

## **ESTUDO DE PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS DE VIAS DO MUNICÍPIO DE JOINVILLE - SC**

MACENHAN, Francieli Corrêa Santos <sup>1</sup>

SOUZA, Fernando Raoni Peixoto <sup>2</sup>

FARIA, MSc. Michela Steluti Poleti <sup>3</sup>

### **RESUMO**

O presente estudo retrata uma análise sobre as patologias existentes em pavimento flexível. A pesquisa foi realizada em duas vias do bairro Boa Vista na cidade de Joinville – SC. A extensão da trajetória analisada possui cerca de 6,9 km, com início na Rua Prefeito Helmuth Fallgatter – em frente ao Hospital Regional Hans Dieter Schmidt – e término na Rua Albano Schmidt nº 3960. No trecho analisado foram encontradas diversas patologias, como panelas ou buracos, remendos e trincas, e que foram intensificadas pelas chuvas, pelo uso excessivo das vias por parte da população local e pela circulação de caminhões com cargas muito pesadas. Das muitas manifestações patológicas encontradas, as de maior incidência foram as trincas tipo couro de “jacaré” e as mais preocupantes foram as panelas ou buracos, pois estas além de causar desconforto a quem utiliza as vias são capazes de causar acidentes e danos mecânicos aos automóveis. Após identificadas as patologias e suas possíveis causas, foram feitas as considerações e sugestões de possíveis reparos para contribuir com a melhoria das vias, como a aplicação de concreto asfáltico e micro revestimento asfáltico em alguns pontos. Observou-se também a necessidade de uma análise minuciosa em um dos pontos analisados, no qual circulam caminhões carregados. Considera-se que provavelmente este trecho não foi dimensionado para o recebimento de esforços provenientes da circulação de cargas pesadas, desta forma havendo necessidade de redimensionar as camadas inferiores ao revestimento.

**Palavras-chave:** Pavimento; Patologias; Pavimentos flexíveis.

### **1. INTRODUÇÃO**

O pavimento é conceituado por Bernucci et al. (2010) como a uma estrutura de múltiplas camadas construída sobre o solo preparado com a finalidade de resistir às cargas sobre ele aplicada, advindos do tráfego de veículos, deve resistir às intempéries e fornecer conforto e segurança aos usuários.

<sup>1</sup> Francieli Corrêa Santos Macenhan, graduanda do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, jkfrancieli@hotmail.com; <sup>2</sup> Fernando Raoni Peixoto Souza, graduando do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNISOCIESC, fernandoraoni445@gmail.com; <sup>3</sup> Michela Steluti Poleti Faria, orientadora: Mestre, Centro Universitário UNISOCIESC, michela.steluti@unisociesc.com.br

A principal função do pavimento é permitir o tráfego de forma segura e confortável em todo o seu ciclo útil de vida. A estrutura de pavimentação é responsável por uma variedade de benefícios a sociedade, pois permite a ligação com outros municípios, facilita o acesso da população a diversos serviços, lazer, trabalhos, ou simplesmente proporciona melhor ferramenta de deslocamento.

Com o passar do tempo e o uso, é comum aparecerem patologias nos pavimentos. Os defeitos mais comuns encontrados em pavimentação asfáltica e que são catalogados pela norma, podem ser classificados como: fendas, afundamentos, ondulação ou corrugação, escorregamento, exsudação, desgaste, panela ou buraco e remendo, segundo a norma Brasileira DNIT 005 (2003).

Isto posto, esse artigo tem como objetivo estudar os tipos de patologias decorrentes em um pavimento, pontuar as causas desses defeitos nos pavimentos e associar soluções aos defeitos encontrados na Rua Prefeito Helmuth Fallgatter – em frente ao Hospital Regional Hans Dieter Schmidt – e na R. Albano Schmidt, 3960, na cidade de Joinville em Santa Catarina, no estado de Santa Catarina.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Nesse capítulo serão explanadas temáticas relacionadas aos tipos de pavimentações utilizadas no Brasil e suas principais patologias.

### **2.1. PAVIMENTOS**

Pavimentos asfálticos são estruturas de múltiplas camadas com funções específicas, sendo que o revestimento é a camada que irá receber a carga de veículos e também está diretamente exposta as ações e intempéries climáticas. Destarte, a camada de revestimento deve ser impermeável e resistente aos esforços de contato pneu-pavimento em movimento (BERNUCCI, et al., 2006).

O dimensionamento da espessura do pavimento vai depender de fatores como os estudos de tráfego, estudos geotécnicos e materiais a serem utilizados (SOLANKI, 2017).

No Brasil, podemos identificar que a maioria dos revestimentos em pavimentos são compostos por uma mistura de agregados minerais de vários tamanhos, que podem variar quanto a sua fonte de origem. Também temos a

presença de ligantes asfálticos que são responsáveis por garantir os requisitos de impermeabilidade, flexibilidade, estabilidade, durabilidade, resistência à derrapagem, resistência à fadiga e ao trincamento térmico (BERNUCCI, et al., 2006). Estas variáveis devem ser analisadas e planejadas de acordo com o clima e tráfego previstos para o local (FALEIROS, 2005).

### **2.1.1. Tipos de pavimentos asfálticos**

Dentre os tipos de pavimentos asfálticos utilizados no Brasil, encontramos o pavimento flexível, rígido e semirrígido. As definições de cada tipo de pavimento e suas especificidades podem ser analisadas a seguir:

**Pavimentos rígidos:** Pode ser entendido como o tipo de pavimento em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado. Possui em sua maior característica o módulo de elasticidade do Concreto Portland Pozolânico que é bem elevado, e ainda pode receber um reforço através da utilização de alguns materiais como barras e telas de aço (DNIT, 2006).

**Pavimentos flexíveis:** Pode ser entendido como o tipo de pavimento em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado. Portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas (DNIT, 2006). Os pavimentos flexíveis podem sofrer com degradações ao longo dos anos o que pode contribuir para a diminuição da qualidade estrutural e funcional do pavimento. Entende-se que dois grupos de fatores podem influenciar a degradação do pavimento: os fatores passivos e os fatores ativos. Os primeiros dependem do pavimento, das espessuras de camada, do material e da qualidade de construção. Já os fatores ativos dependem das ações do tráfego e do clima (PEREIRA & MIRANDA, 1999).

**Pavimentos semirrígidos:** De menor utilização no Brasil, é um tipo de pavimento de situação intermediária entre os pavimentos rígidos e flexíveis. É o caso das misturas solo-cimento, solo-cal, solo-betume, dentre outras, que apresentam razoável resistência à tração (DNIT, 2006).

### 2.1.2. Comparativo entre pavimentos rígidos e flexíveis

Os tipos mais comuns de pavimentos utilizados no Brasil são os rígidos e os flexíveis. A principal diferença entre eles está na distribuição da tensão nas camadas subjacentes, observa-se que a pavimentação do tipo flexível funciona como camada de rolamento, e quem absorve os esforços devido ao tráfego é a fundação. Já na pavimentação do tipo rígida, a camada de rolamento também funciona como estrutura, redistribuindo os esforços e diminuindo a tensão imposta à fundação (DNIT, 2006). O quadro 1 apresenta um comparativo entre os dois tipos de pavimentos.

**Quadro 1 – Análise comparativa entre pavimentos**

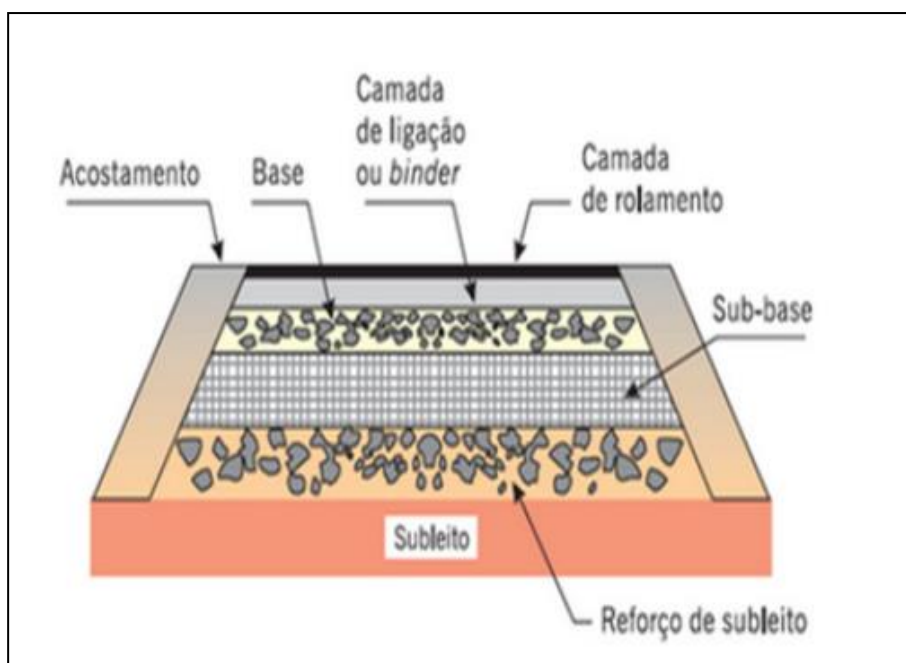
| Item analisado                         | Comparativo entre os pavimentos                                                                |                                                                                                                           |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                        | Pavimentos rígidos                                                                             | Pavimentos flexíveis                                                                                                      |
| <b>Estrutura</b>                       | Possui uma estrutura mais fina de pavimento.                                                   | Conta com estruturas mais espessas e múltiplas (requer maior escavação e movimento de terra)                              |
| <b>Resistência a produtos químicos</b> | Possui resistência a ataques químicos (óleos, graxas, entre outros).                           | Pode ser afetado pela presença de produtos químicos.                                                                      |
| <b>Visibilidade</b>                    | Apresenta maior distância de visibilidade horizontal, o que garante maior segurança.           | A visibilidade acaba sendo bastante reduzida durante a noite ou em condições climáticas adversas.                         |
| <b>Manutenção</b>                      | Pouca necessidade de manutenção e conservação.                                                 | Necessidade constante de manutenções e recuperações de trechos.                                                           |
| <b>Aderência</b>                       | Pouca aderência de marcações viárias, devido à baixa porosidade.                               | Maior aderência de marcações viárias.                                                                                     |
| <b>Vida útil</b>                       | Longa vida útil, mais de 20 anos.                                                              | Baixa vida útil, cerca de 10 anos.                                                                                        |
| <b>Segurança</b>                       | Maior segurança frente a possível derrapagem.                                                  | Superfície muito escorregadia.                                                                                            |
| <b>Cor</b>                             | Geralmente possui coloração mais clara, diminuindo custos de iluminação da via.                | Possui cor escura, com baixa reflexão da luz.                                                                             |
| <b>Material</b>                        | Concreto feito com mistura a frio, com consumo de energia elétrica para realização da mistura. | Derivado do petróleo importado, normalmente misturado a quente. Consome óleo combustível.                                 |
| <b>Resistência a intempéries</b>       | Mantém íntegra a camada de rolamento, é pouco afetado pelas intempéries.                       | Chuvas abundantes ou altas temperaturas podem causar degradação.                                                          |
| <b>Drenagem</b>                        | Possui características que facilitam a drenagem superficial.                                   | Absorve a umidade com rapidez, pode reter a água o que implica na necessidade de maiores caimentos no desenho do projeto. |

Fonte: Adaptado do manual do DNIT 2006

### 2.1.3. Camadas do pavimento flexível

Os principais materiais constituintes do pavimento flexível são material asfáltico (aglutinantes), agregado graúdo (pedra ou seixo rolado) e agregado miúdo (areia ou pó de pedra). Este pavimento é construído em forma de camadas (ROCHA E FILHO, 2018), conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1 – Camadas do pavimento flexível



Fonte: Rocha e Filho (2018)

O revestimento é a camada que tem como função principal a absorção de cargas estáticas ou dinâmicas, sem sofrer grandes modificações elásticas, desagregação de componentes ou perda de compactação. Portanto, esta camada necessita ser composta de materiais bem aglutinados e dispostos a evitar sua movimentação horizontal (BALBO, 2016).

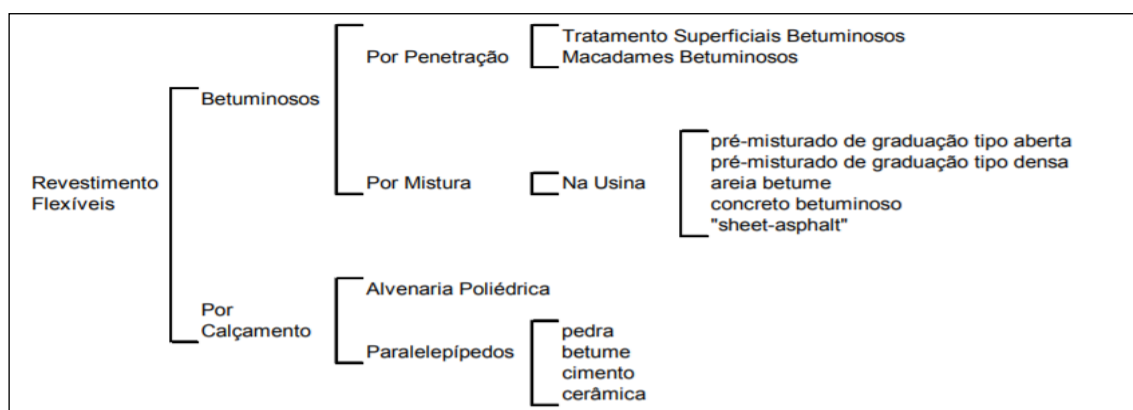
De acordo com Balbo (2016, p.36), os revestimentos asfálticos são muitas vezes divididos em duas ou mais camadas por procedimentos construtivos e de custo:

“Camada de rolamento: é a camada superficial do pavimento, diretamente exposta em contato com as cargas e com ações ambientais;  
Camada de ligação: é a camada mediadora, também em mistura asfáltica, entre a camada de rolamento e a base do pavimento flexível;  
Camada de nivelamento: é a primeira camada de mistura asfáltica empregada na execução de reforços (recapeamento), com a função de

corrigir os desníveis em pista, afundamentos localizados, enfim, nivelar o perfil para posterior execução da nova camada de rolamento;  
 Camada de reforço: nova camada de rolamento, após anos de uso do pavimento flexível existente, executada por razões funcionais, estruturais ou as duas. Conhecida popularmente como: “Recape”, recapeamento ou “pano asfáltico”.

Diferentes tipos de revestimentos podem ser utilizados para construção do pavimento flexível. Na Figura 2 é apresentado um fluxograma que representa a construção e escolha do tipo de revestimento utilizado.

**Figura 2 – Tipos de revestimentos utilizados no pavimento flexível**



Fonte: Adaptado do manual do DNIT 2006

Os revestimentos flexíveis betuminosos são constituídos por associação de agregados e materiais betuminosos, sendo que, esta associação pode ser feita por penetração ou mistura.

A associação feita por penetração pode ser do tipo invertida – revestimentos executados através de uma ou mais aplicações do material betuminoso, seguida pelo número idêntico de operações de espalhamento e compressão de camadas de agregados com granulometrias apropriadas – (DNIT, 2006). A associação pode ser realizada também pela penetração direta – revestimento executado através do espalhamento e compactação de camadas de agregados com granulometria apropriada, sendo cada camada após compressão submetida a uma aplicação de material betuminoso e por último recebendo uma aplicação final de agregado miúdo – (DNIT, 2006).

Nos revestimentos betuminosos por mistura, o agregado é pré envolvido com o material betuminoso antes da compressão (BALBO, 2016).

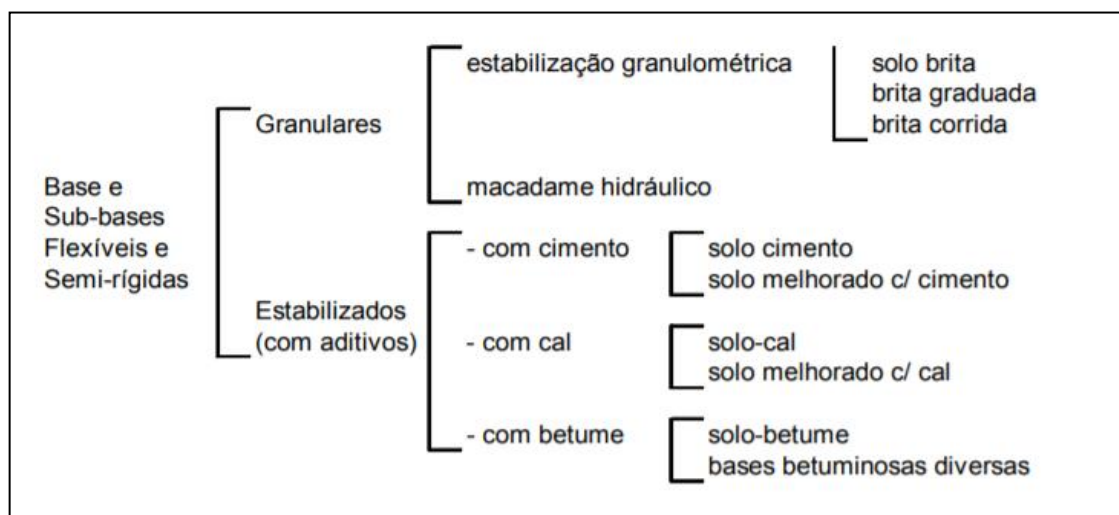
A utilização de revestimentos por calçamento teve queda considerável a partir do momento em que se intensificou a utilização de pavimentos asfálticos e de concreto. Em revestimentos com alvenaria poliédrica, observa-se a presença de camadas de pedras irregulares que são assentadas sobre um colchão de regularização que é constituído por material granular apropriado. Já o revestimento por paralelepípedos é realizado por blocos regulares de granito, gnaiss ou basalto que são assentados sobre um colchão de regularização que é constituído por material granular apropriado (DNIT, 2006).

As camadas de bases e sub-bases são necessárias para aliviar as pressões sobre as camadas de solo inferiores e também podem realizar papel importante na drenagem sub-superficial dos pavimentos. Portanto, a função da base é distribuir os esforços para as camadas inferiores. Quando a camada de base é muito espessa, procura-se por razões econômicas e construtivas para dividi-la em duas camadas, criando assim uma sub-base que geralmente possui menor custo (BALBO, 2016).

“As bases podem ser constituídas por solo estabilizado naturalmente, misturas de solos e agregados (solo-brita), brita graduada, brita graduada tratada com cimento, solo estabilizado quimicamente com ligante asfáltico, concreto, etc. Para as sub-bases, podem ser utilizados os mesmos materiais citados para o caso de bases. No caso de solos estabilizados quimicamente, o consumo de aglomerantes são pequenos” (BALBO, 2016, p.38).

Na Figura 3 é apresentado um esquema sobre a classificação das bases e sub-bases do pavimento asfáltico flexível.

**Figura 3 – Classificação das bases e sub-bases do pavimento flexível**



Fonte: Adaptado do manual do DNIT 2006

A camada de reforço do subleito serve para melhorar e regularizar a espessura da sub-base. Esta camada é estabilizada granulometricamente e executada sobre o subleito devidamente compactado e regularizado. Na prática, utiliza-se o reforço do subleito quando é necessário reduzir espessuras elevadas da camada de sub-base, originadas pela baixa capacidade de suporte do subleito (DNIT, 2006).

“O emprego da camada de reforço de subleito não é obrigatório, pois espessuras maiores de camadas superiores poderiam, em tese, aliviar as pressões sobre um subleito de pequena resistência a esforços verticais. Contudo, procura-se utilizá-lo em tais circunstâncias por razões econômicas, pois subleitos de resistência baixa exigiriam para os pavimentos flexíveis, camadas mais espessas de base e sub-base” (BALBO, 2016, p.38).

É o terreno de fundação do pavimento. Quanto ao subleito, os esforços impostos sobre sua superfície serão aliviados em sua profundidade, portanto, deve-se ter maior preocupação com seus estratos superiores, onde os esforços solicitantes atuam com maior intensidade. O subleito será constituído de material natural consolidado e compactado (no caso de corte do corpo da estrada) ou por um material transportado e compactado, que é no caso dos aterros” (BALBO, 2016).

## 2.2. PATOLOGIAS DOS PAVIMENTOS

Segundo Bernucci et al. (2010), a avaliação dos defeitos ocorrentes na superfície é a informação mais importante para a definição da condição de um pavimento, podendo aparecer precocemente, devido a erros ou inadequações, ou a médio ou ainda em longo prazo, devido à utilização pelo tráfego e efeitos das intempéries.

A norma do DNIT 005 (2003) aponta que as degradações superficiais ou deformações que podem ser vistas a olho nu constituem os defeitos de superfície dos pavimentos flexíveis.

Os defeitos podem ser classificados em duas classes: Classe Estrutural, que está relacionada com a perda da capacidade, do pavimento suportar cargas solicitantes e Classe funcional, quando está relacionada com a qualidade de rolamento e segurança do pavimento (BERNUCCI, et al., 2010).

### 2.2.1. Tipos de patologias

Segundo a norma Brasileira DNIT 005 (2003), os defeitos mais comuns encontrados em pavimentação asfáltica podem ser classificados como fendas (trincas), afundamentos, ondulação ou corrugação, escorregamento, exsudação, desgaste, panela ou buraco e remendo.

#### 2.2.1.1. Fendas

As fendas podem ser entendidas como a descontinuação do pavimento que podem gerar aberturas de maior ou menor porte, apresentando-se na forma de fissuras – fenda inicial de largura capilar posicionada longitudinal, oblíqua ou transversalmente ao eixo da via que ainda não apresentou problema no revestimento. As principais causas para ocorrência de fendas são a má dosagem do asfalto, excesso de finos (ou material de enchimento) no revestimento, compactação excessiva ou em momento inadequado DNIT 005 (2003).

Conforme aponta Bernucci et al. (2010), as fendas podem ser caracterizadas como aberturas na superfície do pavimento e classificam-se de acordo com o tamanho da sua abertura. Quando a abertura é inferior a 1,5cm elas são denominadas fissuras e quando a abertura é maior e são denominadas como trincas.

As trincas são um tipo comum de defeito, conforme demonstra a Figura 4, é facilmente visível a olho nu, com uma abertura superior à da fissura, podendo-se apresentar sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada. As principais causas para a ocorrência de trincas são a contração da capa asfáltica causada devido a baixas temperaturas ou ao endurecimento do asfalto, propagação de trincas nas camadas inferiores à do revestimento da estrada DNIT 005 (2003).

As trincas longitudinais também são um tipo de defeito do tipo fenda, apresentam direção predominante paralela ao eixo da via, podem ser classificadas em longas ou curtas. Quando apresentam extensão de até 100 cm é denominado trinca longitudinal curta. Quando a extensão for superior a 100 cm denomina-se trinca longitudinal longa. (DNIT, 2005). Prováveis causas para a ocorrência de trincas longitudinais:

“Junta de construção malfeita; Contração/dilatação do revestimento devido ao gradiente técnico ou envelhecimento do asfalto; Propagação das trincas existentes nas camadas subjacentes, como por exemplo, das bases tratadas com cimento ou juntas de revestimentos rígidos (trincas de propagação)” (DNIT, 2005, p.377).

A trinca do tipo couro de jacaré é também um tipo de fenda que pode ser entendida como o “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” (DNIT, 2005, p.378).

As prováveis causas de suas ocorrências são:

“Colapso do revestimento asfáltico devido à repetição das ações do tráfego; Subdimensionamento ou má qualidade da estrutura de uma das camadas do pavimento; Baixa capacidade de suporte do solo; Envelhecimento do pavimento (fim da vida); Asfalto duro ou quebradiço” (CNT, 2017, p.85)

Na Figura 4 são ilustradas alguns dos tipos de defeitos envolvendo fendas e trincas.

**Figura 4 – Fendas: (a) Trincas em blocos; (b) Trincas de retração; (c) Trincas longitudinais curtas; Trincas tipo couro de jacaré**



Fonte: BERNUCCI, et al., 2010

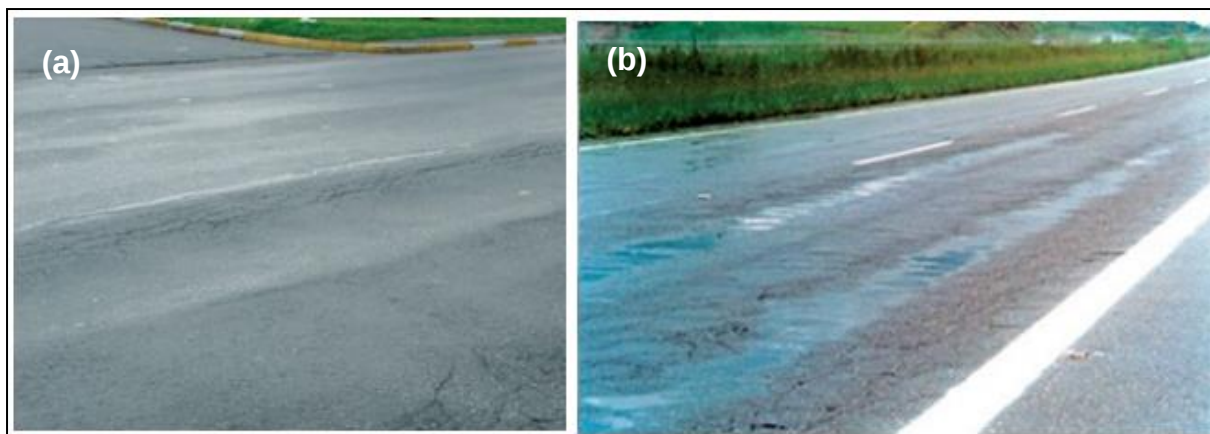
### 2.2.1.2. Afundamento

Afundamento pode ser entendido como o processo de 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 (BERNUCCI, et al., 2010).

O afundamento plástico, como ilustra a Figura 5 (a), ocorre quando as depressões são decorrentes principalmente da fluência do revestimento asfáltico, podendo ser localizado ou longitudinal nas trilhas de roda. O afundamento por consolidação, como ilustra a Figura 5 (b), ocorre quando as depressões ocorrem por consolidação diferencial, podendo ser localizado quando a extensão não supera 6 metros de extensão, ou longitudinal nas trilhas de roda no caso que exceda 6 metros de extensão, DNIT 005 (2003). As prováveis causas para a ocorrência de afundamentos:

“Compactação insuficiente de uma ou mais camadas durante a construção; Mistura asfáltica inadequada (com baixa estabilidade); Enfraquecimento de uma ou mais camadas devido à infiltração de água” (DNIT, 2005, p.380).

**Figura 5 – Afundamentos: (a) Afundamento plástico e (b) Afundamento por consolidação**



Fonte: BERNUCCI, et al., 2010

### 2.2.1.3. Ondulação ou corrugação

É o tipo de deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais de caráter plástico e permanente na superfície do pavimento. As ondulações são deformações transversais ao eixo da pista, em geral decorrentes da

consolidação diferencial do subleito, com depressões intercaladas de elevações com comprimento de onda entre duas cristas da ordem de metros. Diferente das corrugações apresentam comprimento de onda de ordem de alguns centímetros ou dezenas de centímetros. Ambas são decorrentes de fenômenos diferentes (DNIT, 2005). Prováveis causas para a ocorrência de ondulações ou corrugações:

“Instabilidade da mistura betuminosa da camada de revestimento e/ou a base de um pavimento; Excesso de umidade das camadas subjacentes; Contaminação da mistura asfáltica por materiais estranhos; Retenção de água na mistura asfáltica” (DNIT, 2005, p.381).

Corroborando com tais afirmações, Bernucci et al. (2010), denominam as corrugações como deformações transversais ao eixo da pista, e podem conter depressões no decorrer do pavimento, como mostra a Figura 6.

**Figura 6 – Corrugação**



Fonte: BERNUCCI, et al., 2010

#### 2.2.1.4. Escorregamento

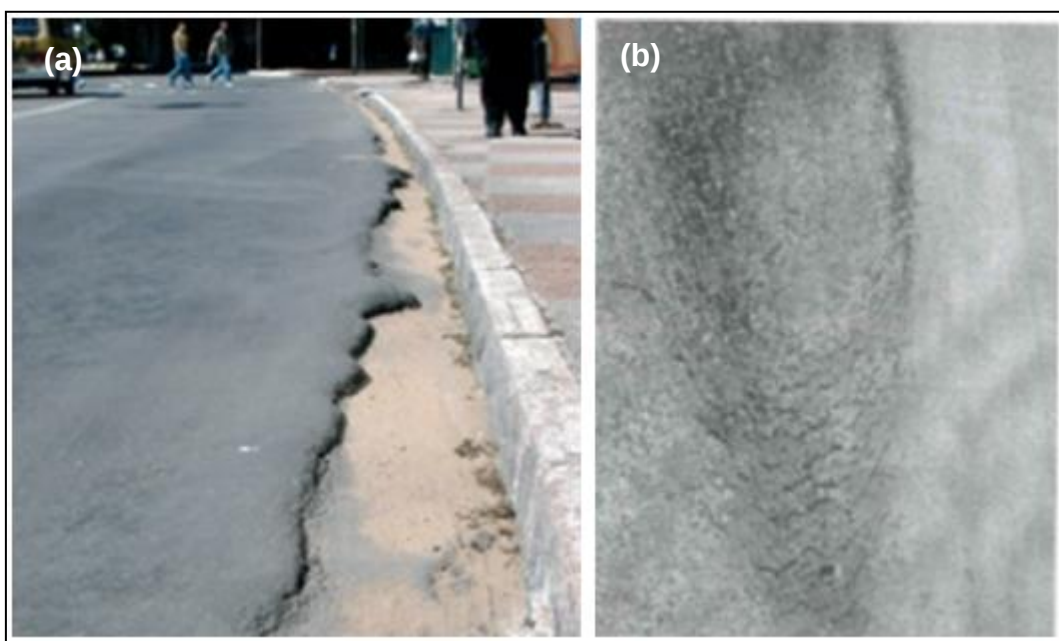
Escorregamento pode ser entendido como o deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento com aparecimento de fendas em meia-lua (BERNUCCI, et al., 2010).

De acordo com Silva (2008) o escorregamento ocorre principalmente onde existem áreas de frenagem, pois o veículo causa o deslizamento da massa asfáltica. As prováveis causas para a ocorrência de escorregamento são:

“Ligação inadequada entre o revestimento e a camada sobre a qual este se apoia (deficiências na imprimação ou pintura de ligação); Limitada inércia do revestimento asfáltico devido à pequena espessura; Compactação deficiente das misturas asfálticas ou da porção superior da camada de base; Fluência plástica do revestimento na ocorrência de altas temperaturas” (DNIT, 2005, p.382).

A Figura 7 são ilustra os defeitos envolvendo escorregamento.

**Figura 7 – Escorregamento**



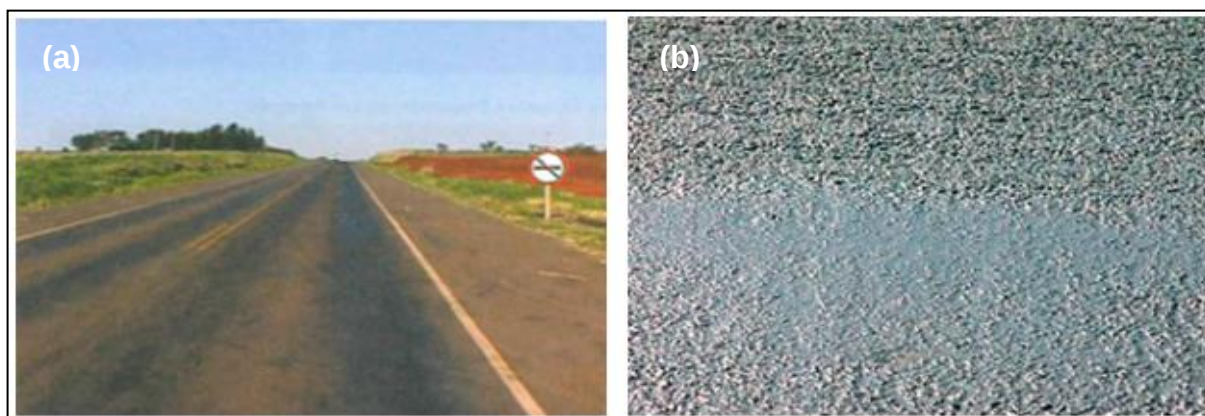
Fonte: (a) BERNUCCI, et al., 2010 e (b) Silva (2008)

#### 2.2.1.5. Exsudação

A exsudação é entendida pelo excesso de ligante betuminoso na superfície, ocasionando o surgimento de manchas escurecidas, decorrente em geral pela migração do ligante através do revestimento. A principal causa para ocorrência de exsudação é a excessiva quantidade de ligante (DNIT, 2005).

De acordo com Silva (2008) a exsudação ocorre quando, devido ao calor o asfalto dilata e então não tem espaço para ocupar, então ele exsuda através do revestimento, como pode ser analisado na Figura 8.

**Figura 8 – Exsudação: (a) Exsudação e (b) Detalhe de Exudação**



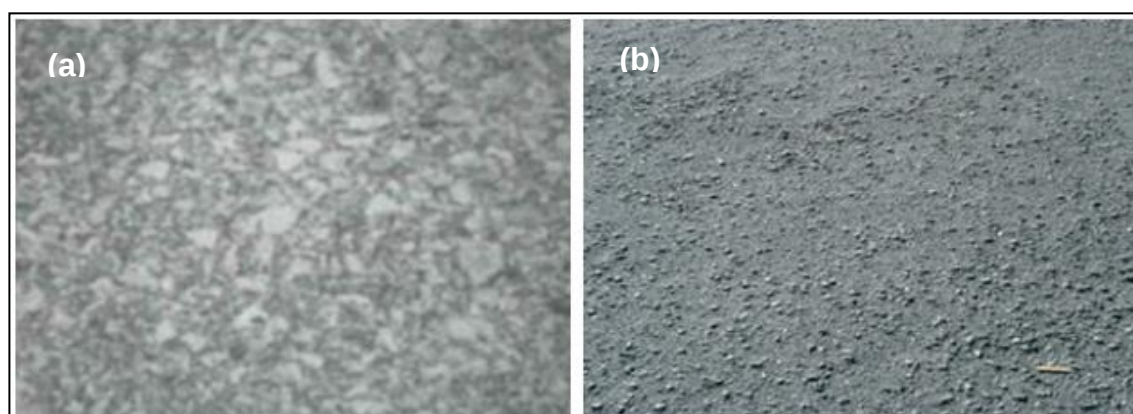
Fonte: (a) Silva (2008) e (b) BERNUCCI, et al., 2010

#### 2.2.1.6. Desgaste

O desgaste, de acordo com DNIT (2005), ocorre pelo desprendimento de agregados da superfície caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego, conforme mostra a Figura 9.

De acordo com Silva (2008), o desgaste que ocorre na superfície do pavimento é uma associação do tráfego com o intemperismo.

**Figura 9 – Desgaste**



Fonte: (a) Silva (2008) e (b) BERNUCCI, et al., 2010

As principais causas para ocorrência do desgaste são as falhas de adesividade ligante-agregado, presença de água aprisionada e sobreposição em vazios da camada de revestimento, gerando deslocamento de ligante, deficiência no teor de ligante, problemas executivos ou de projeto de misturas (DNIT, 2005).

#### 2.2.1.7. Panela ou buraco

Os autores Bernucci et al. (2010), conceituam a panela ou buraco como uma cavidade no revestimento asfáltico que tem podem ou não atingir as camadas mais profundas do pavimento. Silva (2008), afirma que as panelas ou buracos são evoluções de outros defeitos do pavimento, como trincas, afundamentos e desgaste.

“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” (DNIT, 2005, p.321).

Na Figura 10 são ilustradas alguns dos tipos de defeitos envolvendo buracos ou panelas.

**Figura 10 – Buracos ou panelas**



Fonte: (a) Silva (2008), (b) e (c) BERNUCCI, et al., 2010

As principais causas para a ocorrência da panela ou buraco são trincas de fadiga – processo que ocorre devido ao acúmulo das solicitações do tráfego ao longo do tempo – desintegração localizada na superfície do pavimento, deficiência na compactação, umidade excessiva em camadas de solo e falha na imprimação (DNIT, 2005).

#### 2.2.1.8. Remendo

De acordo com o DNIT (2005) o remendo ocorre quando o revestimento asfáltico original foi retirado e substituído por outro.

“Remendos existentes são em geral considerados falhas, já que refletem o mau comportamento da estrutura original, gerando normalmente incremento na irregularidade longitudinal” (DNIT, 2005, p.385).

Corroborando com essa informação, Bernucci et al. (2010), enfatizam que o remendo é um defeito que está relacionado a uma conservação do pavimento e caracteriza-se pelo preenchimento com massa asfáltica, de painéis, orifícios ou qualquer tipo de depressão que houver sobre a superfície do pavimento.

A Figura 11 ilustra alguns dos tipos de defeitos envolvendo remendos.

**Figura 11– Remendos**



Fonte: BERNUCCI, et al., 2010

As principais causas para a ocorrência de remendos são carga de tráfego, emprego de material de má qualidade, ação do meio ambiente e má construção.

### **3. METODOLOGIA**

Esta etapa apresenta o ambiente da pesquisa, os materiais utilizados e a descrição dos procedimentos executados para a realização da pesquisa.

#### **3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA**

Esse estudo foi realizado através de uma etapa de pesquisa bibliográfica, caracterizando sua natureza como básica por tratar de desenvolvimento teórico (artigos científicos, livros e normas técnicas). Na sequência, foi desenvolvido uma análise em campo definindo o artigo como estudo de caso.

A abordagem da pesquisa se caracteriza como exploratória e qualitativa, por basear se em fundamentação teórica e por conter dados qualitativos, coletados a partir de eventos reais, com o objetivo de explicar, explorar e descrever fenômenos atuais inseridos em seu próprio contexto.

### 3.2. AMBIENTE DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada em duas vias do bairro Boa Vista na cidade de Joinville – SC. Essas vias são importantes para a cidade, tendo em vista que por elas trafegam um grande número de pessoas que residem na região e por haver um fluxo intenso de caminhões com cargas pesadas que se deslocam até a Indústria Tupy, empresa de grande porte que produz blocos e cabeçotes de motores, entre outras peças para as indústrias automotiva.

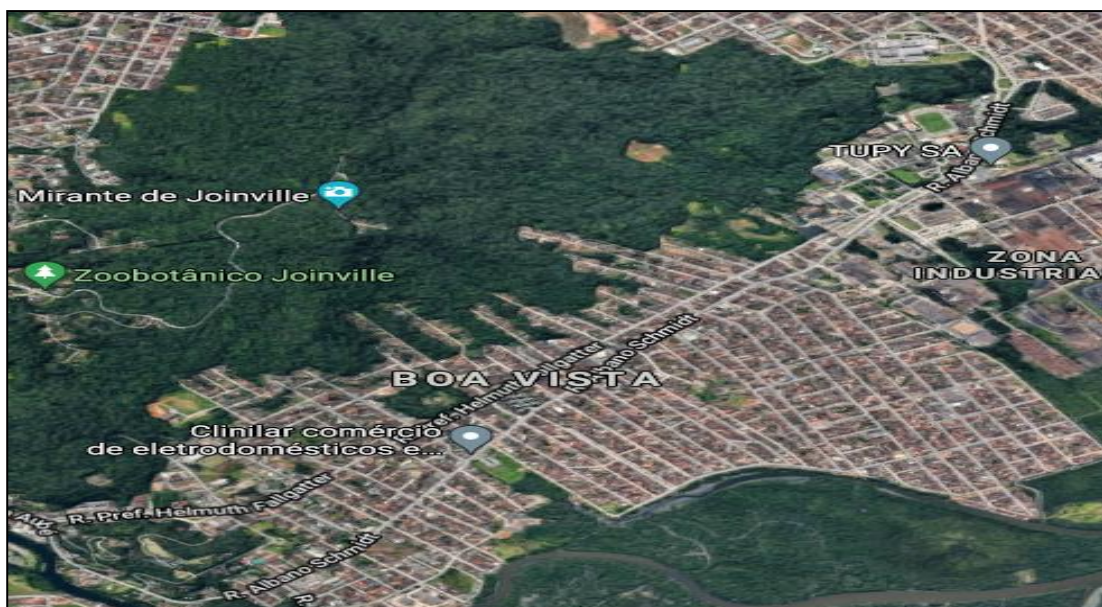
A extensão da trajetória analisada possui cerca de 6,9 km, com início na Rua Prefeito Helmuth Fallgatter – em frente ao Hospital Regional Hans Dieter Schmidt – e término na Rua Albano Schmidt nº 3960, conforme demonstrado na figura 4 e 5.

**Figura 12 – Trajetória Analisada**



Fonte: Adaptado do Google Maps 2021

Figura 13 - Rua Prefeito Helmuth Fallgatter e Rua Albano Schmidt

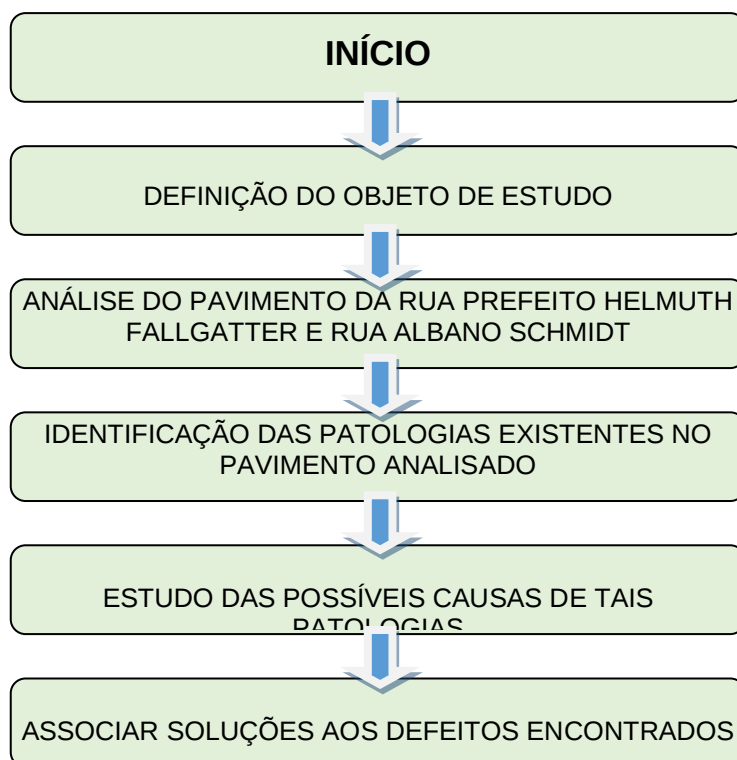


Fonte: Google Maps 2021

### 3.3. ETAPAS DA PESQUISA

O fluxograma abaixo, figura 14, demonstra o fluxo das etapas executadas para realizar essa pesquisa.

Figura 14 – Fluxograma da pesquisa



Fonte: Os autores (2021)

### 3.3.1. Definição do objeto de estudo

Conforme apresentado no item 3.2, o objeto de estudo são duas vias de grande importância para o município de Joinville, o trajeto inicia na Rua Prefeito Helmuth Fallgatter – em frente ao Hospital Regional Hans Dieter Schmidt – e termina na Rua Albano Schmidt nº 3960.

O intervalo estudado apresenta uma grande quantidade de manifestações patológicas por nelas trafegarem diariamente um grande número de pessoas e caminhões com cargas pesadas que deslocam se até a Indústria Tupy.

### 3.3.2. Análise do pavimento estudado

Foi realizado um levantamento in loco, e pode-se verificar uma grande quantidade de imperfeições ao longo da trajetória, como painéis, trincas e remendos e em alguns locais observou-se mais de duas patologias ocorrendo simultaneamente.

### 3.3.3. Identificação das patologias existentes no pavimento analisado

Foi realizado uma inspeção visual, tátil em toda trajetória e foram feitos registros fotográficos para catalogar as diversas patologias encontradas. As fotos formaram um inventário ilustrado na figura 15.

**Figura 15 – Inventário das patologias encontradas nas vias estudadas**

|                                                                                     |                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>Tipo de patologia: Trincas e Remendo</p> <p>Local: em frente ao hospital regional no início da trajetória</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                     |                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p>Tipo de patologia: Remendo<br/>Local: a 50 metros do início da trajetória</p>                                                              |
|   | <p>Tipo de patologia: Trinca interligada<br/>“jacaré” com erosão acentuada e Buraco<br/>Local: a 100 metros do início do trajeto</p>          |
|  | <p>Tipo de patologia: Buraco ou Panela<br/>Local: a 300 metros do início do trajeto</p>                                                       |
|  | <p>Tipo de patologia: Buraco ou panela<br/>Local: a 900 metros do início da trajetória<br/>curva em frente ao terminal de ônibus<br/>Tupy</p> |

|                                                                                     |                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <p>Tipo de patologia: Trinca interligada “jacaré” com erosão acentuada</p> <p>Local: a 1000 metros do início do trajeto</p> |
|   | <p>Tipo de patologia: Trinca interligada “jacaré” sem erosão</p> <p>Local: a 2500 metros do início do trajeto</p>           |
|  | <p>Tipo de patologia: Trinca interligada “jacaré” com erosão, remendo</p> <p>Local: a 3000 metros do início do trajeto</p>  |
|  | <p>Tipo de patologia: Trincas e Buraco ou panela</p> <p>Local: a 6000 metros do início do trajeto</p>                       |

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nessa etapa será apresentado o resultado e discussões da pesquisa realizada.

### 4.1. PRINCIPAIS PATOLOGIAS ENCONTRADAS NAS VIAS ANALISADAS

Dentre as causas do surgimento das patologias que existem no trajeto estudado pode se destacar três principais, que são excesso de chuvas na região a utilização intensa das vias por parte da população local e a circulação excessiva de caminhões com cargas extremamente pesadas.

O pavimento das vias analisadas está bastante deteriorado e isso se deve principalmente pela enorme quantidade de chuva que ocorre em Joinville. O pavimento com o passar do tempo perde o seu poder de ligação e resseca, perdendo assim a sua elasticidade. Uma vez que o asfalto se torna muito mais plástico do que elástico aparecem fissuras e essas são acometidas pela chuva, logo as pedras se soltam e o asfalto começa a esfarelar e dão origem as trincas, que são patologias mais leves e iniciais, e com o passar do tempo os defeitos se agravam e podem formar trincas interligadas com erosão por fim buracos.

O alto fluxo de tráfego pelas vias, somados as chuvas excessivas, faz com que o asfalto diminua significativamente a vida útil.

Durante a inspeção, observou-se a repetição das patologias no decorrer das vias, assim destaca se quatro patologias que mais apareceram que são as Trincas Interligadas “jacaré” sem erosão, Trincas Interligadas “jacaré” com erosão, buraco ou panelas e remendos.

#### 4.1.1. Trincas interligadas “jacaré” sem erosão

Durante a inspeção foi observada uma grande quantidade da patologia trincas interligadas “jacaré” sem erosão ao longo das vias estudadas. Muitas destas se não forem tratadas adequadamente irão evoluir para o próximo estágio de degradação.

As prováveis causas da aparição destas trincas é a perda da elasticidade que ocorre naturalmente com o tempo, o desgaste que as vias sofrem por serem

utilizadas maciçamente, tendo em vista serem vias de escoamento de pessoas. Outro fator é o excesso de chuva que acelera a destruição do asfalto. A Figura 16 ilustra a patologia identificada.

**Figura 16 – Trincas interligadas “jacaré” sem erosão encontradas nas vias estudadas**



Fonte: Os Autores (2021)

#### **4.1.2. Trincas interligadas “jacaré” com erosão**

Durante a inspeção foi verificado a presença de trinca interligadas “jacaré” com um agravamento na patologia, estas estavam bastantes espessas e com erosões – sem pedaços de asfalto e formando mini buracos.

As causas desta patologia são as mesmas citadas no item 4.1.1., pois como mencionado as trincas interligadas com erosão são uma evolução das trincas interligadas sem erosão. A Figura 17 abaixo ilustra a patologia identificada.

**Figura 17– Trincas interligadas “jacaré” com erosão encontradas nas vias estudadas**

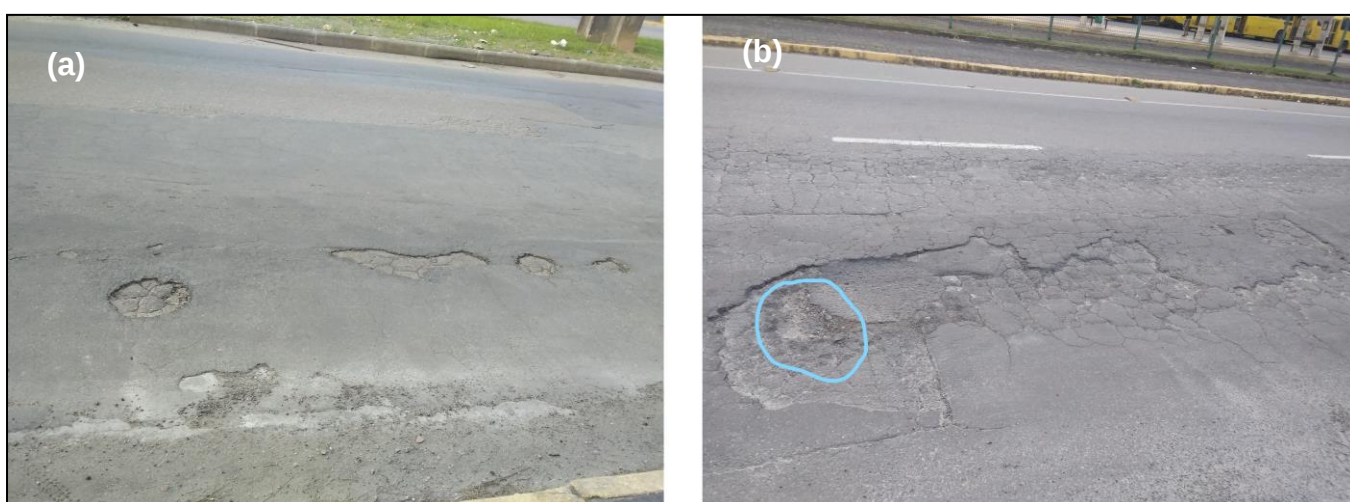


Fonte: Os Autores (2021)

### 4.1.3. Buraco ou Panela

Foi verificado muita patologia do tipo buraco ou panela ao longo das vias, ora o buraco estava isolado ora estava envolvido por trincas, isto denota que as erosões das trincas aumentaram de tamanho a ponto de formarem buracos. Foram observados buracos de diversos tamanhos e profundidades distintas. Figura 18 abaixo ilustra a patologia identificada.

**Figura 18 – Buracos encontrados nas vias estudadas: (a) Buracos isolados e (b) Buracos acompanhado de outras patologias**



Fonte: Os Autores (2021)

### 4.5 Remendo

No decorrer da inspeção verificou-se uma grande quantidade de remendos, embora seja uma patologia, estes têm a finalidade de corrigir uma patologia mais agressiva, como por exemplo buracos. Porém os remendos encontrados no pavimento estavam muito desgastados e em alguns casos estavam soltando pedaços e formando novos buracos, com menor profundidade. A Figura 19 ilustra a patologia identificada.

**Figura 19 – Buracos isolados encontrados nas vias estudadas**

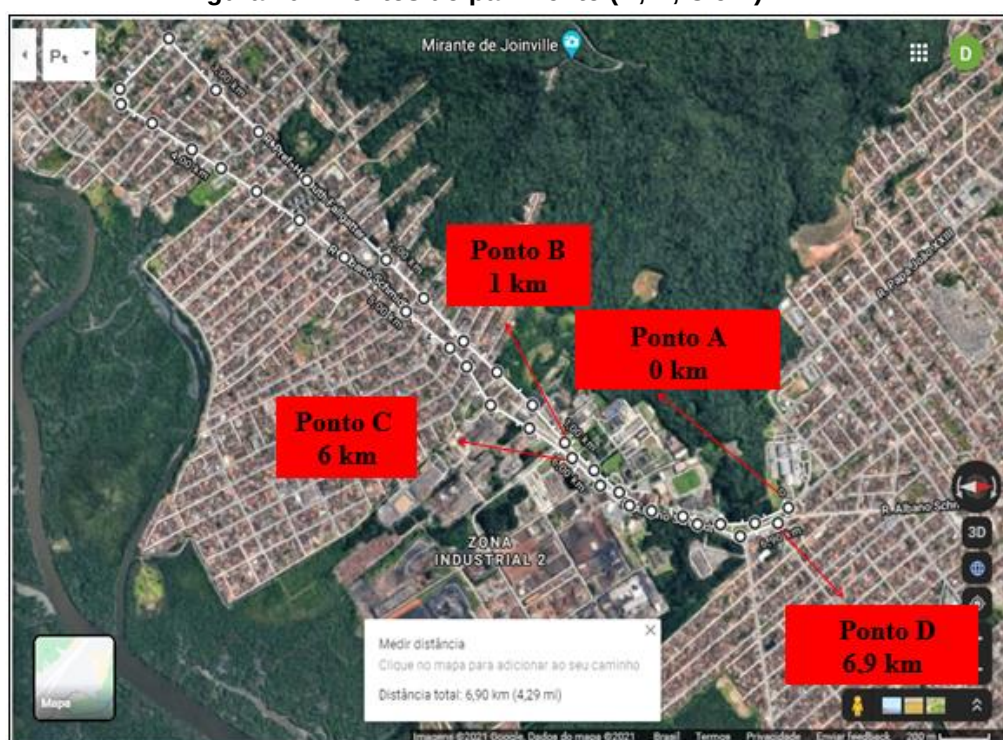


Fonte: Os Autores (2021)

#### 4.2. APRESENTAÇÃO DE SOLUÇÕES PARA SANAR OU AMENIZAR OS DEFEITOS EXISTENTES NO PAVIMENTO ESTUDADO

Existem dois tipos de restaurações em relação ao asfalto que são as restaurações estruturais e as funcionais. Diante do cenário encontrado durante a inspeção das vias, chegou se a conclusão que as vias devem ser restauradas tanto funcionalmente quanto estruturalmente considerando om as solicitações exigidas em cada ponto das vias. Para facilitar a análise foi dividido o pavimento por pontos, como mostra a figura 20.

**Figura 20 – Pontos do pavimento (A, B, C e D)**



Fonte: Os Autores (2021)

Do ponto A ao ponto B e do ponto C ao ponto D da Figura 20, a restauração deve ser funcional, as patologias existentes nos trechos localizados entre estes pontos, são por conta do desgaste devido ao uso e também pelo excesso de chuva que ocorre na região.

Do ponto B ao Ponto C, a restauração deve ser estrutural, pois neste trecho entram e saem da empresa Tupy muitos caminhões com cargas pesadas o que ocasiona uma aceleração da deterioração das vias diminuindo sua vida útil.

Possivelmente este trecho das vias não foi projetado para receber cargas tão pesadas, o que explica a grande quantidade de patologias existentes. A Figura 21, mostra os referidos pontos.

**Figura 21– Pontos do pavimento (B e C)**



Fonte: Os Autores (2021)

#### **4.2.1. Possíveis soluções de restauração funcional do trecho localizado entre os pontos de A e B e do trecho entre os pontos C e D**

Dentre as soluções para a restauração funcional, podemos aplicar duas que são o concreto asfáltico e o micro revestimento asfáltico.

O concreto asfáltico é aplicado a frio e é de fácil aplicação, não sendo necessário interromper o tráfego de veículos, não demanda grandes equipes para realização do trabalho e não há necessidade de preparação da pista ou limpeza prévia.

O micro revestimento asfáltico também é a frio e necessita de preparação prévia da superfície, impermeabiliza revestimentos antigos desgastados superficialmente e protege, os revestimentos recentes que apresentam graduação aberta. O micro revestimento sela fissuras, o que melhora a estética dos pavimentos e eleva o coeficiente de atrito entre pneu, pavimento e rugosidade do solo. Durante a sua aplicação há necessidade de interrupção do tráfego para que seque, o tempo de cura é normalmente de uma hora após a aplicação em dia de sol.

#### **4.2.2. Possível solução de restauração estrutural do trecho localizado entre os pontos B e C**

Neste trecho há necessidade de realizar uma investigação das camadas inferiores da pavimentação, como citado anteriormente, este trecho provavelmente não foi dimensionado para resistir as solicitações impostas pelos caminhões com cargas excessivas que circulam no local. Tal investigação deve apontar para a necessidade de reforço das camadas inferiores da pavimentação para posteriormente realizar o acabamento com o concreto asfáltico, visto ser este um dos revestimentos mais utilizado no país.

### **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A pesquisa realizada possibilitou analisar as patologias existentes na Rua Prefeito Helmuth Fallgatter – em frente ao Hospital Regional Hans Dieter Schmidt – e na Rua Albano Schmidt nº 3960, um trecho com extensão de cerca de 6,9 km.

Pode se observar que as patologias encontradas, foram e que foram intensificadas pelo uso excessivo das vias por parte da população local e pela circulação de caminhões com cargas muito pesadas. Embora as manutenções do tipo “tapa buraco” tenham sido realizadas ao longo do tempo, estas não foram o suficiente para evitar o surgimento das atuais patologias.

Durante a inspeção visual foram encontradas patologias ocorrendo simultaneamente como por exemplo, remendo, trincas tipo couro de “jacaré” e panela. Das muitas manifestações patológicas as de maior incidência são as trincas tipo couro de jacaré e as mais preocupantes são as panelas, pois estas além de causar desconforto a quem utiliza as vias são capazes de causar acidentes e danos mecânicos aos automóveis.

Uma vez identificado os problemas, foram também apontadas soluções, como por exemplo a aplicação de concreto asfáltico e micro revestimento asfáltico. Há também a necessidade de uma análise mais profunda do trecho compreendido entre os pontos B e C, apontados na Figura 21, no qual circulam caminhões carregados, para que se possa realizar a correta manutenção do pavimento. Considera que provavelmente este trecho não foi dimensionado para o recebimento de esforços provenientes da circulação de cargas pesadas, desta forma havendo necessidade de redimensionar as camadas inferiores ao revestimento asfáltico ou até mesmo a troca do revestimento flexível por um revestimento rígido.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus, por nos proteger, nos conceder saúde e sabedoria para superar os obstáculos durante o percurso e nos guiar até esse momento.

Somos gratos aos nossos pais e familiares, por toda a dedicação, paciência, cuidado e compreensão durante os momentos de ausência e também aos nossos amigos pelo apoio e incentivo.

Nosso muito obrigado aos nossos professores, nossa coordenadora de Curso Dilamari, que contribuíram para um melhor aprendizado, em especial a nossa orientadora Msc. Michela Steluti Poleti Faria, pela paciência, pelo auxílio em todos os nossos momentos de dificuldade e por todo o conhecimento transmitido.

E por fim, nosso reconhecimento e agradecimento especial aos nossos companheiros, por todo amor, cuidado, dedicação, pelo incentivo constante e por compreender nossos momentos de ausência.

## REFERÊNCIAS

BALBO, T. JOSÉ. **Pavimentação Asfáltica**. 3ª ed. Oficina de Textos, 2016.

BALBO, J. T. **Construção e Pavimentação**. São Paulo/SP, USP – Curso de Engenharia Civil, Notas de aula, Junho/2017, 21p.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação Asfáltica** – Formação Básica para Engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRÁS: ABEDA, 2010.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?** 2017. 160p. Brasília: CNT, 2017. Disponível em <  
[http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Estudos%20CNT/estudo\\_pavimentos\\_ao\\_duram.pdf](http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Estudos%20CNT/estudo_pavimentos_ao_duram.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2020.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. Publicação IPR-720. Ministério dos Transportes.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Norma DNIT 005/2003 – TER: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Conservação Rodoviária. IPR – 710**. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: [http://www1.dnit.gov.br/arquivos\\_internet/ipr/ipr\\_new/manuais/Manual%20de%20Pavimenta%E7%E3o\\_05.12.06.pdf](http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual%20de%20Pavimenta%E7%E3o_05.12.06.pdf). Acesso em 21 nov. 2020.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. 2006, 3. ed. Rio de Janeiro, 2006, 278 p.

FALEIROS, L. M. **Estradas: Pavimento**. Franca/SP, USP – Curso de Engenharia Civil, Notas de aula, Julho/2005, 39p.

FILHO, José Moacir de Mendonça; ROCHA, Eider Gomes de Azevedo. **Estudo Comparativo entre Pavimentos Flexível e Rígido na Pavimentação Rodoviária**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 03, Ed. 06, Vol. 02, pp. 146-163, junho de 2018. ISSN:2448-0959

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.

PEREIRA, P., & Miranda, V. (1999). **"Gestão da Conservação dos Pavimentos Rodoviários"**. Universidade do Minho. Braga.

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

SOLANKI, P.; ZAMAN, M. **Design of semi-rigid type of flexible pavements.** **International Journal of Pavement Research and Technology.** 2017. v. 10, p. 99-111.