - Tv. Rio São João, St. Institucional: patologia do tipo afundamento .....	28
Figura 10 - Rua Curitiba, St. 03: patologia do tipo corrugação .....	29
Figura 11 - Avenida Canaã: patologia do tipo desgaste .....	30
Figura 12 - Rua Mato Grosso, St. 05: patologia do tipo desgaste .....	30
Figura 13 - Exsudação de asfalto .....	31
Figura 14 - Avenida Canaã: patologia do tipo escorregamento .....	32
Figura 15 - Avenida Tancredo Neves: patologia do tipo escorregamento .....	32
Figura 16 - Tipos de defeitos e suas relações .....	34
Figura 17 - Avenida Candeias: patologia do tipo panela .....	34
Figura 18 - Avenida Candeias: patologia do tipo panela .....	35
Figura 19 - Rua Tiradentes, St. 09: patologia do tipo panela .....	35
Figura 20 - Remendo .....	36
Figura 21 - Trinca isolada – transversal .....	37
Figura 22 - Trinca isolada – longitudinal .....	37
Figura 23 - Avenida Tancredo Neves: patologia do tipo couro de jacaré .....	38
Figura 24 - Rua Castro Alves, St. 06: patologia do tipo couro de jacaré .....	38
Figura 25 - Trinca interligada – tipo “bloco” .....	39
Figura 26 - Localização do estudo .....	46
Figura 27 - Delimitação da área de estudo .....	48
Figura 28 - Rua Tiradentes, St. 09, Ariquemes/RO .....	49
Figura 29 - Rua Tiradentes, St. 09, Ariquemes/RO .....	49
Figura 30 - Rua Tiradentes, St. 09: patologia do tipo panela .....	52

Figura 31 - Aplicação de emulsão asfáltica no processo de recuperação da patologia panela .....	53
Figura 32 - Painel de controle .....	54
Figura 33 - Indicador transmissor de pesagem .....	55
Figura 34 - Silo de agregados .....	55
Figura 35 - Correia de transporte .....	56
Figura 36 - Misturador .....	56
Figura 37 - Tanques para armazenamento de emulsão asfáltica.....	57
Figura 38 - Área de descarga do caminhão .....	57
Figura 39 - Aplicação da massa asfáltica no serviço tapa buraco.....	58
Figura 40 - Aplicação da massa asfáltica para tapa buraco.....	59
Figura 41 - Rolo compactador chapa lisa .....	59
Figura 42 - Recuperação da patologia panela finalizada .....	60
Figura 43 - Local onde foi realizado o estudo de recuperação da patologia panela..	61
Figura 44 - Formação de painéis em pavimentos asfálticos .....	65

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características do trecho estudado.....	47
Tabela 2 - Identificação do nível de severidade da patologia no trecho.....	52

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CBUQ - Cimento Asfáltico Usinado a Quente

DER - Departamento Estadual de Estradas de Rodagem

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte

EAP - Emulsões Asfálticas de Petróleo

EUA - Estados Unidos da América

FAEMA - Faculdade de Educação e Meio Ambiente

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGG - Índice de Gravidade Global

IPR - Instituto de Pesquisa Rodoviárias

IRI - Índice de Irregularidade Internacional

NBR - Norma Brasileira

PMRR - Plano Municipal de Redução de Riscos

RL-1C - Emulsão asfáltica de petróleo catiônica de ruptura lenta, faixa de viscosidade 1

RM-1C - Emulsão asfáltica de petróleo catiônica de ruptura média, faixa de viscosidade 1

RM-2C - Emulsão asfáltica de petróleo catiônica de ruptura média, faixa de viscosidade 2

RO – Rondônia

RPBC - Refinaria Presidente Bernardes em Cubatão

RR-1C - Emulsão asfáltica de petróleo catiônica de ruptura rápida, faixa de viscosidade 1

RR-2C - Emulsão asfáltica de petróleo catiônica de ruptura rápida, faixa de viscosidade 2

SHRP - Programa estratégico de pesquisas rodoviárias

SP – São Paulo

TER - Terminologia

VSA - Valor da Serventia Atual

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	14
2 OBJETIVOS .....	15
2.1 OBJETIVO PRIMÁRIO .....	15
2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS .....	15
3 REVISÃO DE LITERATURA .....	16
3.1 – PAVIMENTO .....	16
3.1.1 – Estrutura do pavimento .....	17
3.1.2 – Métodos para avaliação estrutural do pavimento .....	18
3.1.3 – Avaliações da condição do pavimento .....	21
3.2 PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA .....	21
3.2.1 Contexto histórico.....	21
3.2.2 Pavimentação no Brasil.....	22
3.2.3 Revestimento em pavimentos asfálticos .....	23
3.3 PATOLOGIAS .....	27
3.3.1 - Deformações de superfície .....	27
3.3.2 - Defeitos da superfície.....	29
3.3.3 – Escorregamento do Revestimento Betuminoso .....	31
3.3.4 – Panela e Remendo.....	32
3.3.5 – Fissura e Trinca.....	36
3.4 DEFINIÇÕES DE INTERVENÇÕES NOS PAVIMENTOS .....	39
3.4.1 Manutenção.....	39
3.4.2 Reabilitação.....	40
3.5 CLASSIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO ..	40
3.5.1 Atividades de manutenção .....	40
3.5.2 Atividades de reabilitação.....	42
3.6 DETERMINAÇÃO DO PAVIMENTO ASFÁLTICO NO PLANO DIRETOR DE ARIQUEMES.....	42
4 METODOLOGIA.....	45
5 RESULTADOS .....	48
5.1 – LEVANTAMENTO DO LOCAL DE ESTUDO .....	48
5.2 – IDENTIFICAÇÃO DA PATOLOGIA .....	50

5.3 – PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DA PATOLOGIA PANELA NA CIDADE DE ARIQUEMES/RO .....	51
5.4 – PROVÁVEIS CAUSAS DA PATOLOGIA PANELA ESTUDADA.....	63
5.5 – ALTERNATIVA DE MELHORA NO PROCEDIMENTO DE RECUPERAÇÃO DA PATOLOGIA ESTUDADA .....	66
CONCLUSÃO.....	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	68
ANEXOS .....	70
ANEXO 1 – OFÍCIO PARA SOLICITAR A AUTORIZAÇÃO DE VISITA E ACOMPANHAMENTO DE SERVIÇOS DE TAPA BURACO EM ARIQUEMES/RO .	70
ANEXO 2 – ESCOAMENTO DE ÁGUA SERVIDA NA RUA TIRADENTES ONDE FOI REALIZADO O ESTUDO .....	71

## 1 INTRODUÇÃO

A história e desenvolvimento da pavimentação está presente desde a antiguidade, visto que, o ser humano percebeu a necessidade da construção de vias de transporte que proporcionassem melhores locomoções entre lugares. A invenção da roda, que ocorreu na Mesopotâmia há mais de 5000 anos, gerou uma necessidade de construção de vias mais resistentes (VEGGI; MAGALHÃES, 2014). A necessidade surgiu tanto por motivos sociais, quanto econômicos e militares, e, ao longo dos séculos, as vias pavimentadas foram evoluindo com relação a técnicas e materiais empregados na sua construção, tendo sua evolução mais significativa nos últimos 150 anos (BALBO, 2007).

O modal rodoviário tomou predomínio no território brasileiro, tornando-se o mais usual para deslocamento de pessoas e mercadorias, porém, apesar de sua predominância, este setor apresenta carências históricas no que se diz respeito à sua infraestrutura (MATTOS, 2014).

Conforme o levantamento de 2015 do DNIT, apenas 221.820 quilômetros das estradas brasileiras são pavimentados, resultando em meramente 13% das estradas e afirmando que o país detém 1,7 milhão de quilômetros de estradas, sendo que uma porcentagem considerável não possui qualquer tipo de pavimentação.

O CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente) é o principal tipo de revestimento utilizado na sua pavimentação em todo o país (SAMPAIO, 2017). Comum nas rodovias e também nas áreas urbanas é encontrar pavimentos com qualidade abaixo do recomendável, o que prejudica a sociedade em vários aspectos, não somente econômicos. Vale ressaltar, que o Brasil está no quarto lugar no ranking de países com maior número de rodovias.

Nesse contexto, pode-se afirmar que em grande parte das rodovias ocorre a degradação do pavimento, afetando de forma direta os usuários, sendo impasses gerados devido à falta de manutenção frequente nas vias, assim gerando consequentemente aumento significativo no número de acidentes, desconforto na via e uma redução da vida útil, pois maior parte das vezes as vias não passam pela recuperação preliminar, detendo sua integral degradação.

A insuficiência de manutenção das vias promovem condições ruins de trafegabilidade, deficiência de segurança e incômodo para os usuários que nelas



trafegam, carecendo assim de intervenções para que não gere transtornos na função estrutural e funcional destes pavimentos.

Nesse estudo busca-se direcionar os critérios realizados na recuperação da patologia panela, sendo uma das patologias mais comuns. Além disso, a pesquisa visa contribuir com meio acadêmico norteando futuros trabalhos e apresentando novos resultados sobre a temática.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO PRIMÁRIO**

Realizar um estudo sobre os processos de recuperação aplicados na pavimentação asfáltica para a resolução da patologia painelas em um trecho no setor 09 na cidade de Ariquemes/RO.

### **2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS**

- Apresentar estrutura do pavimento por meio da literatura;
- Realizar um estudo de caso acompanhando o processo de recuperação;
- Descrever quais são os possíveis problemas e causas da patologia estudada;
- Apresentar alternativas de melhora no serviço de tapa buraco empregue no pavimento asfáltico.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 – PAVIMENTO

O pavimento tem como característica a presença de inúmeras camadas que variam em espessura, localizadas a partir da camada final de terraplanagem. Essa estrutura possui o intuito de resistir aos esforços provenientes do clima e tráfego, proporcionando aos veículos que ali transitam melhoria na qualidade de rolamento, gerando economia, conforto e segurança aos indivíduos (BERNUCCI et al. 2006). Tendo em consideração para Balbo (2007) o pavimento conta com uma superfície regular e menos barulhenta, tendo como atribuição apresentar conforto na passagem do veículo.

Segundo DNIT, Manual de Pavimentação (2006), pavimento refere-se a superestrutura composta por um sistema de camadas de espessuras determinadas, firmado sobre a infra-estrutura ou terreno de fundação, a qual é identificada como subleito. O pavimento, por determinações técnico-econômicas é uma estrutura de camadas em que se torna essencial o cálculo de tensões e deformações atuantes nas mesmas resultantes das cargas impostas pelo tráfego, visto que, o pavimento possui contato com materiais de resistências distintas. Assim, propiciando com que o pavimento passe a suportar e distribuir ao subleito os esforços verticais provenientes do tráfego, melhorar as condições de rolamento, em relação a comodidade e segurança, e sustentar os esforços horizontais que nela atuam.

Em relação a isso, Zagonel (2013) retrata que o pavimento é formado por várias camadas de espessuras constantes de forma transversal ao eixo da via. Assim, as condições ambientais e do tráfego provém tensões e deformações na estrutura do pavimento. Quanto ao dimensionamento da estrutura do pavimento, é de suma importância ser acordado conforme a resistência de cada material empregue nas camadas e no terreno de fundação.

A classificação dos pavimentos se dá em três principais categorias, de acordo com DNIT – IPR 719 (2006):

- Flexível: a qual se caracteriza devido as deformações elásticas consideráveis em todas as camadas sob o carregamento aplicado e logo as cargas se distribuem em partes semelhantes entre as camadas.

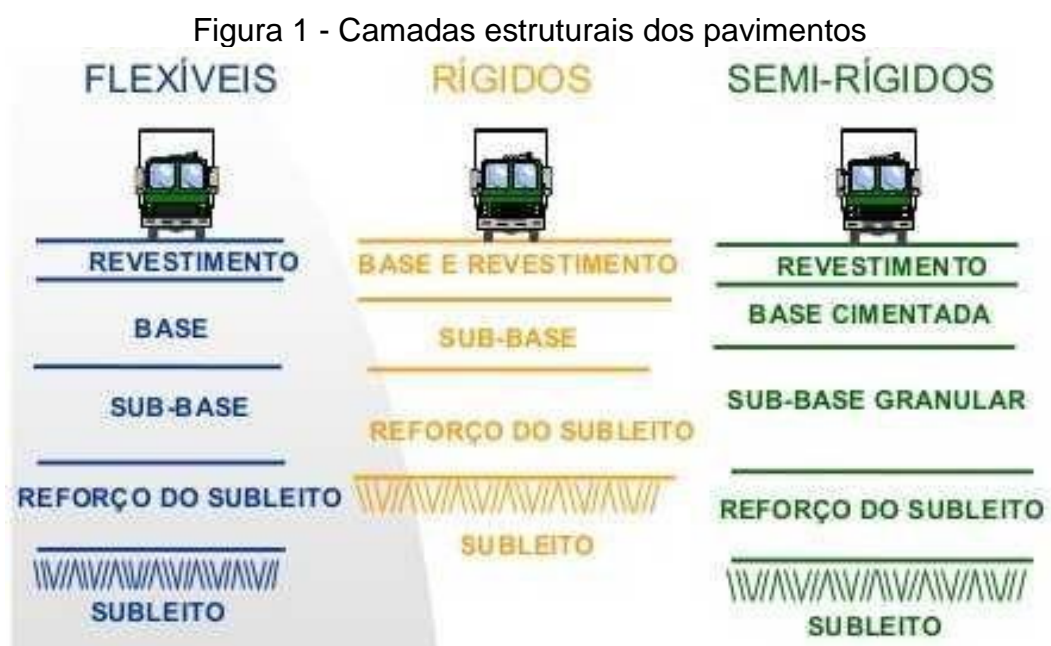
- Rígido: essa categoria é designada por possuir uma rigidez superior em relação às camadas inferiores, sendo capaz de absorver quase que todas as tensões oriundas do carregamento realizado.
- Semi-Rígido: constitui-se por meio de uma base cimentada por determinado aglutinante com particularidades cimentícias, e sendo revestida por uma camada asfáltica.

### 3.1.1 – Estrutura do pavimento

O pavimento contém a camada de revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e subleito, sendo que a fundação pertence a estrutura do subleito (ZAGONEL, 2013).

De acordo com Bernucci *et al.* (2006) em conformidade da situação, o pavimento dispõe da possibilidade de não haver camada de sub-base ou de reforço, no entanto a presença de revestimento e de subleito é imprescindível para que a estrutura seja designada como um pavimento. Contudo, Bernucci *et al.* (2006) disserta que o subleito não faz parte das camadas estruturais do pavimento, sendo considerado apenas como um extrato natural que receberá a estrutura asfáltica.

A Figura 1 resume a composição das camadas estruturais relacionadas aos pavimentos flexíveis, semirrígidos e rígidos:



Fonte: Adada (2008).

Nesta perspectiva, DNIT – IPR 719 (2006) descreve as camadas do pavimento:

- Revestimento: é a camada que hospeda a ação dos veículos, ela tem a finalidade de trazer segurança e conforto, e também resistir aos esforços. Trata-se de uma camada que necessita ser impermeável e deve tornar a superfície do rolamento mais durável.
- Base: essa camada tem como função suportar e distribuir os esforços provenientes do tráfego de veículos. É na base que o revestimento é aplicado.
- Sub-Base: é uma camada complementar a base, por não ser recomendável a base vir logo após a regularização. Essa camada é empregada como reparação do subleito.
- Reforço de Subleito: compreendida como o terreno de fundação em que o pavimento será apoiado. Trata-se de uma camada de espessura contínua, localizada acima da camada regularizada e possui materiais com propriedades geológicas inferiores à sua camada superior.

### **3.1.2 – Métodos para avaliação estrutural do pavimento**

Conforme, Bernucci *et al.* (2006) a avaliação estrutural de um pavimento pode ser realizada por meio dos métodos: destrutivo, semidestruutivo ou não-destrutivo. Um método destrutivo caracteriza-se por ter a possibilidade de avaliar a circunstância atual da estrutura de cada camada que compõe o pavimento mediante abertura de trincheiras ou poços de sondagem, possibilitando o recolhimento de amostras de cada material até o subleito e a realização de ensaios laboratoriais, conforme a figura 2 e 3 abaixo.

Figura 2 - Exemplo de extração de corpos-de-prova em pavimentos em uso



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

Figura 3 - Exemplo de poços de sondagem em pavimentos em uso



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

Um método semidestrutivo é aquele que possibilita a avaliação da capacidade de carga de um pavimento, por meio de aberturas menores de janelas no pavimento que facilitem a utilização de um instrumento portátil de pequenas dimensões (TRICHÊS; CARDOSO, 2001; TRICHÊS *et al.*, 2004), assim como exemplo a figura 4 e 5 abaixo.

Figura 4 - Exemplo de equipamentos DCP de avaliação estrutural expedita de subleitos e camadas de solo



Fonte: Adaptado de Bernucci *et al.* (2006).

Figura 5 - Exemplo de equipamentos DCP de avaliação estrutural expedita de subleitos e camadas de solo



Fonte: Adaptado de Bernucci *et al.* (2006).

A avaliação não-destrutiva consiste na conferência de defeitos da superfície e na realização de provas de carga, na qual são medidos os parâmetros de resposta da estrutura ao tráfego (GONÇALVES, 1999).

### **3.1.3 – Avaliações da condição do pavimento**

A avaliação de pavimento é uma etapa de extrema importância, pois trata-se do momento inicial para as prováveis decisões dentro do sistema de gerência de pavimentos. As atividades determinam as condições funcionais e estruturais dos pavimentos, formantes de uma malha viária (DNIT, 2010).

A determinação da avaliação funcional de um pavimento se faz por meio da análise do estado em que a superfície se encontra e de que maneira esse estado interfere na comodidade ao rolamento. Transcorre dois princípios da avaliação em maior constância: índice de irregularidade internacional (IRI), parâmetro determinado por meio de medições de irregularidade longitudinal e o valor da serventia atual (VSA), sendo uma medida fundamentada em notas dadas por técnicos avaliadores (DNIT, 2010).

A degradação de um pavimento retrata um nível de desgaste, assim procedendo do processo de deterioração. A avaliação possui dependência de análise em diversos parâmetros de condição, como: as imperfeições de superfície, falhas permanentes, irregularidade longitudinal, deflexão, aptidão estrutural do pavimento, solicitação do tráfego e aderência entre os pneus e o pavimento, assim através desses parâmetros possibilitando a realização da avaliação (DNIT, 2010).

Avaliação estrutural de um pavimento é composta pela determinação das capacidades de cargas, causando defeitos provenientes de repetições das cargas que são associadas às deformações elásticas recuperáveis e plásticas permanente. As deformações elásticas causa a fadiga do revestimento, por meio do surgimento das trincas ao longo de serviço do pavimento. As deformações plásticas são responsáveis pelos defeitos do tipo afundamento localizado e nas trilhas de roda (DNIT, 2010).

## **3.2 PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA**

### **3.2.1 Contexto histórico**

No decorrer de muitos anos, o homem, com intuito de melhorar o ingresso das fontes de madeira, as áreas cultivadas, rochas e minerais, tal como a expansão de fronteiras, deu-se origem as estradas. Após muitos anos, os romanos incluíram

drenagens e pavimentos, assim aprimorando as estradas para prolongar a duração e resistência (MOURA FILHO, 2013).

Portanto, Bernucci *et al* (2006) após estudos sobre a história da pavimentação, apontam que a mesma se relaciona a história da humanidade, decorrendo tanto conquistas territoriais, os povoamentos dos continentes, o intercâmbio comercial, religioso e cultural quanto a urbanização e o desenvolvimento.

### 3.2.2 Pavimentação no Brasil

No Brasil a partir dos anos 50 a construção de estradas teve início de modo legítimo com uso de material betuminoso, e com isso em 1953 ocorreu a fundação da Refinaria Presidente Bernardes em Cubatão/SP (RPBC), sendo a primeira refinaria de petróleo pela lei aprovada. A data de inauguração da (RPBC) ficou como o marco inicial da pavimentação asfáltica brasileira (ZAGONEL, 2013).

Bernucci *et al* (2006) descreve que o país obteve um desenvolvimento lento na pavimentação devido a atraso nos investimentos na área de infra-estrutura, conforme a figura 6. Comparando-se com os Estados Unidos, em 1998 o consumo de asfalto por ano nos EUA atingia a margem de 27 milhões de toneladas, superando 33 milhões em 2005. Já no Brasil, essa marca foi alcançada somente nos últimos 2 anos. Ressaltando, que os dois países contêm áreas similares, sendo notório o precário cenário de desenvolvimento do Brasil nessa temática.

Figura 6 - Evolução da rede rodoviária federal e estadual (km)

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

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



### 3.2.3 Revestimento em pavimentos asfálticos

Para Moura (2014) o revestimento asfáltico é a camada superior encarregada pela transmissão da resistência das ações do tráfego de forma uniforme para as camadas inferiores, tendo como propósito realizar impermeabilização do pavimento, além de contribuir com a melhora de dois itens: segurança e rolamento.

É notório que há uma vasta diversidade de revestimentos asfálticos na construção civil, conforme a figura 7. Logo, salienta-se que o local onde o estudo de caso foi realizado retrata da utilização do tipo pré-misturado a frio em pavimento flexível betuminoso. Como regula a Norma DNIT 153/2010 – ES, o revestimento pré-misturado a frio é formulado através de uma mistura que é realizada em temperatura ambiente, em usina devidamente adequada, formada por agregados graúdos, miúdos e emulsão asfáltica.

As Emulsões Asfálticas de Petróleo (EAP) são caracterizadas por serem misturas homogêneas de asfalto, água e agente emulsificante. Além destes materiais pode-se adicionar solventes e outros aditivos especiais (SANTANA, 1992; BERNUCCI et al, 2007).

Com base na velocidade de ruptura da emulsão, há três tipos de emulsões asfálticas (SANTANA, 1992):

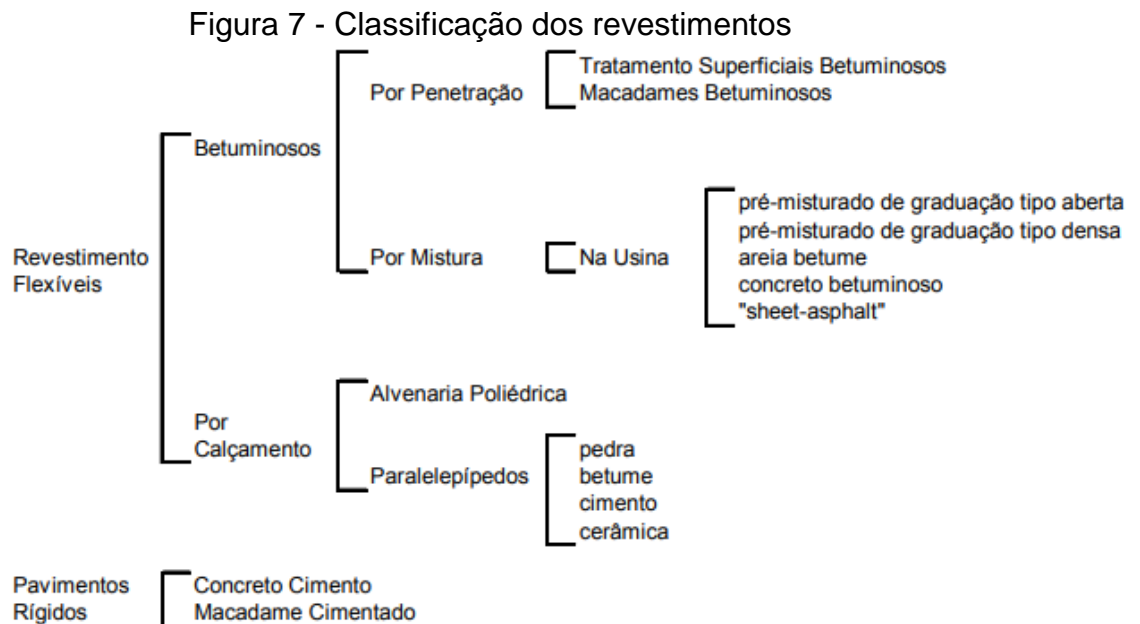
- Ruptura Lenta (RL);
- Ruptura Média (RM);
- Ruptura Rápida (RR).

Quanto à viscosidade (diretamente relacionada ao teor de asfalto residual), as emulsões são classificadas em: 1 (Menos viscosas); 2 (Mais viscosas). Com base na carga da partícula de asfalto, há três tipos de emulsões asfálticas (ASPHALT INSTITUTE, 1989):

- Catiônicas: glóbulos de asfalto carregados eletropositivamente;
- Aniônicas: glóbulos de asfalto carregados eletronegativamente;
- Não-lônicas: glóbulos de asfalto sem carga elétrica.

Através destas classificações, denominam-se as emulsões asfálticas convencionais produzidas no Brasil (SANTANA, 1992):

- RR-1C: não é fabricado com solvente, mas pode-se adicionar até 3% quando se deseja diminuir a velocidade de ruptura. É indicado para serviço de pintura de ligação, macadame betuminoso e tratamentos superficiais com agregados miúdos (que não exigem película espessa de asfalto).
- RR-2C: não é fabricado com solvente, mas pode-se adicionar até 3% quando se deseja diminuir a velocidade de ruptura. É indicado para execução de macadame betuminoso e tratamentos superficiais.
- RM-1C: possui querosene. É indicada para pré-misturados a frio com poucos finos e poucos ou nenhum filler. Tende a depositar uma partícula de asfalto muito fina em agregados muito grandes.
- RM-2C: possui querosene. É indicada para pré-misturados a frio com poucos finos, poucos ou nenhum filler e agregados grandes.
- RL-1C: possui nafta como solvente. É indicada para pré-misturados a frio com bastante finos e, principalmente, filler.



Fonte: Manual de Pavimentação DNIT (2006).

De acordo com DNIT (2006), diversas nomenclaturas se caracterizam nos revestimentos flexíveis betuminosos: Usinados (concreto betuminoso, pré-misturado a frio e pré-misturado a quente); Tratamento superficial (por penetração direta e por penetração invertida, podendo ser, simples, duplo, triplo e quádruplo); Calçamentos

articulados (alvenaria poliédrica, paralelepípedos, blocos de concreto pré-moldados e articulados).

Nesse sentido, Senço (2011) retrata de forma sucinta e coesa os tipos de revestimentos:

- Concreto betuminoso ou concreto betuminoso usinado a quente: É classificado o revestimento flexível mais nobre, contendo mistura de agregados e dosagem do betume, tendo-se como base todas as especificações. A mistura é prestada na própria usina, a partir dos controles tecnológicos pertinentes, granulometria, teor de betume, temperatura dos agregados, transporte e na sua aplicação. Quando o ligante é composto por asfalto, recomenda-se o seu revestimento para autovias e vias expressas.
- Pré-misturado a quente: Sua mistura também é feita na própria usina, de agregado, asfalto ou alcatrão, onde o agregado é aquecido há uma temperatura próxima à temperatura do betume. Contudo, com base nos controles tecnológicos, porém menos rigoroso do que a do concreto betuminoso, quanto á granulometria, quanto á estabilidade, e quanto ao índice de vazios.
- Pré-misturado a frio: É determinada como a mistura de agregado, asfalto ou alcatrão, pois, o agregado é aplicado com a temperatura ambiente, não havendo nenhum aquecimento no mesmo, sendo menos nobre que os demais revestimentos, pré-misturado a quente e o concreto betuminoso.
- Tratamentos superficiais: Consiste na penetração direta, quando a pintura se equivale a uma camada de agregado e é aplicada sobre a mesma. E na penetração invertida, quando a pintura se equivale a uma camada de agregado e é aplicada sob essa camada, podendo ser aplicada uma ou mais camadas de agregados ligadas por pinturas betuminosas. Entretanto, nas duas possibilidades citadas, os tratamentos superficiais são possíveis ser: Simples (uma camada de agregado e uma pintura de betume); Duplo (duas camadas de agregado e duas pinturas de betume); Triplo (três camadas de agregado e três pinturas de betume, sendo uns dos mais executados na pavimentação); Quádruplo (quatro camadas de agregado e quatro pinturas de betume).

- Paralelepípedos: São compostos por blocos granulares, originando um revestimento de excelente durabilidade, são pedras paralelas com forma de sólidos, podendo ser aproveitadas, assentadas sobre base de areia, rejuntadas a priori com material betuminoso. Evidencia-se que esse tipo de pavimento pode ser fabricado de diversos materiais, bloco de granito, gnaisse e basalto.
- Alvenaria poliédrica: É composta por um material granular apropriado, o qual origina um mosaico por meio do seu trabalho complexo de pedras desiguais, ajustadas lado a lado sobre um colchão de regularização.
- Blocos de concreto pré-moldados e articulados: Esse revestimento possui dimensões, formas, espessuras já definidas, sendo um pavimento de blocos de concreto, elaborado na fábrica. Suas formas comumente são quadrados ou retângulos, tor-cret e blokret.

Nessa perspectiva, as classificações dos revestimentos flexíveis betuminosos podem ser caracterizadas por penetração e por mistura. Por penetração: tratamentos superficiais betuminosos e macadames betuminosos. Por mistura: pré-misturado de graduação tipo aberta, pré-misturado de graduação tipo densa, areia betume e concreto betuminoso, de acordo com (DNIT, 2006):

- a) Revestimentos flexíveis betuminosos – por penetração é qualificada por duas particularidades, por penetração direta e por penetração invertida;
  - Revestimentos betuminosos por penetração direta – são revestimentos empregues através do espalhamento e compactação de camadas de agregados com granulometria adequada, sujeita a uma aplicação de material betuminoso e com uma aplicação final de agregado miúdo na última camada.
  - Revestimentos betuminosos por penetração indireta - são revestimentos exercido através de uma ou mais aplicações de material betuminoso, com várias repetições de espalhamento e compressão de camadas de agregados com granulometrias adequadas. Tratamento superficial simples, tratamento superficial duplo e tratamento superficial triplo são revestimentos característicos intitulados através do número de camadas.
  - Revestimentos betuminosos por mistura – os agregados antes da compressão são envolvidos com o material betuminoso, resultando-os em pré-misturados na própria usina e os pré-misturados na pista, conhecido

também como Road mixes, podem ser utilizados como bases de pavimento e como revestimento. Além dos seus processos construtivos podem ser adotados, pré-misturado a frio, pré-misturados a quente, pré-misturados areia-betume, com sua designação Sheet-asphalt, e a designação de Concreto betuminoso usinado a quente tem sido reservada para os pré-misturados a quente de graduação densa.

Em relação a isso, há também os revestimentos flexíveis por calçamento designados por alvenaria poliédrica, paralelepípedos e blocos de concreto pré-moldados e articulados. Os paralelepípedos no que lhe concerne, são constituídos por: pedra, betume, concreto e cerâmica, de acordo com DNIT (2006):

- b) Revestimentos flexíveis por calçamento – esse pavimento é pouco usual, de forma geral, a sua aplicação se limita a pátios de estacionamentos, vias urbanas e alguns acessos viários, se identificando como revestimento por calçamento.

### 3.3 PATOLOGIAS

#### 3.3.1 - Deformações de superfície

Conforme descreve Silva (2008), as deformações de superfície são classificadas em afundamentos e corrugações.

- Afundamento: como demonstra a figura 8 e 9, são deformações plásticas ou permanentes, caracterizados por depressão longitudinal da superfície do pavimento e podendo ser plásticos e de consolidação. A deformação plástica de uma ou mais camadas do pavimento origina a patologia chamada afundamento plástico, tendo como característica nível elevado ao longo dos lados do afundamento. Os afundamentos de consolidação são devidos à consolidação diferencial que se dá em camadas do pavimento.

Figura 8 - Rua Acácia, St. 01: patologia do tipo afundamento



Fonte: Própria (2021).

Figura 9 - Tv. Rio São João, St. Institucional: patologia do tipo afundamento



Fonte: Própria (2021).

- **Corrugação:** conforme a figura 10 são ondulações transversais, chamada também de costela de vaca ao eixo da via. As corrugações estão interligadas às tensões cisalhantes horizontais originadas pelos veículos em áreas sujeita

a aceleração e frenagem. Sendo habitual em subidas, rampas, curvas e interseções. As ondulações na superfície da camada de revestimento são conhecidas como escorregamento de massa.

Figura 10 - Rua Curitiba, St. 03: patologia do tipo corrugação



Fonte: Própria (2021).

### 3.3.2 - Defeitos da superfície

Fundamentado em Silva (2008), os defeitos de superfície têm como possibilidade ser por desgaste e exsudação de asfalto.

- Desgaste: é uma junção do tráfego com o intemperismo, assim como demonstra a figura 11 e 12, podendo ter uma superfície polida, implicando na segurança a derrapagem. O arranque progressivo dos agregados é uma fase avançada do desgaste superficial.

Figura 11 - Avenida Canaã: patologia do tipo desgaste



Fonte: Própria (2021).

Figura 12 - Rua Mato Grosso, St. 05: patologia do tipo desgaste



Fonte: Própria (2021).

- Exsudação de asfalto: ocasionada devido ao calor, gerando uma dilatação no asfalto e não havendo espaço para ele ocupar, devido principalmente a um baixo volume de vazios e excesso de ligante, gerando impasse na massa asfáltica. O asfalto exsudará através do revestimento e ficará visível na superfície assim como a figura 13, com o calor, o asfalto pode diminuir sua



viscosidade e o agregado penetrar dentro dele, acontece geralmente na trilha de roda, que brilha devido ao excesso de ligante betuminoso.

Figura 13 - Exsudação de asfalto

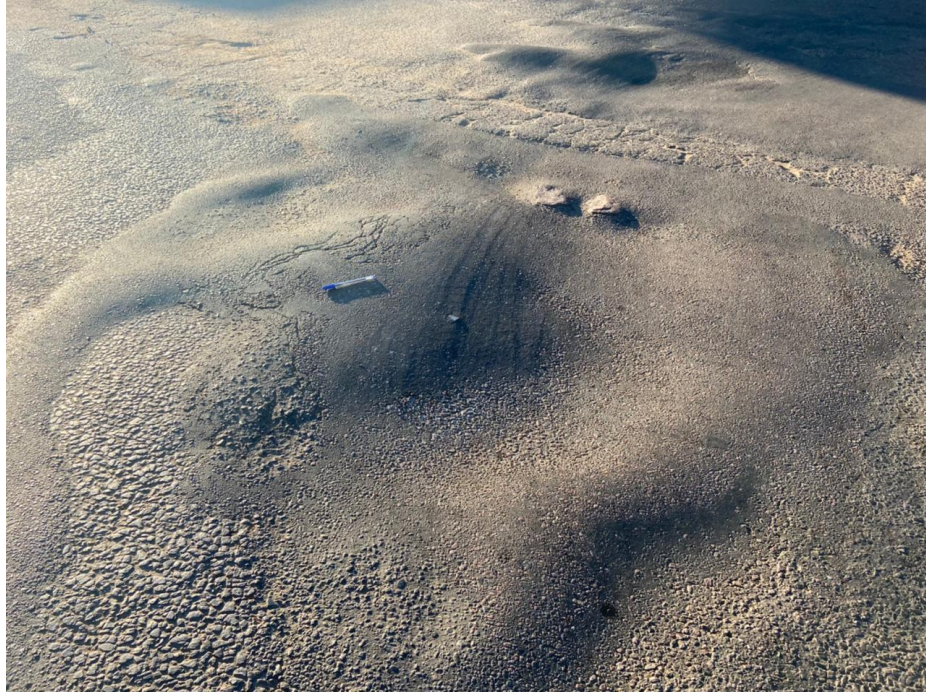


Fonte: DNIT-005 (2003).

### 3.3.3 – Escorregamento do Revestimento Betuminoso

Para Silva (2008), o escorregamento ocasiona a manifestação de fendas em formato de meia-lua, promovendo assim a locomoção do revestimento em relação a base, assim como a figura 14 e 15. Em relação a isso, os pontos causadores da trinca em forma de meia lua são: ausência de aderência e limpeza entre a camada de revestimento e a camada subjacente e a baixa resistência da massa asfáltica. Lugares de maior ocorrência são em locais específicos de frenagem e de interseções, onde o veículo provoca o deslizamento da massa asfáltica, baixa aderência e baixa resistência.

Figura 14 - Avenida Canaã: patologia do tipo escorregamento



Fonte: Própria (2021).

Figura 15 - Avenida Tancredo Neves: patologia do tipo escorregamento



Fonte: Própria (2021).

### 3.3.4 – Panela e Remendo

Silva (2008), explica que a panela tem como característica cavidade ou buraco que se origina no revestimento e pode atingir a base. Os buracos são provenientes das trincas, afundamento ou desgaste, causados pela a água, onde a

mesma é comprimida e, como ela é incompressível, tende a desagregar ou amolecer as camadas do pavimento, sendo assim, aumentará os afundamentos em trilha de roda.

DNIT (2005, p. 209) define a patologia panela como:

Os buracos ou panelas são rupturas estruturais localizadas, que está mais enfraquecida do que o seu entorno. Não sendo reparados, rapidamente conduzirão à decomposição dos trechos adjacentes, vindo a comprometer ainda mais seriamente a rodovia.

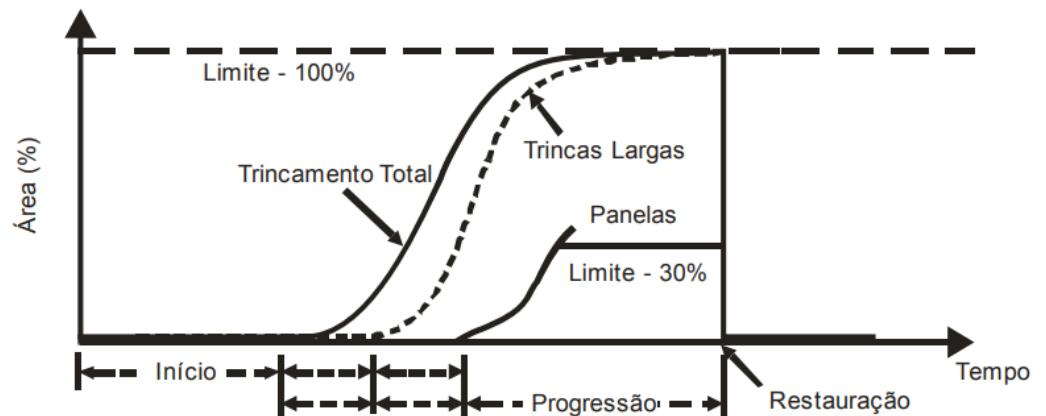
Assim, considera-se os seguintes itens como as possíveis causas: Excesso de carga por eixo dos veículos; Deficiência de projeto; Deficiências construtivas; Ação da água devido à infiltração (DNIT, 2005).

Já segundo Balbo (1997) descreve panelas ou buracos como sendo cavidades na superfície do pavimento, qualificadas pela inexistência de materiais, podendo alcançar as camadas de base ou até mesmo o subleito da estrutura, possuindo formas e dimensões variantes. O autor menciona algumas prováveis causas para a ocorrência da patologia panela, como a fragmentação de revestimento trincado, evolução de determinados afundamentos e a evolução de processo de descolamento do revestimento sobre antigos revestimentos ou bases.

Segundo Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos DNIT (2006), a patologia panela está dentro de um dos mais importantes defeitos que se tem em vista a deflagração de intervenções de restauração. Como demonstra a Figura 16, caracteriza-se por duas fases de desenvolvimento, sendo uma fase inicial onde o defeito ainda não é visível na superfície do pavimento e uma fase de evolução, onde no decorrer da mesma os defeitos progressivamente se manifestam em relação a extensão e severidade.

Na Figura 16, o início dos defeitos é determinado pelo tempo, ou seja, determina-se os defeitos no período em que nos levantamentos de campo é possível visualmente identificá-los. Em relação a isso, a intensidade dos defeitos comumente é expressa em percentual de área do pavimento afetada pela deficiência. Assim, o trincamento uma vez iniciado avança tanto em área afetada quanto em severidade, até mesmo ao ponto de ocorrer a desintegração das bordas das trincas e, logo após, ocasionar o arrancamento das placas e geração de panelas.

Figura 16 - Tipos de defeitos e suas relações  
(a) Trincamento e Panelas



Fonte: Adaptado de Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos DNIT (2005).

Vale ressaltar, que o desgaste e as panelas se manifestam pelo arrancamento do material da camada de revestimento, e a severidade é relacionada a profundidade atingida pela deficiência, conforme a figura 17 abaixo.

Figura 17 - Avenida Candeias: patologia do tipo panela



Fonte: Própria (2021).

De acordo com o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos DNIT (2006) a patologia panela é um defeito muito grave, pois influencia o pavimento tanto estruturalmente, concedendo o acesso das águas superficiais ao interior da estrutura, quanto no sentido funcional, já que compromete a segurança do tráfego e

o custo do transporte, devido a irregularidade longitudinal provocada, assim como a figura 18 e 19.

Figura 18 - Avenida Candeias: patologia do tipo panela



Fonte: Própria (2021).

Figura 19 - Rua Tiradentes, St. 09: patologia do tipo panela



Fonte: Própria (2021).

Conforme Silva (2008), o remendo é o enchimento de depressões ou panelas com massa asfáltica, embora seja uma atividade de conservação é

ponderado como um defeito por indicar um local de fragilidade do revestimento e por acarretar danos ao conforto ao rolamento, conforme a figura 20.

Figura 20 - Remendo



Fonte: SILVA (2003).

### 3.3.5 – Fissura e Trinca

Fundamentado no DNIT (2003), fissura é uma fenda de largura capilar presente no revestimento, o qual inicialmente ainda não provoca problemas funcionais ao revestimento. São posicionadas longitudinalmente, transversalmente ou obliquamente ao eixo da via, apenas reconhecível a uma distância inferior a 1,50m.

Para o DNIT (2003), trinca é uma fenda no revestimento, que se identifica facilmente de forma visual, tendo como característica abertura superior à da fissura, podendo ainda designar-se sob a forma de trinca isolada e trinca interligada, sendo assim:

- Trinca isolada
  - a) Trinca transversal – assim como relata a figura 21, a mesma exhibe direção principalmente perpendicular ao eixo da via. Trinca transversal curta, é aquela que possui extensão de até 100 cm. E trinca transversal longa, quando exhibe extensão superior a 100 cm.

Figura 21 - Trinca isolada – transversal



Fonte: DNIT (2003)

- b) Trinca longitudinal – conforme a figura 22, apresenta direção predominantemente paralela ao eixo da via. Trinca longitudinal curta, quando exibe dimensão de até 100 cm. E já quando a dimensão é superior a 100 cm designa-se como trinca longitudinal longa.

Figura 22 - Trinca isolada – longitudinal



Fonte: DNIT (2003).

- Trinca interligada
- a) Trinca tipo “couro de jacaré” – conjunto de trincas interligadas sem sentido prioritário, recordando a aparência de couro de jacaré, possibilitando a manifestação de erosão acentuada nas bordas, conforme a figura 23 e 24.

Figura 23 - Avenida Tancredo Neves: patologia do tipo couro de jacaré



Fonte: Própria (2021).

Figura 24 - Rua Castro Alves, St. 06: patologia do tipo couro de jacaré



Fonte: Própria (2021).



- b) Trinca tipo “bloco” - conjunto de trincas interligadas reconhecidas pelo aspecto de blocos formados por lados bem estabelecidos assim como a figura 25, sendo capaz de apresentar erosão acentuada nas bordas, ou não.

Figura 25 - Trinca interligada – tipo “bloco”



Fonte: DNIT (2003).

### 3.4 DEFINIÇÕES DE INTERVENÇÕES NOS PAVIMENTOS

#### 3.4.1 Manutenção

A manutenção são atividades que se atuam nas vias em determinados ciclos da vida de serviço da rodovia, tendo como alvo uma aplicação em condições apropriadas de serventia e segurança. Especificando de pavimento, constitui-se de atividades de restauração, favorecendo a melhoria frequente das condições estruturais e funcionais do pavimento (DNIT, 2010).

Fundamentado em Silva (2008), a manutenção de pavimento refere-se a uma atividade rotineira empregada com a finalidade de condicionar o pavimento a condições favoráveis ao tráfego e temperatura.

DNIT (2006), retrata a manutenção como preventiva e corretiva:

- Manutenção preventiva: são atividades de conservação executadas periodicamente, com intuito de impedir o aparecimento e o agravamento de defeitos.

- Manutenção corretiva: em concordância com DNIT (2006), é exercida conforme a programação com base em técnica para eliminação de imperfeições existentes, tendo como propósito o reparo e correção dos defeitos.

### **3.4.2 Reabilitação**

Em relação ao serviço do pavimento a reabilitação consiste no intuito de aumentar a vida útil, concebendo a possibilidade de iniciar novo ciclo de deterioração e chegando o mais próximo possível do valor máximo dentro do nível de serventia (FERNANDES JR. et al., 2010). Assim, classificando-se pelo DNIT (2006) em:

- Reforço Estrutural: é um conjunto de execuções determinada a ampliar a capacidade estrutural do pavimento, tendo como finalidade sobrepôr as demais camadas, que assumiram a correção de imperfeições superficiais existentes.
- Restauração: são ações determinadas para realizar o perfeito desempenho do pavimento. Tratando-se de um processo de substituição e confecção de uma ou mais camadas presentes, realizando a integração por camadas que oferecerá contribuição positiva na capacidade estrutural do bem deteriorado e constituir aspectos originais (DNIT, 2006).

## **3.5 CLASSIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO**

### **3.5.1 Atividades de manutenção**

Qualifica, habitualmente, em selagem de trincas, remendos e capas selantes. Vale ressaltar, que o reparo e a detecção dos defeitos nas primeiras fases são julgados pela equipe de manutenção o trabalho mais influente, visto que, sucede melhor aproveitamento dos recursos disponíveis. Em relação a isso, evidencia-se que quando não ocorre a selagem das trincas, arrisca-se a rápida evolução para defeitos significativos e por consequência o aumento de despesas com operação

dos veículos e os gastos de manutenção e reabilitação (FERNANDES JR. et al. 2010).

- a) Remendo – Em conformidade com DNIT (2003), tem como característica preenchimento de uma panela com uma ou mais camadas de pavimento, assim classificando-se em remendo superficial e remendo profundo
  - Remendo superficial – consiste na correção da superfície do pavimento, por meio da utilização de uma camada betuminosa em área situada.
  - Remendo profundo – aplicada de forma retangular, caracteriza-se quando se realiza a substituição de um revestimento, e em algumas situações, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento.
- b) Capas selantes – fundamentado em Fernandes Jr. et al. (2010), corresponde a atividades sobre a superfície do pavimento que consistem na aplicabilidade de ligantes asfáltico e ligante com agregados, tendo como finalidade revitalizar o revestimento asfáltico, recompor o coeficiente de atrito pneu-pavimento, selar trincas de abertura estreita, dificultar a admissão de água na estrutura do pavimento e retardar o desgaste originado por intemperismo. Os tipos mais comuns dentre as capas selantes são:
  - Selo asfáltico impermeabilizante – caracteriza-se pelo uso leve de emulsão asfáltica, diluída em água e sem a presença de agregado mineral, resultando em uma cura lenta, empregue quando deseja rejuvenescer revestimentos asfálticos oxidados, e selar trincas que possuem pequenas aberturas e vazios superficiais.
  - Lama asfáltica – compõe-se por uma mistura homogênea de emulsão asfáltica de ruptura lenta, agregados miúdos bem graduados, e materiais de preenchimento mineral, filler, de preferência cimento Portland e a cal. Salienta-se, que a lama asfáltica contém três graduações, empregues para diferentes utilidades, sendo: preenchimento de trincas, selagem de revestimento com textura média e duas aplicações sobre revestimento muito áspero.
  - Tratamentos superficiais – tem como característica a aplicação de ligantes e agregados formando camadas, na qual a grandeza máxima do

agregado das camadas sucessivas, normalmente, refere-se a metade da grandeza máxima do agregado das camadas subjacentes.

### **3.5.2 Atividades de reabilitação**

Segundo Fernandes Jr. et al. (2010) as mais utilizadas são as seguintes atividades de reabilitação:

- a) Fresagem – o desenvolvimento de equipamentos para a realização dessa atividade foi no decorrer da década de 80, nos Estados Unidos e países da Europa. Consiste no principal meio de extração do revestimento antigo, tanto quanto para correção da superfície a ser recapeada quanto para reciclagem.
- b) Reciclagem – processo realizado para renovar misturas asfálticas envelhecidas, sendo assim é realizado o aquecimento do revestimento asfáltico no local, logo após a mistura, lançamento e compactação. Assim, tendo como alguns dos objetivos a correção de outros defeitos, como exsudação e pequenas corrugações. Não recomendado para correção de panela e trinca por fadiga.
- c) Recapeamento estrutural – tem como propósito aumentar a capacidade estrutural do pavimento, assim sobre o pavimento vigente realiza-se a construção de uma ou mais camadas, detendo espessura uniforme.
- d) Reconstrução – nomina-se quando o pavimento apresenta deterioração rápida devido à ausência da reabilitação em tempo hábil, tendo como causas primordiais do defeito, a drenagem inapropriada ou até mesmo a carência da mesma. A reconstrução consiste na retirada e troca completa da estrutura do pavimento, melhoramento de traçado, execução de drenagem, capacidade de tráfego e a segurança.

## **3.6 DETERMINAÇÃO DO PAVIMENTO ASFÁLTICO NO PLANO DIRETOR DE ARIQUEMES**

O plano diretor encontra previsão no art. 182, §1º, da Constituição, sendo definido como o instrumento básico da política urbana, que determina a indispensabilidade de elaboração de uma política de desenvolvimento urbano, a ser executada pelo poder público municipal (PINTO, 2014).

Carvalho Filho (2009), conceitua plano diretor como o instrumento primordial de política urbana por qual o município retrata as diretrizes e os objetivos referentes ao desenvolvimento social e à expansão urbana.

A lei municipal de nº 2.341 de 17 de dezembro de 2019 dispõe sobre o Plano Diretor participativo de Ariquemes, sendo fundamentado nos artigos 182 e 183 da Constituição Federal, no Capítulo III da Lei 10.257, de 10 de julho de 2001 – Estatuto da Cidade e no artigo 42 da Lei Orgânica do Município de Ariquemes. Visto que, o mesmo renova o Sistema Municipal de Planejamento e Gestão Democrática, estabelecem diretrizes e objetivos das políticas de desenvolvimento urbano, regulamenta instrumentos urbanísticos, disciplina o parcelamento, uso e ocupação do solo e definem ações, programas, projetos e obras a serem seguidos até o ano de 2.028. Portanto, evidencia-se as políticas de desenvolvimento urbano são todas as políticas públicas municipais que agem sobre o meio físico, em particular aquelas correlacionadas com o urbanismo, uso do solo, meio ambiente, habitação, saneamento e mobilidade urbana.

O Plano Diretor de Ariquemes disserta sobre a pavimentação no decorrer do plano em algumas situações, sendo:

- Dentro das medidas a serem estudadas e implantadas mediante o Plano Municipal de Redução de Riscos – PMRR, cita a pavimentação de ruas, a fim de evitar erosões e assoreamentos causados pelo escoamento superficial das águas;
- Entre os objetivos gerais da política de desenvolvimento urbano menciona denominar as alamedas dos Setores residenciais 01, 02, 03 e 04 em travessas, destinada a circulação de veículos e pedestres, com largura de 6,00m a 8,00m entre os alinhamentos, dependendo do trecho; em sentido único, preferencialmente pavimentado com bloquetes, permeáveis e antiderrapantes e beneficiadas com iluminação pública;
- Entre as ações que o Poder Executivo deverá efetuar para as adequações necessárias ao projeto urbanístico da cidade: todos os projetos, tanto oriundos da administração pública, bem como de instituições privadas, para abertura de novos Bairros e Loteamentos, deverão executar a pavimentação asfáltica, paralelepípedos ou em bloquete com drenagem, de acordo com a bacia hidrográfica;

- Para o alcance dos objetivos em relação à drenagem, deverão ser implementadas as seguintes ações: Implantar em todas as ações de pavimentação asfáltica os projetos de drenagem e de micro-Drenagem, de acordo com as bacias hidrográficas definidas, a partir da vigência desta Lei; Utilizar preferencialmente materiais permeáveis na pavimentação de vias e calçadas; Proibir a execução de pavimentação de vias públicas ou privadas sem as respectivas drenagens pluviais.

## 4 METODOLOGIA

A primeira etapa constitui-se na estruturação da pesquisa, onde foi possível suceder o levantamento de dados bibliográficos referente ao tema principal e outros aprofundamentos sobre as particularidades do pavimento flexível. Além do mais, o estudo destina-se a apresentação por meio de observações e levantamentos realizados em campo, tendo-se como base as Normas Brasileiras.

Para maior compreensão do tema, detém embasamento teórico como referência, então iniciou-se no dia 07 de maio de 2021 um estudo de caso na rua tiradentes setor 09, localizada na cidade de Ariquemes. Assim, realizando um levantamento de dados sendo de suma importância a observação referente ao material e técnicas empregadas no processo de recuperação do pavimento.

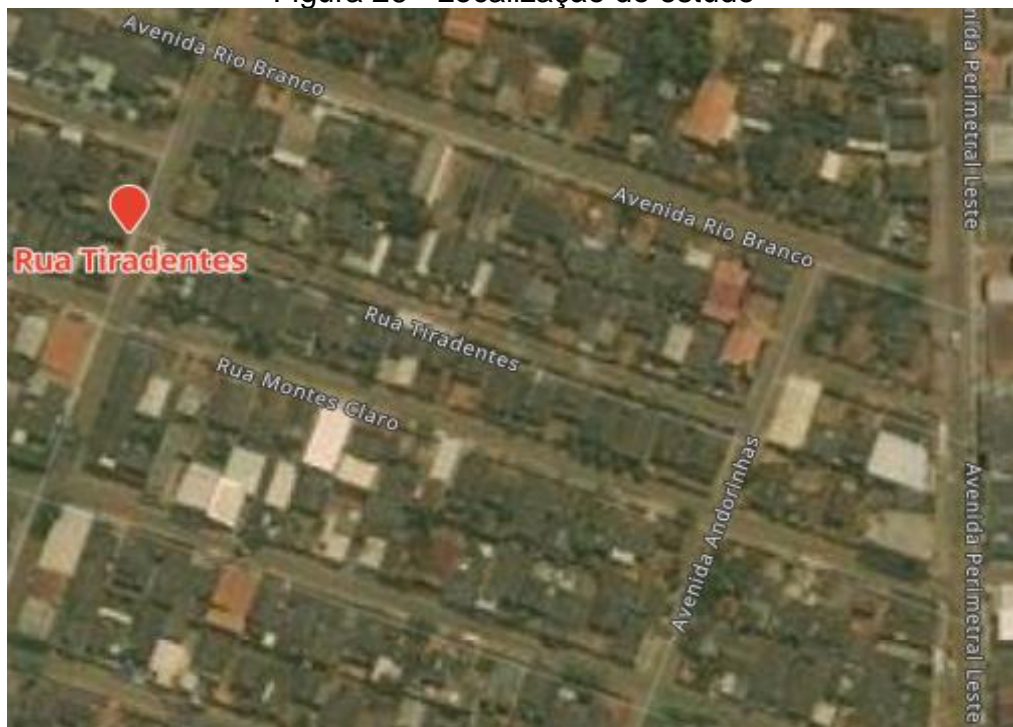
Desse modo, foi possível acompanhar a recuperação da patologia panelas, oportunizando análise desde as camadas mais superficiais do pavimento, esta que é de grande importância, pois é nela que fica aparente a perda de qualidade, o aparecimento de irregularidades ou imperfeições, acarretando assim na perda das principais funções, como na segurança e em seu conforto de rolamento. Por consequência, alcançou-se o resultado sobre as características e conservação do pavimento asfáltico após a recuperação quanto a sua patologia, obtendo como elucidação se as normas técnicas serão aplicadas e seguidas fielmente pelo processo de recuperação do pavimento em questão, conforme apontado no tópico 5.2.

O estudo teve sua parte prática traçada in loco em duas etapas, sendo uma delas no dia 07 de maio de 2021 às 08 horas com duração de 1 hora e meia e a segunda etapa sendo no dia 03 de junho de 2021 às 11 horas com duração de 1 hora, havendo em ambas autorização da Secretária Municipal de Obras por meio de um ofício da Faculdade de Educação e Meio Ambiente (FAEMA), elaborado pela coordenadora de Engenharia Civil Ms. Silênia Priscila da Silva Lemes e professor orientador Esp. Bruno Dias de Oliveira, onde foi solicitado autorização a visita e acompanhamento dos serviços de tapa buraco nas dependências de Ariquemes, conforme anexo 1. Portanto, com resposta da Secretaria de Obras, a mesma foi marcada para o dia 07 de maio com intuito de atingir o objetivo principal e secundários contidos no escopo deste trabalho, anotando assim, todos os processos e materiais utilizados na área de estudo. Evidencia-se, que houve impasse no

agendamento da visita, pois a execução do serviço tapa buraco da Prefeitura de Ariquemes não possui calendário definido para a realização do serviço conforme afirmado pelo responsável da equipe de execução da operação tapa buraco, por conseguinte até a execução do presente trabalho não houve compatibilidade para afirmar o agendamento de acompanhamento em outros locais. Em relação a isso, vale ressaltar outro fator que contribuiu com o desacordo para o agendamento de demais visitas, sendo a pandemia da covid-19, cenário que esteve presente durante desenvolvimento deste trabalho, assim devido o avanço da covid-19 foi necessário adotar o distanciamento social, momento o qual dificultou a liberação de visitas.

Já no dia 03 de junho realizou-se uma visita na usina com a devida autorização do responsável pelo setor de produção, juntamente com a Secretaria de Obras, assim sendo válido o ofício conforme anexo 1, visto que, realizou-se a visita com a finalidade de adquirir conhecimento referente a massa asfáltica utilizada no serviço de tapa buraco. A avaliação do pavimento asfáltico abrange a rua tiradentes, setor 09, na cidade de Ariquemes/RO conforme a figura 26, sendo que, a referida rua possui pista simples, com revestimento pré-misturado a frio.

Figura 26 - Localização do estudo



Fonte: Google Earth (2021).



Após os levantamentos de extensão do referido estudo de caso chegou-se aos valores referentes a extensão total da área de estudo, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Características do trecho estudado

<b>CARACTERÍSTICAS DO TRECHO ESTUDADO</b>				
<b>RUA</b>	<b>COMPRIMENTO (m)</b>	<b>LARGURA (m)</b>	<b>ÁREA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>TIPO DE PAVIMENTO EXISTE</b>
<b>TIRADENTES</b>	<b>46,00</b>	<b>4,45</b>	<b>204,7</b>	<b>Pré-misturado a frio</b>

Fonte: Própria (2021).

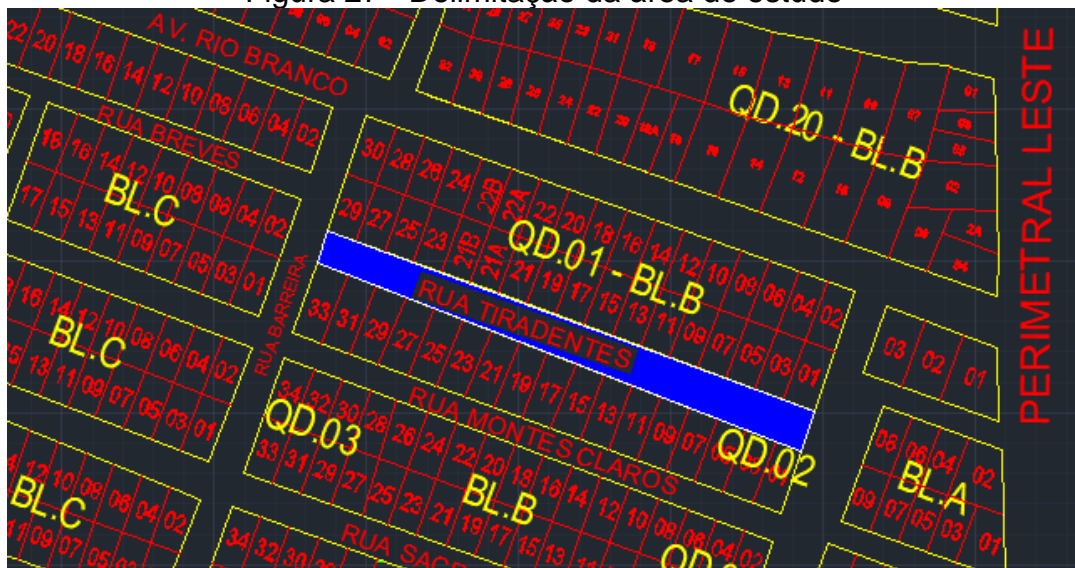
Na Tabela 1 constam as características das localidades em estudo, baseado no levantamento realizado via Google Earth e visitas in loco, para assim promover o melhor entendimento. As medidas foram obtidas através de medições coletadas in loco e o tipo de pavimento existente foi mencionado pelo responsável pela usina que produz a massa asfáltica.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 – LEVANTAMENTO DO LOCAL DE ESTUDO

O estudo abrange a rua tiradentes no setor 09, visto que, no croqui abaixo (Figura 27), a área onde o estudo de caso foi realizado está identificada com a cor azul, assim facilitando o entendimento de sua localização.

Figura 27 - Delimitação da área de estudo



Fonte: Adaptado de Prefeitura de Ariquemes (2019).

De acordo com levantamento in loco no dia 07 de maio de 2021, a rua tiradentes tem como característica tráfego leve por tratar de via local, conforme o Manual De Pavimentação Urbana (2016) onde o tráfego leve é exclusivo de ruas residenciais e não é previsto a circulação de ônibus, possuindo função de via local. Caracterizada como pista simples, onde veículos compartilham uma via em mãos opostas.

Para melhor concepção das características das vias encontra-se abaixo a Figura 28 e a Figura 29:

Figura 28 - Rua Tiradentes, St. 09, Ariquemes/RO



Fonte: Própria (2021).

Figura 29 - Rua Tiradentes, St. 09, Ariquemes/RO



Fonte: Própria (2021).

## 5.2 – IDENTIFICAÇÃO DA PATOLOGIA

O Brasil dispõe tanto de vários estudos produzidos em âmbito acadêmico quanto de diretrizes para a identificação de patologias e as possíveis causas, como exemplo menciona-se o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos DNIT (2006), visto que, o mesmo tem como fundamento as normas técnicas brasileiras.

Portanto, conforme o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos DNIT (2006) as condições de superfície dos pavimentos asfálticos são examinadas pelas seguintes Normas:

- a) DNIT 005/2003 – TER - Defeitos nos pavimentos asfálticos - Terminologia.
- b) DNIT 006/2003 – PRO - Avaliação objetiva da superfície de pavimentos asfálticos - Procedimento.
- c) DNIT 007/2003 – PRO - Levantamento para avaliação da condição de superfície de subtrecho homogêneo de rodovias de pavimento flexível e semi-rígido para gerência de pavimentos e estudos e projetos - Procedimento.
- d) DNIT 008/2003 – PRO - Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos asfálticos - Procedimento.
- e) DNIT 009/2003 – PRO - Levantamento para avaliação subjetiva da superfície do pavimento - Procedimento.

Vale evidenciar, que a Norma do DNIT 005/2003 – TER acerca do levantamento para avaliação de patologias dispõe de uma planilha que conta com um laudo de avaliação do pavimento e tabelas para a classificação do relevo, para tipos de patologias, os níveis de cada manifestação patológica distinta, e das condições do pavimento.

O cálculo de indicador de qualidade da superfície do pavimento IGG tem como referência os tipos de defeitos catalogados pela norma brasileira DNIT 005/2003 – TER, sendo eles: fendas, afundamentos, corrugação e ondulações transversais, exsudação, desgaste ou desagregação, panela ou buraco e remendos.

Desse modo, para avaliar as patologias faz-se a anotação numa planilha utilizando a terminologia e codificação de defeito existente na área demarcada. Após a visita e acompanhamento dos serviços de tapa buraco realizado pela Secretária Municipal de Obras verificou-se que no mapeamento de patologias não é realizado a tabulação de dados para a identificação das patologias nas vias, segundo a Norma.

### 5.3 – PROCESSO DE RECUPERAÇÃO DA PATOLOGIA PANELA NA CIDADE DE ARIQUEMES/RO

A partir do momento da implantação de uma estrutura de pavimento, cabe ao órgão responsável pela sua gestão identificar e efetuar as atividades de manutenção necessárias. O responsável pela equipe de execução do serviço de tapa buraco afirma que no município de Ariquemes a identificação das manutenções do pavimento é responsabilidade de uma equipe que conta com um cronograma diário de vistoria pelas ruas e avenidas de Ariquemes, assim obtendo um relatório com o estado da malha asfáltica de cada trecho, sendo que essa vistoria não conta com vigência da Norma do DNIT 005/2003 – TER sobre o levantamento para análise de patologias, pois geralmente é feita de forma visual.

As práticas de manutenção são imprescindíveis e visam manter ou restabelecer as condições da via, devendo, portanto, ser iniciadas logo após a sua abertura ao tráfego. A execução dos serviços relacionados a manutenção e recuperação das vias urbanas do município de Ariquemes conta com uma equipe de 10 colaboradores, visto que, o responsável pela equipe de execução foi encarregado a ser supervisor da visita in loco realizada, ressaltando que houve autorização de todos os colaboradores da equipe para o uso de imagem. A Secretaria Municipal de Obras é responsável por realizar o processo de recuperação da patologia estudada, onde a mesma conta com usina própria na produção da massa asfáltica utilizada no município. Vale ressaltar, que a mesma massa asfáltica produzida para utilização dos serviços de tapa buraco é a mesma utilizada para a recuperação e manutenção das demais patologias.

Assim, na rua Tiradentes no setor 09 o tapa buraco foi a medida tomada pelos gestores, para intervir na degradação da via. Logo, toda a área que recebeu a massa asfáltica encontrava-se limpa, sem entulhos e areias, assim como mostra a figura 30.

Figura 30 - Rua Tiradentes, St. 09: patologia do tipo panela



Fonte: Própria (2021).

Evidencia-se que a patologia que foi realizado o estudo e acompanhamento possui 4,0 metros de comprimento, 1,70 metros de largura e profundidade em relação ao nível da pavimentação asfáltica de 28 centímetros, caracterizando assim essa patologia como panela.

Tabela 2 - Identificação do nível de severidade da patologia no trecho

PATOLOGIA	NÍVEIS DE SEVERIDADE	AVALIAÇÃO <i>IN LOCO</i>
Panela	<p><b>Baixa:</b> profundidade inferior a 25 mm</p> <p><b>Média:</b> profundidade entre 25 e 50 mm</p> <p><b>Alta:</b> profundidade for maior que 50 mm</p>	Alta

Fonte: Adaptado de SHRP (2015).

Desse modo, o serviço de tapa buraco teve início no dia 07 de maio de 2021 às 08 horas com a limpeza da patologia, pois o local deve estar com a superfície totalmente limpa. Vale ressaltar, que próximo a patologia havia um vazamento de água proveniente de uma residência. Devido a essa ocorrência o buraco em

processo de recuperação encontrava-se com umidade excessiva, sendo um impasse para o resultado final desse processo. Pois, cada camada do pavimento possui a sua porcentagem de compactação ideal, estando assim em sua umidade ótima, logo quando ocorre excesso de água a camada atinge irregularidades, assim perdendo suas propriedades e por consequência desenvolvendo patologias na pavimentação mesmo após a realização de aplicação da camada asfáltica.

Por conseguinte, após a limpeza conforme a visita in loco foi realizado a aplicação da imprimação betuminosa ligante, a qual consiste na aplicação do material betuminoso para assegurar a perfeita ligação entre a base do pavimento e a camada de rolamento. O material betuminoso citado caracteriza-se por ser emulsão de ruptura rápida, aplicado de forma manual conforme a figura 31.

Figura 31 - Aplicação de emulsão asfáltica no processo de recuperação da patologia  
panela



Fonte: Própria (2021).

Salienta-se que logo após a aplicação da emulsão não há repouso até sua secagem e endurecimento suficientes para receber a massa asfáltica, ou seja, assim que finalizado o processo de aplicação da emulsão logo o buraco é preenchido pelo revestimento pré-misturado a frio, sendo aplicado a temperatura ambiente. O

revestimento pré-misturado a frio é provindo da usina própria da Prefeitura Municipal de Ariquemes, que conta com automação industrial conforme a figura 32.

Figura 32 - Painel de controle



Fonte: Própria (2021).

O painel de controle permite o colaborador a operar manualmente o traço da usinagem, assim possuindo o controle de todas as automações existentes na usina, como: abertura da comporta para a descarga da massa asfáltica, funcionamento da correia de transporte dos materiais, aplicação da emulsão e entre outros. Outro item de suma importância é o indicador de pesagem eletrônico, conforme figura 33 é um equipamento que indica a pesagem dos materiais com intuito de assegurar com exatidão o valor do peso de forma confiável e precisa.



Figura 33 - Indicador transmissor de pesagem



Fonte: Própria (2021).

Desse modo, a usina do município de Ariquemes é designada como usina estacionária, a qual possui maior capacidade de produção e silos individuais para os agregados com comportas reguláveis, conforme a figura 34.

Figura 34 - Silo de agregados



Fonte: Própria (2021).

Evidencia-se, que até a data de realização deste estudo os agregados utilizados na usinagem provém da empresa Nova Mina Materiais para Construção, localizada em Ariquemes. E logo após, o despejo dos agregados nos silos sucede-se ao descarregamento desse material em uma correia transportadora, conforme a Figura 35.

Figura 35 - Correia de transporte



Fonte: Própria (2021).

A correia transportadora conduz os agregados ao misturador (Figura 36), onde é injetada a emulsão asfáltica na dosagem previamente estabelecida.

Figura 36 - Misturador



Fonte: Própria (2021).

Posto que, a emulsão asfáltica é armazenada em tanques, conforme a Figura 37. Dado que, o armazenamento e manuseio inadequados podem comprometer a qualidade e o desempenho da emulsão asfáltica.

Figura 37 - Tanques para armazenamento de emulsão asfáltica



Fonte: Própria (2021).

Visto que, o material utilizado para o serviço de tapa buraco é composto por 50% de pó de brita, 25% de brita 2, 15% de brita 0 e 10% de ligante RL-1C. A área de descarga da massa asfáltica comporta um caminhão por vez, conforme a Figura 38.

Figura 38 - Área de descarga do caminhão



Fonte: Própria (2021).

A usinagem desse material se dá em média de duas vezes ao mês, pois realiza-se a produção de 4 a 5 caçambas de massa asfáltica e armazena-se em lugar coberto, tendo saída do material conforme a programação da equipe de recuperação das patologias.

Contudo, o transporte do revestimento é efetuado por caminhões basculantes com caçambas, conforme a Figura 39. Já a aplicação do revestimento é realizada de forma manual pelos colaboradores com auxílio de pá e enxada, sendo aplicado apenas uma camada da massa asfáltica.

Figura 39 - Aplicação da massa asfáltica no serviço tapa buraco



Fonte: Própria (2021).

Por conseguinte, com a finalização da aplicação do revestimento conforme a Figura 40, executa-se a próxima etapa com o recurso do rolo compactador chapa lisa, esse maquinário contém de 6 a 7 toneladas (Figura 41).

Figura 40 - Aplicação da massa asfáltica para tapa buraco



Fonte: Própria (2021).

Como citado anteriormente, a etapa em questão é a compactação, realizada com auxílio do rolo compactador de chapa lisa (Figura 41) e vale ressaltar, que o atrito provocado obriga o material compactado a zerar vazios, ferir a lubricidade e fazer volatilizar o aditivo químico.

Figura 41 - Rolo compactador chapa lisa



Fonte: Própria (2021).

Portanto, a execução do processo de recuperação do tapa buraco é finalizada com uma média de 40 minutos e o estado da superfície do pavimento assim que finalizado o processo encontra-se conforme a Figura 42.

Figura 42 - Recuperação da patologia panela finalizada



Fonte: Própria (2021).

Conforme Norma DNIT 153/2010 – ES, a camada que recebe o material pode ser liberada ao tráfego imediatamente após a finalização do serviço de compressão, desde que não contenha deformação ou desagregação. Em função disso, é fundamental a fiscalização técnica no local onde foi realizado o serviço, para que assim se obtenha um respaldo em relação a liberação do tráfego. Porém, no trecho acompanhado não foi cedida sinalização para bloqueio do trecho, assim que finalizado o processo de tapa buraco encontrava-se liberado o trânsito no local, visto que, não foi realizada fiscalização para confirmar a ausência de deformação e consequentemente a liberação do tráfego.

Em vista disso, o entulho proveniente da execução do serviço é recolhido propriamente pela Prefeitura Municipal, visto que, a mesma dispõe de uma equipe que é responsável por retirar os entulhos com auxílio de caminhão caçamba que ocorre logo após finalizados os serviços de tapa buraco na pavimentação no município de Ariquemes.

Posto isso, no dia 13 de junho de 2021 realizou-se uma visita para averiguar o local onde foi realizada a recuperação do pavimento, sendo assim observou-se que a superfície do pavimento se encontra deteriorada e desnivelada, conforme a Figura 43. Desse modo, com base na visita de pós restauração desse local pode-se considerar que o pavimento já se encontra em estado diferente do pavimento asfáltico adequado, assim havendo possibilidade de surgir novamente patologia nesse local.

Figura 43 - Local onde foi realizado o estudo de recuperação da patologia panela



Fonte: Própria (2021).

Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos DNIT (2006) ressalta que a restauração das panelas se caracteriza pela restauração pontual do revestimento asfáltico, sendo a deficiência estrutural das camadas inferiores uma possível causa. Assim, neste contexto deve ser realizado a execução da reparação das camadas subjacentes ao revestimento, sendo a base, sub-base e mesmo o subleito, quando necessário. Posto que, esse critério é de suma importância em relação a durabilidade dos reparos do pavimento, pois se essas camadas subjacentes forem atingidas e não forem reparadas, o defeito surge novamente e ainda de forma rápida. Em relação a isso as etapas executivas que devem ser seguidas são as seguintes:

- 1º Etapa: Sinalização

Nos locais adequados posicionar os equipamentos de sinalização e controle de tráfego.

- 2º Etapa: Demarcação da área

Com o auxílio de tinta, giz ou lápis cera, deve-se realizar a marcação com linhas retas na área a ser reparada, de modo a que seja retirada toda a parte afetada.

- 3º Etapa: Corte do material deteriorado

Efetua-se o corte do material afetado que, no caso do concreto asfáltico, tem de ser executado com a aplicação de compressor de ar equipado, com martetele e ponteiro tipo pá ou até mesmo picareta. O corte deve alcançar toda a espessura da camada de revestimento, dirigindo a escavação no sentido do centro do buraco para os bordos, posto que o corte deve ser feito até atingir a profundidade necessária que se alcance material estável, com intenção de possuir uma boa fundação para a restauração. Em relação ao fundo do corte, o mesmo deve ser nivelado.

- 4º Etapa: Limpeza do buraco

Em seguida, com a utilização de pás e ferramentas manuais realiza-se a remoção do material, onde o mesmo deve ser depositado em um local afastado do buraco, ressaltando que esse material não pode ser abandonado no acostamento, na pista e quaisquer outros locais inadequados. Assim, com o auxílio de jatos de ar comprimido remove-se o pó remanescente que se encontra no fundo da cava, sendo de suma importância a limpeza absoluta, sem nenhum material solto.

- 5º Etapa: Pintura de ligação

Finalizada a limpeza a seguir realiza-se a vistoria da cava para confirmar a remoção do material comprometido, logo a pintura de ligação nas paredes e no fundo da escavação são empregues fazendo uso de emulsão asfáltica ou asfalto diluído com o espargidor de asfalto ou dispositivo manual. Enfatizando, que se deve atentar a espessura da película ligante, na qual a mesma deve cobrir inteiramente as paredes e o fundo da cava.

- 6º Etapa: Lançamento e espalhamento da mistura betuminosa

Após a aplicabilidade da pintura de ligação, o material de reposição deve ser lançado. Independente da natureza ou a origem da mistura, sua confecção deve seguir as normas de execução adequadas e dosagens controladas. O lançamento



da mistura na cava deve ser feita com pás quadradas lançadas no sentido dos bordos para o meio, dado que esse lançamento não pode ser realizado com o basculamento do material, pois ocasionaria a segregação dos grãos mais graúdos do agregado. Outro ponto a se atentar relaciona-se a espessura da camada, onde a mesma não deve ultrapassar 10 cm, demandando que para camadas mais profundas o lançamento seja feito em etapas de 10 cm. Assim, após o lançamento do material, realiza-se o espalhamento do mesmo com auxílio de um ancinho umedecido com óleo, para que assim evite a formação de torrões. Realça-se que, quando lançado a quantidade de material deve-se contar com um pequeno excesso, pois devido a compactação ocorre rebaixamento no local.

- 7º Etapa: Compactação da mistura betuminosa

Se dá início a compactação após realizado a conferência de que não há material em excesso no local, assim realizando a compactação junto das paredes verticais, percorrendo em direção ao meio. Deve ser averiguado a planicidade entre o pavimento antigo e o local onde está sendo compactado, visto que, não deve possuir ressalto entre os mesmos. Os equipamentos que podem ser utilizados na compactação do pavimento são: rolo liso vibratório, rolo liso comum, placa vibratória e socador manual.

- 8º Etapa: Limpeza do local

Finalizado a compactação em seguida realiza-se a limpeza da área, a qual engloba a retirada de todas as sobras e resíduos, que deve ser depositados em locais apropriados. Ressaltando, que não pode ser realizado o lançamento dos resíduos em ruas, acostamentos e entre outros locais inadequados.

#### 5.4 – PROVÁVEIS CAUSAS DA PATOLOGIA PANELA ESTUDADA

Através do acompanhamento do processo de recuperação da patologia panela se pode verificar possíveis causas prováveis:

- Ação da água devido a infiltração: nesse caso observou-se escoamento de água na rua, conforme anexo 2 onde próximo a patologia havia despejo de água servida, ou seja, a água servida comporta componentes químicos que propiciam estragos relevantes no material asfáltico, o que faz com que ele se desintegre e tenha a sua vida útil diminuída. Além disso, evidencia-se que a água superficial possui acesso por meio das trincas facilitando o alcance nas

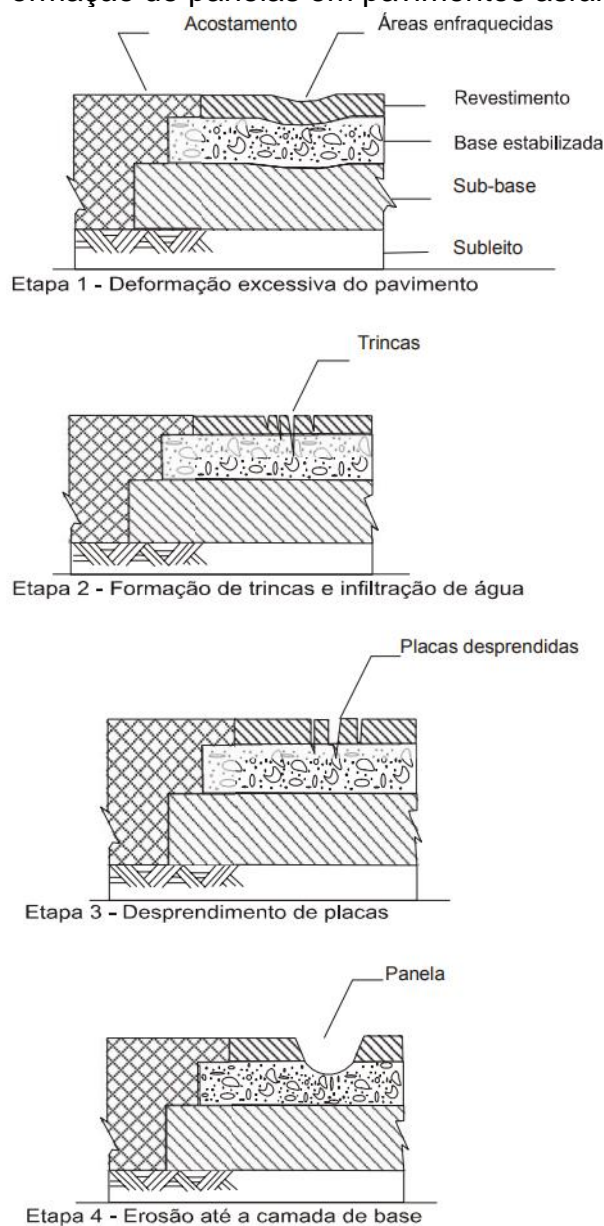
camadas do pavimento, visto que, a água sob pressão carrega o material mais fino da base e conseqüentemente piora o problema;

- Falha estrutural: revestimento com espessura inferior e capacidade insuficiente para sustentação das camadas inferiores;
- Trincamento por fadiga: durante o processo de evolução ocorre a interligação que é a formação de pequenas placas sem vínculos e compostas de bordas deterioradas, logo devido a passagem das cargas de tráfego ocorre o deslocamento destas placas, acarretando na formação de painéis no revestimento;
- Desintegração localizada na superfície do pavimento: desgastes de severidade alta;
- Evolução dos defeitos; a delonga para a execução da recuperação asfáltica faz com que aumente a deterioração da patologia, desta forma acarretando em um tratamento tardio e com a necessidade de um procedimento de recuperação em uma patologia que apresenta um nível de severidade alto.
- Emprego de material de qualidade duvidosa: o material aplicado no pavimento não detém verificação de qualidade laboratorial;
- Massa asfáltica do tapa buraco diferente daquela já existente no pavimento; materiais diferentes aplicados, assim conseqüentemente obtêm-se vários pontos diferentes, como propriedades, trabalhabilidade, durabilidade e comportamento, sendo fatores que acabam comprometendo tanto o ponto recuperado quanto os arredores existentes.
- Deficiência construtiva: execução da operação tapa buraco fora das conformidades das normas técnicas.

Vale evidenciar, que o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos DNIT (2006) relata que o principal encarregado pelo surgimento de painéis frequentemente está relacionado com a perda de capacidade de suporte, causado devido a existência de água na fundação ou subdimensionamento da estrutura do pavimento. Assim como representada na Figura 44, nesse caso a seção enfraquecida exibe maiores deflexões sob carregamento do que outras seções, resultando em um desenvolvimento acelerado de trincas de fadiga, visto que, as mesmas possibilitam a infiltração de água, logo conseqüentemente a área estruturalmente enfraquecida se expande e assim se dá o surgimento da painél

como resultado da ação do tráfego e do enfraquecimento dos materiais. Desse modo, afirma que a deterioração amplia por causa da penetração de umidade, logo enfraquece a área próxima e aumenta o buraco. Contudo, a restauração é mais ampla nas camadas inferiores e a área envolvida é mais extensa do que é capaz de ser visualmente observado na superfície. Em relação a isso, seja qual for a operação de reparo nesta fase deve conter tanto a renovação do revestimento como das camadas subjacentes, visto que, caso não seja feito dessa forma a operação de reparo o mesmo é considerado como temporário.

Figura 44 - Formação de panelas em pavimentos asfálticos



Fonte: Manual de Pavimentação DNIT (2006).

## 5.5 – ALTERNATIVA DE MELHORA NO PROCEDIMENTO DE RECUPERAÇÃO DA PATOLOGIA ESTUDADA

Por meio de referenciais teóricos e acompanhamento in loco do procedimento de recuperação da patologia panela foi possível averiguar alternativas de melhora, assim como:

- Cumprimento do processo executivo: para que o serviço de tapa buraco seja eficiente, deve-se seguir corretamente todas as técnicas e procedimentos de execução, pois assim os resultados atingidos são de fato mais eficazes do que aqueles alcançados quando os procedimentos técnicos são executados de forma incorreta, sem disciplina e ordem.
- Estudo de análise das patologias: seguir a Norma do DNIT 005/2003 – TER sobre o levantamento para análise de patologias, assim obtendo a averiguação por meio da norma de qual patologia em questão se trata;
- Controle tecnológico da pavimentação: aprimorar a gestão de qualidade do setor de pavimentação, assim se atentando na seleção de materiais, projeto das misturas, dimensionamento da estrutura do pavimento e teste laboratorial da massa asfáltica;
- Intervenção no escoamento de água servida: no trecho que haver despejo de água servida e solicitação de recuperação do pavimento deve ser realizado primeiramente a intermitência do escoamento da água em questão, para posteriormente o pavimento ser recuperado.

## CONCLUSÃO

Este trabalho propôs avaliar o processo de recuperação da patologia panelas no município de Ariquemes/RO. Tal estudo identificou pontos presente no processo de recuperação da patologia, que se mostram prejudiciais na eficácia total dessa recuperação. A identificação e a análise desse processo possibilitaram compreender, através da literatura, as maneiras eficientes para seu desenvolvimento na pavimentação asfáltica.

Dessa forma, o objetivo principal do estudo foi alcançado, sendo avaliado o processo de recuperação da patologia panela empregado na rua tiradentes, setor 09 com auxílio de pesquisas bibliográficas. Com base nos dados coletados e estudos realizados, conclui-se que para uma maior vida útil do pavimento necessita-se de manutenções constantes com o intuito de impedir um grau elevado de deterioração e a execução correta e de qualidade da recuperação do pavimento, visto que, realizado de forma correta assegura maior segurança aos que trafegam nas vias e vida útil superior ao pavimento.

Por fim, vale salientar que se espera que o presente trabalho contribua para o progresso de projetos de engenharia civil, interpretações profissionais e demais atividades de cunho científico. Outrossim, vale ressaltar que, o desenvolvimento de futuros trabalhos que transpassem assuntos referente a pavimentação asfáltica é de suma importância e essencial, levando em consideração que a tecnologia e o desenvolvimento asfáltico sofrem evolução constantemente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADADA, Lucas Bach. **Programa de integração e capacitação** – DER/ 2008.

ASPHALT INSTITUTE. **The asphalt handbook Manual series nº 4**. Lexington, KY, USA, 1987. Versão traduzida, 2002.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentos asfálticos: patologias e manutenção**. São Paulo: Plêiade, 1997.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projetos e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani ; MOTTA, Laura Maria Goretti da ; CERATTI, Jorge Augusto Pereira ; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS : ABEDA, 2007.

BERNUCCI, Liedi Bariani. **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobrás: Abeda, 2006.

CARVALHO FILHO, José dos Santos. **Comentários ao Estatuto da Cidade**. Ed. Lumen Juris, 2009.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura De Transporte. **DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Terminologia**. 2003.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura De Transporte. **DNIT 153/2010 – ES: Pavimentação asfáltica – Pré- misturado a frio com emulsão catiônica convencional – Especificação de serviço**. 2010.

DNIT. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Restauração de pavimentos asfálticos** - 2. ed. -Rio de Janeiro, 2005.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de pavimentação**. 3 ed. Rio de Janeiro, 2006. (IPR. Publ., 719).

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

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

Lei Municipal de nº 2.341, de 17 de dezembro de 2019. **DISPÕE SOBRE O PLANO DIRETOR PARTICIPATIVO DE ARIQUEMES E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS** – Ariquemes, 2019.

MATTOS, João Rodrigo Guerreiro. **Monitoramento e análise do desempenho de pavimentos flexíveis da ampliação da rodovia BR-290/RS: A implantação do projeto Rede Temática de Asfalto no Rio Grando do Sul**. 2014. 250 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

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

MOURA, E. **Transportes e Obras de Terra Movimento de Terra e Pavimentação: Apostila de Projeto de Pavimento**. 2º semestre/2014.

PINTO, Victor Carvalho. **Direito Urbanístico – plano diretor e direito de propriedade**. 4ª edição. Ed. RT, 2014.

SAMPAIO, Philippe Ribeiro. **Utilização do revestimento em CBUQ em pavimentos de vias urbanas – Estudo de defeitos no revestimento em uma rua da cidade de Aracaju**. 2017. 72 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Instituto Federal de Sergipe, Aracaju.

SANTANA, Humberto. **Manual de pré-misturados a frio**. Rio de Janeiro: IBP / Comissão de Asfalto, 1992.

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

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

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

TRICHÊS, G.; CARDOSO, A.B. **Avaliação da capacidade de aterros e subleito de rodovias e utilizando o penetrômetro dinâmico de cone e a viga Benkelman**. In: Transporte em transformação. São Paulo: Makron Books, 2001. v. 1.

TRICHÊS, G.; FONTES, L.P.T.L.; DAL PAI, C.M. **Procedimentos técnicos para o emprego do cone de penetração e investigação de pavimentos urbanos**. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 35., 2004, Rio de Janeiro. Anais... v. 1.

VEGGI, Edgar dos Santos; MAGALHÃES, Sérgio Luiz M. **Análise comparativa de custos entre concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ) e tratamento superficial duplo (TSD)**. E&S - Engineering and Science, Cuiabá, out. 2014, v. 2.

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

**ANEXOS**

ANEXO 1 – OFÍCIO PARA SOLICITAR A AUTORIZAÇÃO DE VISITA E ACOMPANHAMENTO DE SERVIÇOS DE TAPA BURACO EM ARIQUEMES/RO





FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE  
Instituto Superior de Educação – ISE/FAEMA

Portaria MEC de Recredenciamento Nº. 857, de 11/09/2013, D.O.U. de 12/09/2013.

Ariquemes, 04 de maio de 2021.

Ofício

Ilm. Senhor  
Marcos Venicio Araújo Raposo

Cumprimentando-o com especial apreço, venho por meio deste solicitar a autorização para visita e acompanhamento de serviços de tapa buraco nas dependências de “Ariquemes” para a realização de Trabalho de Conclusão de Curso com tema “DIAGNÓSTICO E PROCEDIMENTO DE RECUPERAÇÃO DA PATOLOGIA PANEAS APRESENTADAS NA PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA NO MUNICÍPIO DE ARIQUEMES/RO” que será desenvolvido pela acadêmica Eduarda de Sousa Neto e o seguinte professor orientador Esp. Bruno Dias de Oliveira, na Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA.

Certos de contar com vossa participação, ficamos a disposição para esclarecimentos de quaisquer dúvidas.

Sendo o que tínhamos, subscrevo-me, externando nossos votos de consideração e respeito.

Atenciosamente,

Assinado digitalmente por: Silênia Priscila da Silva Lemes  
Razão: Sou responsável pelo documento  
Localização: FAEMA - Ariquemes/RO  
O tempo: 04-05-2021 19:14:07

---

**Ms. Silênia Priscila da Silva Lemes**  
**Coord. do Curso de Engenharia Civil**

Assinado digitalmente por: Bruno Dias de Oliveira  
Razão: Professor responsável pelo documento  
Localização: FAEMA - Ariquemes/RO  
O tempo: 04-05-2021 19:26:49

---

**Bruno Dias de Oliveira**  
**Orientador**

ANEXO 2 – ESCOAMENTO DE ÁGUA SERVIDA NA RUA TIRADENTES ONDE FOI REALIZADO O ESTUDO





## RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO DE PLÁGIO

**DISCENTE:** Eduarda de Sousa Neto

**CURSO:** Engenharia Civil

**DATA DE ANÁLISE:** 24.08.2021

### RESULTADO DA ANÁLISE

#### Estatísticas

Suspeitas na Internet: **8,52%**

Percentual do texto com expressões localizadas na internet ⚠️

Suspeitas confirmadas: **5,42%**

Confirmada existência dos trechos suspeitos nos endereços encontrados ⚠️

Texto analisado: **89,91%**

*Percentual do texto efetivamente analisado (frases curtas, caracteres especiais, texto quebrado não são analisados).*

Sucesso da análise: **100%**

*Percentual das pesquisas com sucesso, indica a qualidade da análise, quanto maior, melhor.*

Analisado por Plagius - Detector de Plágio 2.4.11  
quinta-feira, 26 de agosto de 2021 17:05

### PARECER FINAL

Declaro para devidos fins, que o trabalho da discente **EDUARDA DE SOUSA NETO**, n. de matrícula **26572**, do curso de Engenharia Civil, foi **APROVADO** na verificação de plágio, com percentagem conferida em 8,52%, devendo a aluna fazer as correções necessárias.

**HERTA MARIA DE AÇUCENA DO N. SOEIRO**

**Bibliotecária CRB 1114/11**

Biblioteca Júlio Bordignon

Faculdade de Educação e Meio Ambiente