



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ADNA LOYSE DA SILVEIRA COSTA

**DIAGNÓSTICO DE ESTRADAS VICINAIS NO MUNICÍPIO DE JOSÉ DA PENHA-
RN: LEVANTAMENTO DE PATOLOGIAS, CAUSAS E POSSÍVEIS SOLUÇÕES**

PAU DOS FERROS

2025

ADNA LOYSE DA SILVEIRA COSTA

**DIAGNÓSTICO DE ESTRADAS VICINAIS NO MUNICÍPIO DE JOSÉ DA PENHA-
RN: LEVANTAMENTO DE PATOLOGIAS, CAUSAS E POSSÍVEIS SOLUÇÕES.**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil.

Orientador: José Daniel Jales Silva, Prof. Dr.

PAU DOS FERROS

2025

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

C837d Costa, Adna Loyse da Silveira.
Diagnóstico de estradas vicinais no município
de José da Penha-RN: levantamento de patologias,
causas e possíveis soluções / Adna Loyse da
Silveira Costa. - 2025.
54 f. : il.

Orientador: José Daniel Jales Silva.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2025.

1. Buracos. 2. ICMNP. 3. Drenagem. 4.
Manutenção. 5. Conservação. I. Silva, José Daniel
Jales, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 15/966

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

ADNA LOYSE DA SILVEIRA COSTA

**DIAGNÓSTICO DE ESTRADAS VICINAIS NO MUNÍCIPIO DE JOSÉ DA PENHA-
RN: LEVANTAMENTO DE PATOLOGIAS, CAUSAS E POSSÍVEIS SOLUÇÕES.**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil.

Defendida em: 17 / 12 / 2025.

BANCA EXAMINADORA

José Daniel Jales Silva, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Lourena Barbosa Cavalcante Paiva, Profa. Ma. (UFERSA)
Membro Examinador

Italo John Costa e Silva, Eng. (Membro Externo)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me dado coragem proteção e fortaleza para que eu chegasse até aqui, sem tua presença eu nada sou.

Agradeço aos meus pais, Arnaldo e Luciana, por serem que são, pelo apoio, esforço e dedicação a mim prestados durante toda a minha vida. Ao meu irmão Lairton, por todo apoio e companheirismo que nos une.

Agradeço ao meu esposo, Rodrigo, pelo apoio, paciência e dedicação a mim prestados nessa trajetória.

Agradeço ao meu professor e orientador desse trabalho, José Daniel Jales Silva, por toda paciência e dedicação. Pelas ideias, pelo tempo desprendido a mim, pelos ensinamentos passados e por me guiar na elaboração deste trabalho.

Agradeço a Banca Examinadora pela atenção e por estarem dispostos a contribuírem para esse momento tão importante.

Agradeço aos meus amigos pelo companheirismo, apoio e conhecimentos compartilhados durante essa jornada.

EPÍGRAFE

Nossa maior fraqueza é a desistência. O
caminho mais certo para o sucesso é
sempre tentar apenas uma vez mais.

Thomas Edison.

RESUMO

As estradas vicinais possuem grande importância econômica e social para o país, pois garantem a conexão entre as comunidades rurais, as rodovias pavimentadas e os principais centros urbanos. No entanto, a realidade é que muitas dessas estradas enfrentam sérios problemas estruturais, principalmente devido à ausência de planejamento e manutenção periódica. Este trabalho tem como objetivos realizar o diagnóstico das condições das estradas vicinais no município de José da Penha - RN, identificando as principais patologias presentes, suas causas e propondo possíveis soluções para a melhoria da trafegabilidade e da durabilidade das vias. Para isso, foram realizadas visitas em campo, registros fotográficos, levantamento das características geométricas e aplicação do Índice de Condição da Manutenção de Rodovias Não Pavimentadas, metodologia que permite classificar o nível de deterioração dos segmentos avaliados. Os resultados demonstraram que os trechos estudados apresentam degradações significativas. A drenagem deficiente foi identificada como o principal agente acelerador da deterioração, favorecendo processos erosivos, perda de material e instabilidade do revestimento primário. Com base nessas evidências, foram propostas ações de manutenção, como implantação de sistema de drenagem adequado, compactação correta durante manutenção, e substituição do material da superfície e do subleito por material resistente e com menos finos. Conclui-se que as estradas vicinais do município se encontram em estado crítico e que a implantação de um plano contínuo de manutenção preventiva é essencial para garantir melhores condições de mobilidade, segurança e durabilidade das vias rurais. Espera-se que os resultados apresentados subsidiem futuras ações de gestão e conservação viária no município, contribuindo para o planejamento de intervenções mais eficientes e duradouras.

Palavras-chave: buracos; conservação; drenagem; manutenção; ICMNP.

ABSTRACT

Rural roads are of great economic and social importance to the country, as they guarantee the connection between rural communities, paved highways, and major urban centers. However, the reality is that many of these roads face serious structural problems, mainly due to a lack of planning and periodic maintenance. This work aims to diagnose the conditions of rural roads in the municipality of José da Penha - RN, identifying the main pathologies present, their causes, and proposing possible solutions to improve trafficability and road durability. To this end, field visits, photographic records, surveys of geometric characteristics, and the application of the Unpaved Road Maintenance Condition Index were carried out, a methodology that allows classifying the level of deterioration of the evaluated segments. The results showed that the studied sections present significant degradation. Deficient drainage was identified as the main accelerating agent of deterioration, favoring erosive processes, material loss, and instability of the primary pavement. Based on this evidence, maintenance actions were proposed, such as the implementation of an adequate drainage system, proper compaction during maintenance, and replacement of surface and subgrade material with resistant material containing fewer fines. It is concluded that the rural roads in the municipality are in critical condition and that the implementation of a continuous preventive maintenance plan is essential to guarantee better mobility, safety, and durability of rural roads. It is hoped that the results presented will support future road management and conservation actions in the municipality, contributing to the planning of more efficient and lasting interventions.

Keywords: potholes; conservation; drainage; maintenance; ICMNP.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Seção transversal de uma estrada não pavimentada.....	15
Figura 2 – Estrada vicinal com buracos no pavimento.....	16
Figura 3 – Níveis de severidade para corrugações	16
Figura 4 – Níveis de severidade para excesso de poeira	17
Figura 5 – Níveis de severidade para seção transversal imprópria.....	18
Figura 6 – Exemplo de estrada vicinal com trilha de rodas.....	18
Figura 7 – Níveis de severidade para drenagem deficiente	19
Figura 8 – Exemplo de estrada vicinal com seguimento crítico.....	20
Figura 9 – Localização de José da Penha-RN	26
Figura 10– Fluxograma da Metodologia de Pesquisa	27
Figura 11 – Localização dos Trechos Estudados a) Trecho 1, b) Trechos 2 e 3, c) Trechos 4 e 5 e d) Trecho 6.....	28
Figura 12 – Fluxograma do método ICMNP conforme DNIT (2022)	29
Figura 13 – Corrugações (a) e (b).....	35
Figura 14 – Buracos.....	36
Figura 15 – (a) Presença de buracos e (b) deficiência de drenagem	37
Figura 16 – Trilha de rodas.....	38
Figura 17 – Seção transversal imprópria	38
Figura 18 – Presença de erosão	39
Figura 19 – Excesso de vegetação e ausência de drenagem.....	40
Figura 20 – (a) Excesso de poeira e (b) erosão.....	41
Figura 21 – Material predregulhoso	42
Figura 22 – Buracos, Trilha de Rodas e Erosão	43
Figura 23 – Buracos, Trilha de Rodas e Ausência de Drenagem	44
Figura 24 – Buracos (a) e (b).....	45
Figura 25 – Erosão.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificação do abaulamento da seção transversal da via	23
Tabela 2 – Avaliação do nível de severidade.	31
Tabela 3 – Atribuição de valor à cada severidade	32
Tabela 4 – Atribuição de valor à cada severidade	32
Tabela 5 – Classificação da estrada conforme ICMNP	32
Tabela 6 – Legenda de Símbolos para Identificação das Patologias.....	34
Tabela 7 – Ficha de Avaliação para o cálculo do ICMNP	47
Tabela 8 – Resultado do ICMNP	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMNP	Índice de Condição de Manutenção em Rodovias Não Pavimentadas
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Geral	14
2.2Específicos	14
3 REVISÃO TEÓRICA	15
3.1 Estradas vicinais	15
3.2 Principais patologias em estradas vicinais	15
3.3 Método ICMNP	20
3.4 Manutenção e recuperação de estradas vicinais	21
3.5 Propostas de medidas corretivas e preventivas para cada tipo de patologia	22
4 METODOLOGIA.....	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5.1 Análise individual por trecho	34
5.2 Análise geral dos resultados	46
5.3 Propostas de medidas corretivas e preventivas	48
6 CONCLUSÃO.....	51
6.1 Sugestões para trabalhos futuros	51
REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

As estradas vicinais são economicamente e socialmente muito importantes para o país, pois é por meio delas que se estabelecem as ligações entre as comunidades rurais, as grandes rodovias pavimentadas e grandes centros urbanos (Pittelkom, 2013). Desempenhando um papel fundamental no escoamento da produção agrícola, no transporte, na educação, no acesso a serviços de saúde, lazer, esporte e na mobilidade das populações rurais.

As estradas vicinais que compõem 1,4 milhão de km (77% da rede rodoviária brasileira), podem ser definidas como as vias que interligam cidades vizinhas, propriedades rurais ou localidades próximas. Geralmente, são vias municipais, não pavimentadas, e utilizadas como principais conexões entre áreas rurais e os centros urbanos (Brasil, 2021).

No Brasil, as estradas vicinais representam grande parte da malha rodoviária e desempenham um papel fundamental no escoamento da produção agrícola e na mobilidade da população rural, sendo essenciais não apenas para o transporte de mercadorias, mas também para o acesso de moradores a serviços urbanos, como saúde e educação. Estudos técnicos demonstram que essas vias são um importante ativo para o desenvolvimento socioeconômico nas áreas rurais, já que sua manutenção em condições adequadas garante melhores condições de trafegabilidade, integração entre o campo e a cidade e redução dos custos associados à falta de infraestrutura viária adequada (Estudo técnico – estradas vicinais, 2025).

No entanto, a realidade é que muitas dessas estradas enfrentam sérios problemas estruturais, principalmente devido à ausência de planejamento, manutenção periódica e soluções de drenagem eficientes.

Esse cenário reflete o predomínio de estradas não pavimentadas no país. Conforme levantamento do DNIT, o Brasil conta com 1,7 milhão de quilômetros de estradas, porém, apenas 13%, ou 221.820 quilômetros, estão pavimentados. O restante 87% das rodovias não tem qualquer tipo de pavimentação (Brasilagro, 2015).

As estradas vicinais do município de José da Penha, localizado na região do Alto Oeste Potiguar, no estado do Rio Grande do Norte, são um exemplo claro dessa problemática. Com uma economia fortemente baseada na agropecuária e com grande parte da população vivendo em comunidades rurais, a qualidade das estradas vicinais tem impacto direto na vida cotidiana dos moradores.

Embora seja notório o estado dessas vias, observa-se uma lacuna significativa quanto a diagnósticos técnicos sistematizados sobre as patologias presentes, suas causas e possíveis soluções adaptadas à realidade local.

Nesse contexto, torna-se de grande relevância para a população e para o município a realização de um levantamento técnico das principais patologias das estradas vicinais de José da Penha-RN, que permitirá compreender os fatores que comprometem a infraestrutura viária rural do município e contribuirá com a formulação de propostas que sejam viáveis do ponto de vista técnico, econômico e ambiental, promovendo, assim, maior acessibilidade, segurança e desenvolvimento local.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Realizar o diagnóstico das condições das estradas vicinais no município de José da Penha - RN, identificando as principais patologias presentes, suas causas e propondo possíveis soluções para a melhoria da trafegabilidade e da durabilidade das vias.

2.2 Específicos

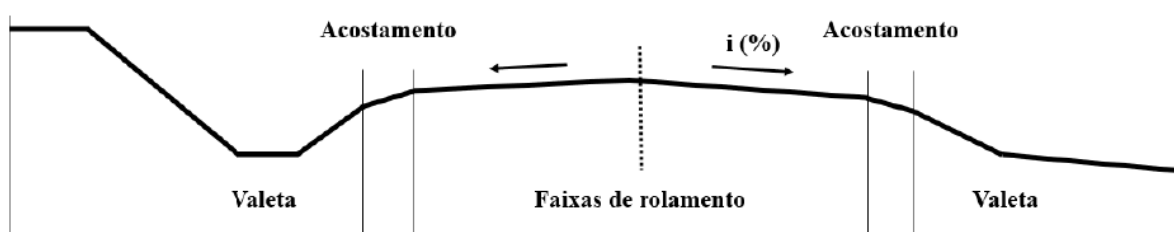
- Identificar e classificar as principais patologias encontradas nas estradas vicinais analisadas;
- Analisar as possíveis causas associadas às patologias observadas, considerando fatores como condições climáticas, ausência de drenagem e manutenção realizada;
- Avaliar o impacto das patologias na trafegabilidade e na segurança dos usuários;
- Propor medidas corretivas e preventivas para a recuperação e manutenção adequada das estradas vicinais avaliadas.

3 REVISÃO TEÓRICA

3.1 Estradas vicinais

Estradas não pavimentadas frequentes no meio rural são justamente aquelas não são revestidas por quaisquer tratamentos superficiais, betuminosos ou de cimento portland, e têm, geralmente, sua camada superficial constituída por solo local (Silva, 2009). A Figura 1 ilustra uma seção transversal típica de estrada não pavimentada, destacando os principais elementos que compõem sua geometria e que são essenciais para garantir o funcionamento e a durabilidade da via.

Figura 1 – Seção transversal de uma estrada não pavimentada



Fonte: Adaptado do DOT (2009).

As estradas vicinais são importantes elos entre as áreas rurais e urbanas, proporcionam o escoamento e comercialização das atividades produtivas e insumos agrícolas fundamentais à produção, fortalecendo assim os laços de desenvolvimento econômico e social, especialmente entre as comunidades locais e agricultores familiares (Dalosto, Colturato e Pasqualetto, 2016).

Para Pinheiro, Silva e Salomão (2020) uma estrada não pavimentada que não recebe manutenção preventiva, em curto prazo de tempo impreterivelmente irá apresentar uma série de patologias em sua camada de rolamento, como buracos, atoleiros, erosões e afloramentos de rochas, colocando em risco a segurança do tráfego no trecho.

3.2 Principais patologias em estradas vicinais

Geralmente, estes problemas são causados pela deficiência da estrutura estradal, tendo como referência as definições do DNIT (2022), a seguir tem-se algumas definições dos principais defeitos encontrados nas rodovias não pavimentadas.

1. **Panelas/Buracos:** São depressões na superfície da rodovia, normalmente menores que 1 metro de diâmetro e crescem rapidamente ao represar as águas provenientes das chuvas, ocasionando a desintegração da pista pela perda dos materiais constituintes da

camada/superfície. A Figura 2 abaixo mostra a existência de buracos no pavimento preenchidos por água devido às chuvas.

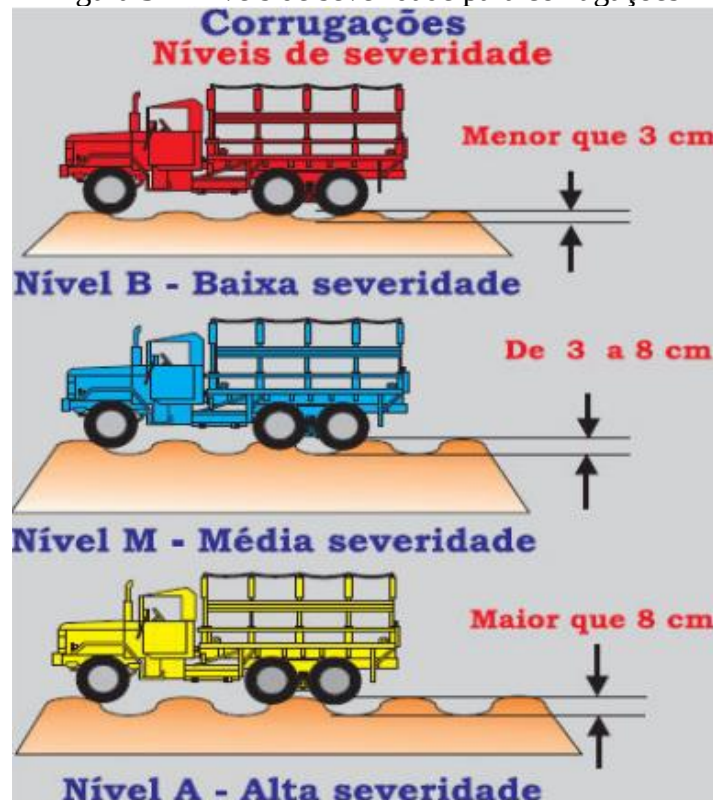
Figura 2 – Estrada vicinal com buracos no pavimento



Fonte: DNIT (2022).

2. **Corrugações:** As corrugações são depressões transversais à pista ocorrendo em intervalos regulares de distância. Estas ondulações perpendiculares à direção do tráfego causam muito desconforto ao usuário, sendo normalmente originadas da ação combinada do tráfego e precipitações pluviométricas. Na Figura 3 a seguir, mostra os níveis de severidade para a avaliação da presença de corrugações.

Figura 3 – Níveis de severidade para corrugações



Fonte: DNIT (2022).

3. **Excesso de Poeira:** A passagem do tráfego causa a perda de partículas finas integrantes das misturas que compõem a superfície da pista de rolamento. O excesso de poeira pode causar risco à segurança dos usuários da rodovia com possibilidade de acidentes. Na Figura 4 a seguir, tem-se uma ilustração com indicação dos níveis de severidade para excesso de poeira.

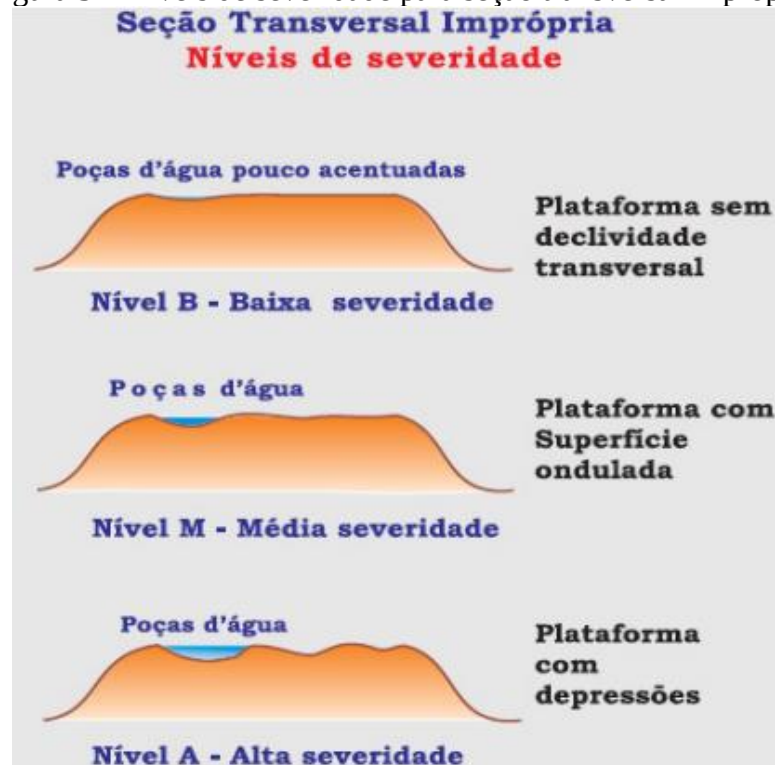
Figura 4 – Níveis de severidade para excesso de poeira



Fonte: DNIT (2022)

4. **Seção Transversal Imprópria:** Uma rodovia não pavimentada deve ter seção transversal configurada com declividade transversal suficiente de forma que as águas superficiais sejam rapidamente conduzidas para fora do corpo da plataforma. Por esse modo, as seções transversais das rodovias nos trechos em tangente apresentam o centro da pista em cota superior às bordas. Exceção se faz nos seguimentos em curva, onde o recurso da superelevação altera tal condição. Um exemplo desse tipo de defeito pode ser encontrado na Figura 5 abaixo, onde se detalha os níveis de severidade para seção transversal imprópria.

Figura 5 – Níveis de severidade para seção transversal imprópria



Fonte: DNIT (2022).

5. **Trilha de Roda:** É uma depressão que ocorre paralelamente ao eixo da pista. Caracteriza-se pela presença de deformações na camada de revestimento ou na base/sub-leito da rodovia, causada pela ação combinada do tráfego em conjunto com deficiências de compactação e/ou fragilidade quanto à capacidade de suporte dos materiais de superfície de rolamento ou de camada subjacentes. A Figura 6 abaixo, mostra um exemplo desse tipo de defeito.

Figura 6 – Exemplo de estrada vicinal com trilha de rodas

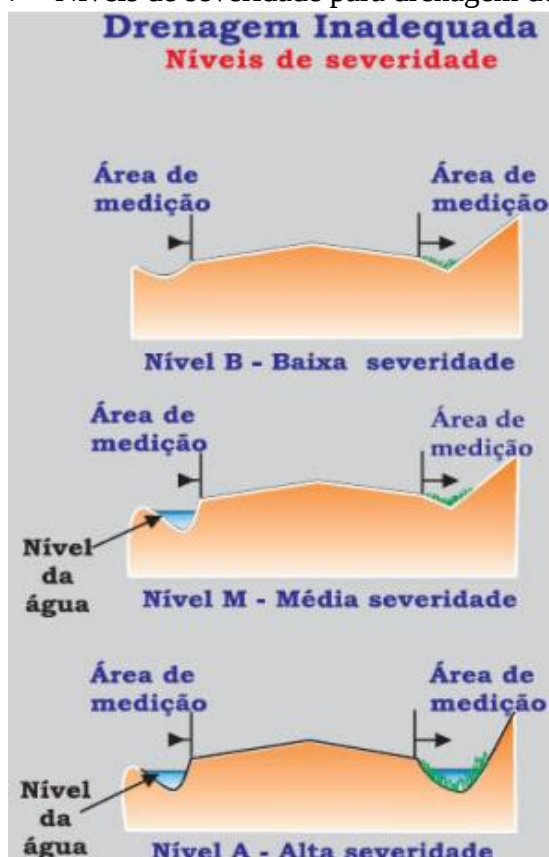


Fonte: DNIT (2022).

6. **Drenagem Deficiente:** Uma drenagem deficiente é causa de depósitos de água na plataforma da rodovia. A drenagem começa a ser um problema quando a drenagem

superficial e os bueiros não estão em condições de conduzir as águas que contribuem para a plataforma ou que a transpõem. Trechos ou pontos desprovidos de dispositivos de drenagem que são necessários deverão ser considerados de severidade alta. Caso haja trechos que não tenham dispositivos e não sejam necessários não deverão ser considerados na avaliação. A Figura 7 abaixo apresenta de forma didática a representação com os níveis de severidade para drenagem deficiente.

Figura 7 – Níveis de severidade para drenagem deficiente



Fonte: DNIT (2022).

7. **Ponto/Seguimento Crítico:** São pontos localizados ou trechos que se encontram com restrição severa da seção transversal da estrada, observam-se situações como erosões profundas, desaparecimento parcial do talude, afundamentos ou desníveis acentuados, que reduzem a largura útil da estrada, onde a passagem do tráfego pode ficar restrito apenas a um trecho de rolamento com velocidade de tráfego $< 40\text{km/h}$, tornando o acesso limitado e inseguro.

Esse tipo de condição ocorre, principalmente em períodos chuvosos, quando há escoamento superficial, com ausência de dispositivos de drenagem causando perda progressiva de material do revestimento primário, onde o solo fica saturado e mais suscetível ao colapso. A Figura 8 a seguir, mostra um exemplo característico de segmento crítico, onde a seção

transversal da estrada se encontra comprometida em período chuvoso devido ao processo de desagregação do solo e à presença de grandes volumes de material erodido acumulado nas margens.

Figura 8 – Exemplo de estrada vicinal com seguimento crítico



Fonte: DNIT (2022).

8. **Erosão:** É outra patologia de grande importância, que merece atenção especial devido aos danos estruturais que provoca nas estradas, pontuando uma das patologias mais recorrentes em estradas vicinais e configura um processo de degradação diretamente associado ao escoamento superficial da água e à falta de dispositivos adequados de drenagem. Casarin (2008) explica que:

A erosão provocada pela água no leito e nas margens das estradas rurais de terra está intimamente relacionada à má drenagem, sendo um dos principais fatores para sua degradação. Para que o sistema de drenagem seja feito de forma adequada é necessário o conhecimento da erodibilidade, capacidade de infiltração de água no solo e adoção de práticas mecânicas de elevação do greide e interceptação de águas através de dispositivos de captação.
(Casarin, 2008, p. 1).

Importa ressaltar que as condições de trafegabilidade das estradas vicinais devem ser mantidas satisfatórias em todas as condições climáticas, ao longo do ano, seja nos períodos de pouca ou de intensa precipitação pluviométrica MAPA (2021), pois são o principal acesso aos serviços de saúde, educação e de lazer disponíveis nas áreas urbanas para os habitantes das localidades mais distantes.

3.3 Método ICMNP

Para o diagnóstico de estradas vicinais o DNIT (2022) recomenda o uso do Índice de Condição de Manutenção em Rodovias Não Pavimentadas (ICMNP), metodologia aplicada em diversos estudos. Reis *et al.* (2024), por exemplo, utilizaram o ICMNP em estradas vicinais,

constatando que defeitos como drenagem deficiente e trilhas de roda são os mais recorrentes, reforçando a necessidade de manutenção contínua.

O ICMNP é uma métrica que fornece uma avaliação objetiva da condição das estradas não pavimentadas. Baseia-se numa fórmula empírica que relaciona as condições de manutenção observadas no terreno com os defeitos presentes na estrada. A identificação de defeitos nas estradas, como buracos, desgaste superficial, erosão e outros problemas comuns deverão registrados no local e com a ajuda de quadros e tabelas uma pontuação que reflete o estado individual das patologias é dado, aplicando a fórmula uma nota de classificação geral da estrada é calculada, para cada nota resultante existe uma condição do pavimento (Alencar *et al.*, 2024).

A Secretaria De Estado De Infraestrutura e Logística (2025) define que a adoção dessa metodologia do ICMNP proporcionará uma avaliação mais objetiva e padronizada das condições das rodovias, permitindo uma melhor priorização das ações de manutenção e investimentos. Além disso, contribui para a transparência e eficiência na gestão da infraestrutura de transportes, ao fornecer dados precisos e atualizados para os gestores públicos e demais interessados.

3.4 Manutenção e recuperação de estradas vicinais

A manutenção das estradas vicinais é um fator determinante para garantir a trafegabilidade, a segurança dos usuários e a durabilidade da infraestrutura viária rural. Por se tratarem de vias não pavimentadas, altamente suscetíveis às variações climáticas e às características do solo, o planejamento e a execução de intervenções contínuas são essenciais para retardar a progressão das patologias. Segundo o MAPA (2021) e o DNIT (2022), a falta de manutenção adequada é a principal causa da degradação acelerada das estradas vicinais brasileiras.

A manutenção dessas estradas pode ser caracterizada como o conjunto das atividades desenvolvidas para manter as condições de utilização da estrada rural, com os benefícios dela decorrentes, procurando maximizar a vida útil das mesmas com a minimização do investimento aplicado na malha rodoviária Zoccal e Silva (2016), como a execução de pequenos reparos e com métodos mais simplistas em comparação com intervenções mais elaboradas como recuperação e adequação da via.

Filho *et al.* (2025) afirmam que a aplicação de técnicas de estabilização e melhoramento, embora possa ter um custo inicial de implantação maior do que a simples reposição de cascalho,

pode resultar em uma redução significativa dos custos de manutenção a curto e médio prazo, justificando o investimento inicial.

Uma alternativa para solucionar os problemas de trafegabilidade nessas vias é a utilização de revestimentos de baixo valor, sendo um destes os resíduos oriundos das indústrias mineradoras para execução de revestimento primário (Medeiros, 2019).

Ainda para Medeiros (2019), o revestimento primário trata-se de uma camada acima do subleito regularizado, proveniente da mistura de dois materiais, um argiloso e outro granular, com intuito de melhorar o rolamento da via a um custo baixo, sem grandes investimentos na execução.

O acréscimo da argila ao material granular age como forma de ligação para corrigir a superfície final da via, já o material granular aumenta a aderência da estrada (Medeiros apud ODA, 2019).

Portanto, uma avaliação técnico econômica integrada permite identificar as soluções que oferecem o melhor equilíbrio entre desempenho mecânico e custo, otimizando a alocação de recursos e contribuindo para uma gestão mais eficiente e sustentável da rede de estradas não pavimentadas.

3.5 Propostas de medidas corretivas e preventivas para cada tipo de patologia

As recomendações das medidas corretivas e preventivas apresentadas a seguir baseia-se nos princípios de conservação de estradas vicinais e nas recomendações técnicas descritas por Assis (2018), Reis et al. (2024) e Alencar et al. (2024). As soluções propostas foram organizadas considerando as características específicas de cada patologia identificada, buscando minimizar sua recorrência, restabelecer as condições de trafegabilidade e prolongar a vida útil das estradas vicinais.

1. Buracos (Panelas)

Inicialmente deverá ser feito a implantação de um sistema de drenagem adequado com abaulamento da pista. Realizar o tratamento do revestimento primário, equilibrando os diferentes materiais granulares de forma a garantir propriedades essenciais ao pavimento, como resistência e estabilidade. Não sendo possível esse procedimento de início, a medida mais corretiva, no entanto, é cobrir o buraco com material adequado à via.

2. Corrugações

Substituição do subleito por outro material que tenha maior resistência de suporte para as cargas que solicitam a via, juntamente com a melhoria na drenagem e seção transversal para

que não ocorra empoçamento de água no leito. Deve-se atentar para a correta compactação quando estiver realizando atividades de manutenção da via. Quando o solo for argiloso pode-se executar o agulhamento, que é a cravação de material granular grosseiro através da compactação diretamente no subleito.

3. Excesso de Poeira

Aplicação de revestimento superficial selante (composto argiloso ou escória de aciaria, por exemplo). Esta patologia é acentuada em solos suscetíveis como os finos siltosos, sendo essencial reforçar o subleito para evitar novas ocorrências.

Para a resolução deste problema podemos retirar o material que compõe a superfície da via, recompactar o solo com a sua umidade ótima ou então substituir esse material por outro que não possua a característica de desagregação de materiais finos. Outra alternativa é a utilização de um revestimento primário selante que irá consolidar as partículas menores do solo, assim evitando a ocorrência da poeira.

4. Seção Transversal Imprópria

A conformação da seção transversal deve ser feita por cortes e aterros de modo a permitir a drenagem superficial das águas para as sarjetas laterais, sendo basicamente executada pelo patrolamento da pista após sua correta compactação, utilizando a umidade ótima do solo para essa última intervenção.

O correto dimensionamento da inclinação de abaulamento da seção da via é de extrema importância, sendo mostrado na tabela 1 seus corretos valores a partir da inclinação da rampa do determinado trecho.

Tabela 1 – Especificação do abaulamento da seção transversal da via

Declividade de Rampa	Abaulamento Mínimo (%)	Abaulamento Máximo (%)
0-5%	3	10
5-10%	3	8
10-15%	3	6
15-20%	3	4

Fonte: Assis (2018).

5. Trilhas de Roda

A melhor alternativa para a solução deste problema é a substituição do material integrante da superfície e do subleito por outro material mais resistente e que não possua muita fração de finos em sua constituição.

A execução de drenagem adequada também é um fator importante para não haver recorrência do defeito, assim podem ser executados drenos ou sangras para favorecer o escoamento das águas.

Também deve ser feito a compactação correta do material na execução ou manutenção que é de suma importância para a prevenção do surgimento das trilhas de rodas, atentando-se a umidade ótima e os equipamentos corretos para cada tipo de solo. Um exemplo é a utilização do rolo pé-de-carneiro para a compactação de solo argilosos, onde o desempenho de compactação desse equipamento é maior comparado a utilização do rolo liso para esse tipo de material.

6. Deficiência ou ausência de drenagem

Para mitigar esse tipo de patologia, são necessárias intervenções específicas direcionadas à readequação do sistema de drenagem. Entre as ações fundamentais, destacam-se a construção e limpeza periódica de sarjetas laterais, que têm a função de captar e conduzir as águas pluviais ao longo da via, impedindo que elas escorram diretamente sobre o leito carroçável.

Além disso, recomenda-se a implantação de bueiros simples ou tubulares nos pontos de maior acúmulo de água, garantindo o escoamento transversal e evitando que a água fique represada na pista ou atinja áreas vulneráveis da estrutura da estrada.

Outra medida essencial é a correção da declividade transversal da via, que deve ser mantida entre 2% e 4%, permitindo o escoamento eficiente da água para as laterais. Também deverá ser feita a manutenção periódica que é de fundamental importância para o correto desempenho dos dispositivos de drenagem.

7. Erosão

Implantação de um sistema de drenagem eficaz, cobrimento das zonas afetadas com material argiloso (compactado), execução de abaulamento (3% de declividade) e reestruturação do revestimento primário, finalizando com compactação.

Também é importante incluir a proteção vegetal que consiste no cobrimento das laterais da pista com camada vegetal evitando permeabilidade destas zonas de risco.

8. Crescimento excessivo de vegetação

Deverá ser executado a roçada mecânica, cujo objetivo é controlar o crescimento da vegetação nas margens da via, garantindo maior visibilidade aos usuários, e evitando o estreitamento da pista. Aliada a isso, a limpeza das margens será fundamental para remover resíduos, sedimentos e materiais que possam se acumular ao longo da estrada, prevenindo o bloqueio de áreas de escoamento e contribuindo para o bom funcionamento dos dispositivos de drenagem.

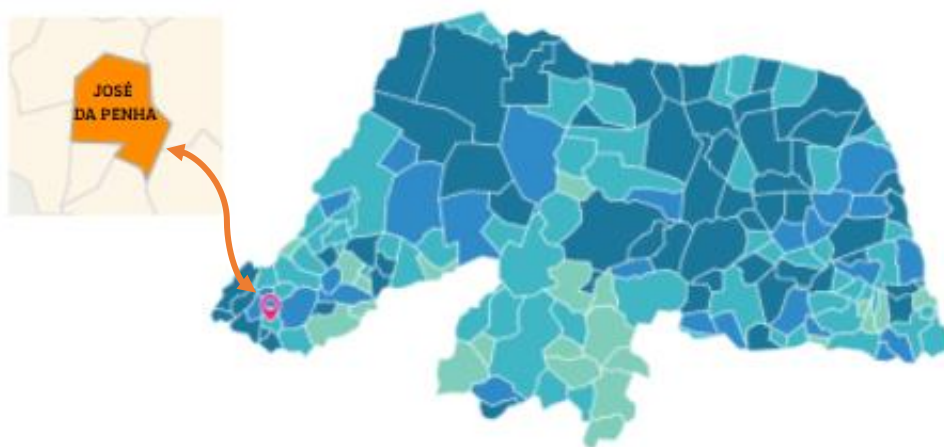
Além dessas ações, também deverá se atentar ao controle periódico das estradas vicinais, monitorando possíveis obstruções nas sarjetas, saídas d'água e demais estruturas de

drenagem, assegurando que a água pluvial seja conduzida adequadamente e não provoque danos ao revestimento primário.

4 METODOLOGIA

José da Penha é um município localizado no estado do Rio Grande do Norte, na região Nordeste do Brasil. De acordo com o Censo Demográfico de 2022 realizado pelo IBGE, a população do município é de 5.803 habitantes, com uma densidade demográfica de 49,33 habitantes por quilômetro quadrado (IBGE, 2022). Dessa forma, o presente trabalho tem como área de estudo as estradas vicinais do município de José da Penha, RN. Na Figura 9 pode-se observar a localização da cidade escolhida para a realização da pesquisa.

Figura 9 – Localização de José da Penha-RN

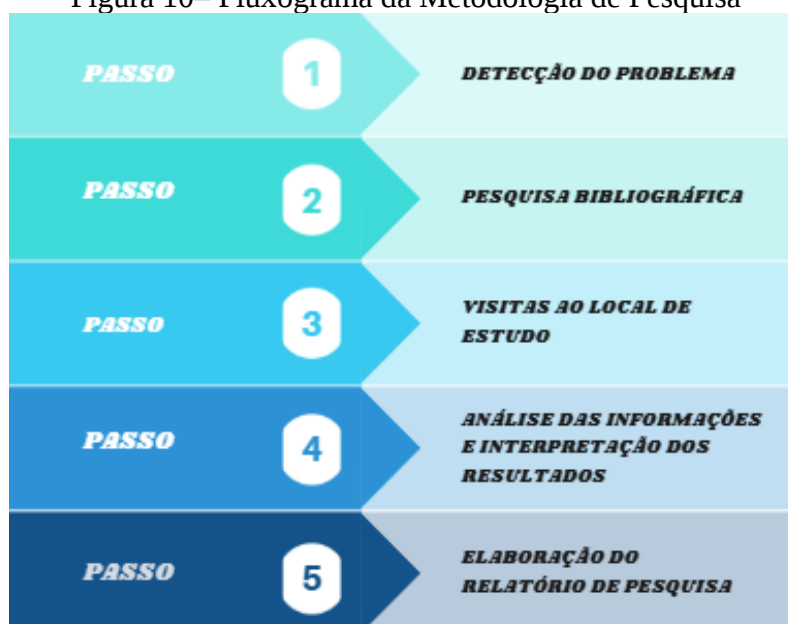


Fonte: IBGE (2022).

O desenvolvimento deste trabalho foi conduzido com base em uma abordagem aplicada, quantitativa e qualitativa, uma vez que buscou solucionar um problema real relacionado às condições das estradas vicinais do município de José da Penha –RN. A investigação utilizou procedimentos quantitativos, por meio da coleta e análise de dados, sobre as patologias presentes nas estradas, sua frequência, extensão e severidade. Simultaneamente, foi adotado procedimentos qualitativos, ao considerar descrições, observações de campo e interpretações técnicas que permitem compreender de forma mais ampla as causas dos danos e suas implicações para o uso da estrada. Dessa forma, a combinação dessas abordagens possibilita um diagnóstico completo e fundamentado da situação atual das estradas vicinais.

Visando um melhor entendimento dos passos realizados ao longo da pesquisa sobre o objeto de estudo, foi elaborado um fluxograma de atividades sequenciais descrito na Figura 10.

Figura 10– Fluxograma da Metodologia de Pesquisa

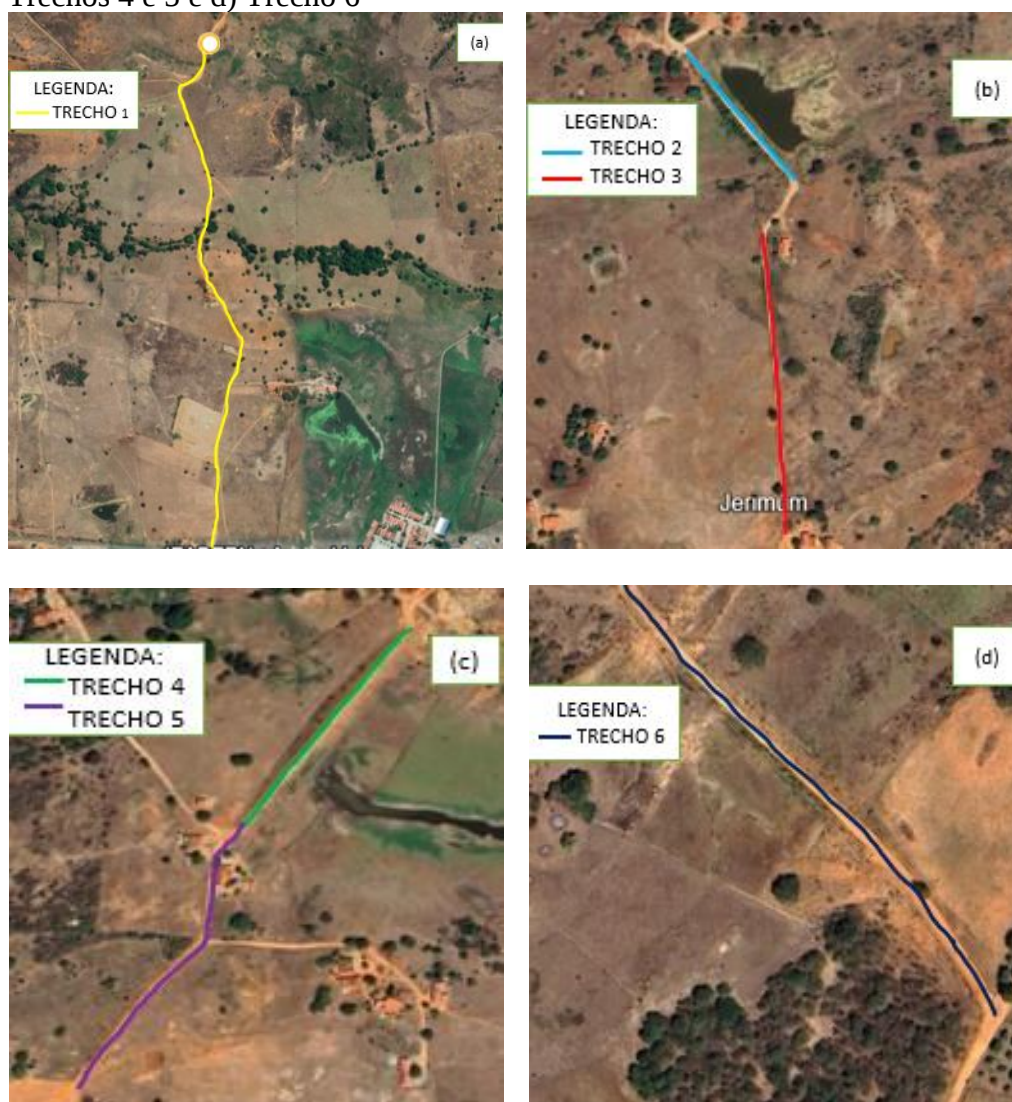


Fonte: Autoria própria (2025).

Para início desse trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre patologias em estradas vicinais. Em seguida, efetuadas visitas de campo para identificação, classificação e registro fotográfico das principais patologias presentes nas vias. A identificação não foi feita apenas de forma visual, para garantir maior precisão, foi utilizado trena para medir dimensões dos defeitos, como diâmetros, profundidades, extensão e frequência. Também foi empregado um aplicativo de medição de distância, que auxiliou na determinação das extensões dos trechos analisados, bem como um aplicativo de localização (Google Maps) para registrar e georreferenciar os pontos inspecionados durante o percurso.

A Figura 11 apresenta a localização dos seis trechos avaliados nas estradas vicinais do município de José da Penha–RN. Os trechos analisados foram selecionados por apresentarem as condições mais críticas de degradação, além de possuírem importante função socioeconômica, uma vez que constituem vias de acesso a comunidades rurais, ao açude público, bem como a serviços essenciais, como escolas, Unidade Básica de Saúde (UBS), farmácia e o centro da vila do município.

Figura 11 – Localização dos Trechos Estudados a) Trecho 1, b) Trechos 2 e 3, c) Trechos 4 e 5 e d) Trecho 6



Fonte: Adaptado do Google Earth (2025).

O estudo desses trechos possibilitou uma análise detalhada das principais patologias presentes e de suas possíveis causas, contribuindo para o diagnóstico da situação atual das estradas vicinais e para a proposição de medidas corretivas adequadas, conforme a metodologia recomendada pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2022).

A avaliação das condições das estradas foi realizada utilizando o Índice de Condição da Manutenção em Rodovia Não Pavimentada (ICMNP), conforme metodologia do DNIT (2022), envolvendo a divisão das estradas em segmentos homogêneos, a quantificação de defeitos e o cálculo do ICMNP.

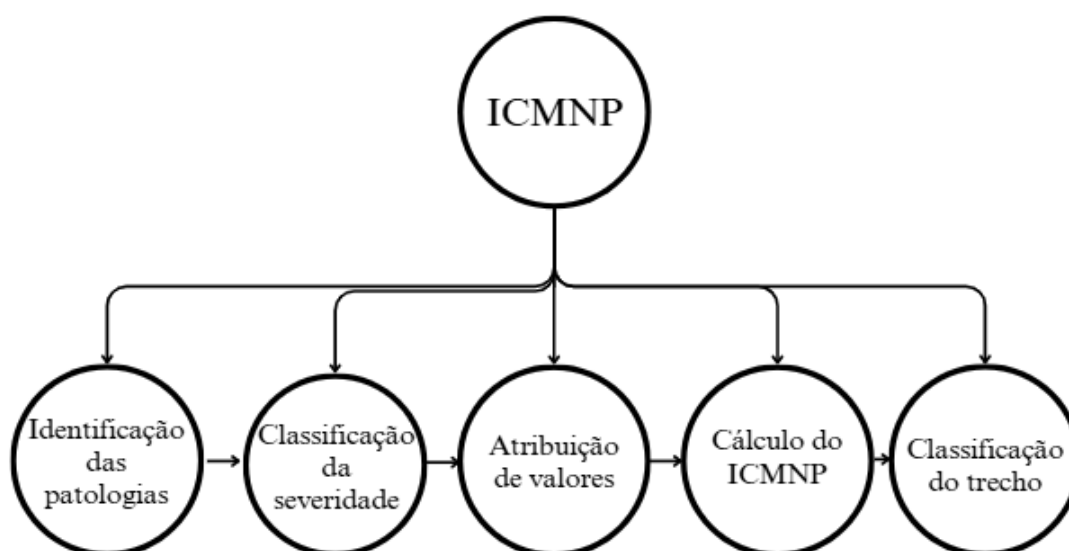
A partir dos resultados, foi realizada a análise das causas das patologias, considerando fatores como tipo de solo, ausência de drenagem e intensidade de tráfego. Por fim, foi proposto soluções técnicas de engenharia para a melhoria da trafegabilidade e conservação das estradas.

A delimitação temporal do estudo concentra-se no ano de 2025, com início das atividades a partir do mês de março, contemplando tanto o período chuvoso (inverno) quanto o período de estiagem, permitindo um retrato atual da situação e favorecendo a proposição de intervenções de curto e médio prazo. Essa abordagem permitiu a análise das condições das estradas vicinais sob diferentes regimes climáticos, proporcionando um retrato mais representativo da situação das vias e subsidiando a proposição de intervenções de curto e médio prazo.

Segundo o DNIT (2022), o levantamento das condições das estradas é realizado por trechos de, no máximo, 1 km de extensão. Em cada trecho, calcula-se o ICMNP com base na frequência e severidade dos defeitos observados. O índice de condição da estrada é classificado em quatro categorias: péssimo, ruim, regular e bom. Durante a inspeção, a velocidade de deslocamento deve ser de aproximadamente 40 km/h, sendo a avaliação realizada em sentido único quando a via for de pista simples.

A seguir, apresenta-se um fluxograma (Figura 12) que sintetiza, de forma simplificada, as etapas da metodologia adotada para a avaliação das estradas vicinais, com base no método do Índice de Condição de Manutenção de Rodovias Não Pavimentadas (ICMNP), conforme proposto pelo DNIT (2022). O fluxograma ilustra as principais fases do processo, desde a identificação das patologias até a classificação final dos trechos avaliados.

Figura 12 – Fluxograma do método ICMNP conforme DNIT (2022)



Fonte: Autoria própria (2025).

Os níveis de severidade são definidos pelo avaliador como alta, média ou baixa, conforme a frequência com que cada defeito é identificado. Assim, a condição de cada tipo de defeito é quantificada conforme ilustrado na Tabela 2.

Conforme os critérios estabelecidos pelo DNIT (2022), de acordo com a frequência e a intensidade com que são observados ao longo do trecho avaliado. Dessa forma, a condição de cada tipo de defeito foi quantificada com base na Tabela 2, que especifica os limites mensuráveis e os parâmetros descritivos para cada tipo de defeito.

Tabela 2 – Avaliação do nível de severidade.

Tipo de Defeitos	Nível de Severidade			Unidade Avaliativa
	Baixo / Bom	Média / Regular	Alta / Ruim	
Panelas/Buracos	Até 2.	3,4 ou 5.	Maior que 5.	Quantidade/Km
Corrugações	Extensão da faixa de tráfego com presença de corrugações < 100 metros (10%) do Km avaliado.	100 metros (10%) < extensão da faixa de tráfego com presença de corrugações < 500 metros (50%) do Km avaliado.	<u>Extensão da faixa de tráfego com presença de corrugações > 500 metros (50%) do Km avaliado.</u>	% da extensão
Excesso de Poeira	Tráfego produz poeira que não prejudica a visibilidade.	Tráfego produz moderada nuvem de poeira com obstrução parcial da visibilidade com diminuição a velocidade de operação da rodovia.	Tráfego produz grande nuvem de poeira com obstrução severa de visibilidade com tráfego lento ou parado.	Visibilidade
Seção Transversal Imprópria	<u>Presença de até 2 poças</u> de água ou indicação de presença de áreas úmidas ou a rodovia <u>não apresenta nenhuma declividade transversal.</u>	Entre 3 a 4 poças de água ou com indicação de umidade ou a seção transversal da rodovia apresenta <u>forma parabólica.</u>	<u>5 ou mais poças</u> ou com a indicação ou a rodovia contém <u>severas depressões na pista.</u>	Quantidade Forma Seção
Trilha de Roda	Altura da trilha de roda menor que 3 cm.	Altura da trilha de roda com altura entre 3 cm e 8cm.	Altura da trilha de roda com altura maior que 8cm.	cm/km
Drenagem Deficiente	<u>Até 3 depressões nos elementos de drenagem</u> ou evidências de umidade quanto à ocorrência nos dispositivos ou <u>há vegetação, detritos ou fragmentos de pedras depositados</u> sobre os dispositivos.	Conforme definição de Baixa acrescida da presença de <u>erosões nos dispositivos de drenagem.</u>	<u>4 ou mais depressões ou evidências de umidade</u> nos dispositivos de drenagem, com a presença de vegetação ou detritos nos dispositivos de drenagem, presença de erosões <u>e com a água fluindo superficialmente ou infiltrando à pista</u> ou <u>ausência de dispositivo de drenagem necessário.</u>	Quantidade Erosões Ausência dispositivo

Fonte: DNIT (2022).

Em relação à atribuição do valor à cada severidade foi considerado os seguintes parâmetros conforme a Tabela 3 e 4:

Tabela 3 – Atribuição de valor à cada severidade

Defeito	Nível de Severidade		
	Baixa	Média	Alta
Corrugações	0,50	0,75	1,00
Excesso de Poeira	0,50	0,75	1,00
Seção Transversal Imprópria	0,50	0,75	1,00
Drenagem	0,50	0,75	1,00

Fonte: DNIT (2022).

Tabela 4 – Atribuição de valor à cada severidade

Defeito	Nível de Severidade		
	Bom	Regular	Ruim
Panelas	0,50	0,75	1,00
Trilha de Roda	0,50	0,75	1,00

Fonte: DNIT (2022).

Para determinação do ICMNP é proposta uma fórmula empírica que relaciona a condição da manutenção levantada em campo perante a existência dos defeitos apontados na Tabela 2 e atribuído um valor conforme o grau de severidade das Tabelas 3 e 4. Desta forma, é proposto o seguinte peso dos defeitos para o valor final do ICMNP, conforme pode ser observado na fórmula abaixo:

$$\text{ICMNP} = 25xP(\text{Panelas}) + 30xP(\text{Corrugação}) + 5xP(\text{Excesso de Poeira}) + 15xP(\text{Seção Transversal Imprópria}) + 15x(\text{Trilha de Rodas}) + 10xP(\text{Drenagem})$$

(Equação 1)

O resultado encontrado nesta equação determina o estado de condição da manutenção do trecho, de acordo com a Tabela 5:

Tabela 5 – Classificação da estrada conforme ICMNP

Faixa	Condição
ICMNP < 25	Bom
$25 \leq \text{ICMNP} \leq 45$	Regular
$45 \leq \text{ICMNP} \leq 65$	Ruim
ICMNP < 65	Péssimo

Fonte: DNIT (2022).

Com o objetivo de sistematizar as etapas do levantamento e da avaliação das condições das estradas vicinais metodologia adotada pelo DNIT (2022), neste estudo seguiu os procedimentos estabelecidos pelo Índice de Condição de Manutenção de Rodovias Não

Pavimentadas (ICMNP), conforme diretrizes do DNIT (2022). O processo metodológico envolve a identificação das principais patologias presentes ao longo dos trechos avaliados, a classificação da severidade dos defeitos observados, a atribuição de valores conforme critérios predefinidos, o cálculo do índice ICMNP e, por fim, a classificação da condição do trecho analisado.

Após o levantamento em campo e o cálculo do ICMNP, os resultados obtidos irão permitir identificar o estado geral de conservação de cada trecho das estradas analisadas, bem como as patologias mais recorrentes.

A partir disso, com base na literatura técnica nacional em estudos realizados no Brasil, que irá orientar a partir para uma definição das ações necessárias para propor medidas corretivas e preventivas para a recuperação e manutenção das estradas vicinais avaliadas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este tópico apresenta os resultados obtidos a partir do levantamento em campo realizado nas estradas vicinais selecionadas para estudo no município de José da Penha–RN, bem como a discussão desses resultados, a partir de coleta de dados, registros fotográficos, dos resultados da condição da estrada pelo Índice de Condição da Manutenção de Rodovias Não Pavimentadas (ICMNP) e pesquisas na literatura para aprofundamento do assunto.

Inicialmente, são descritas as patologias identificadas em cada trecho, sua severidade e frequência, seguidas da análise das possíveis causas associadas. Em seguida, é avaliado o impacto dessas patologias na trafegabilidade e na segurança dos usuários. Por fim, com base nos resultados e na literatura técnica, são apresentadas propostas de medidas corretivas e preventivas para a recuperação e manutenção dos segmentos avaliados.

Com o objetivo de facilitar a identificação visual das patologias presentes nos trechos analisados, elaborou-se uma legenda específica para classificação dos defeitos observados (Tabela 6). Essa legenda associa cada patologia a um símbolo e uma cor distinta, permitindo padronizar a interpretação das imagens e garantir maior clareza na apresentação dos resultados.

Tabela 6 – Legenda de Símbolos para Identificação das Patologias

Legenda	Patologia
	Corrugação
	Buracos
	Trilha de Rodas
	Erosão
	Deficiência de Drenagem
	Excesso de Poeira
	Seção Transversal Imprópria
	Material Pedregulhoso

Fonte: Autoria própria (2025).

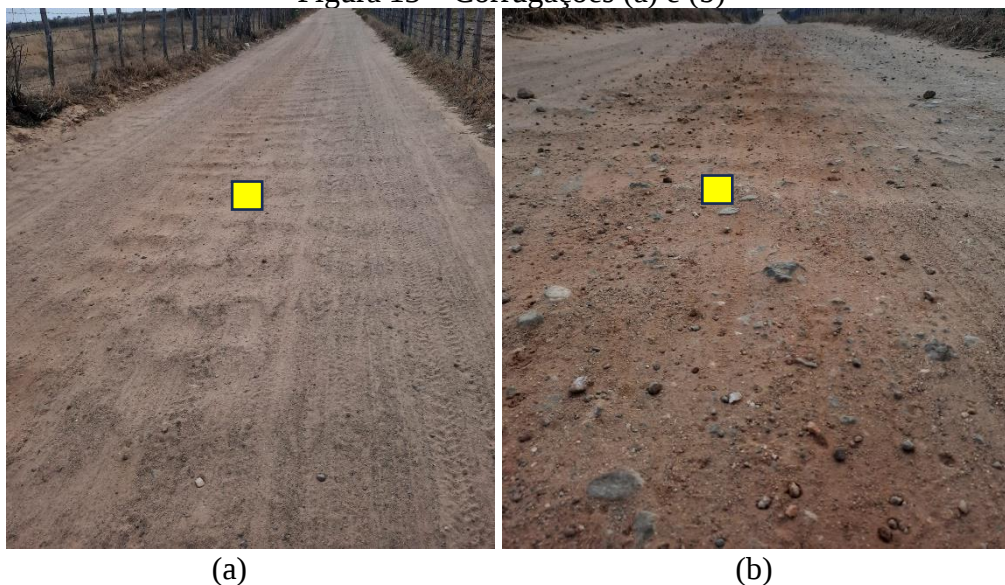
5.1 Análise Individual Por Trecho

TRECHO 1

No segmento identificado como trecho 1, observou-se a presença de múltiplas patologias, conforme classificação estabelecida pelo Departamento Nacional de Infraestrutura

de Transportes (DNIT, 2022). A principal patologia evidenciada foi a corrugação (ou “costela-de-vaca”), que pode ser observado na Figura 13, perceptível pela formação de ondulações transversais ao eixo da via, decorrentes da ação combinada do tráfego e precipitações pluviométricas. Esse tipo de defeito causa desconforto aos usuários, reduz a velocidade operacional e favorece o desgaste prematuro da superfície.

Figura 13 – Corrugações (a) e (b)



Fonte: Arquivo Pessoal (2025).

Para Reis *et al.* (2024) esse problema surge principalmente em trechos arenosos e em trechos onde o leito foi ocupado por material granular sem ligante (argila). O tráfego vai acumulando o material em ondulações transversais à estrada, causando violenta trepidação nos veículos.

Além da corrugação, foram identificadas panelas (buracos) de severidade alta (Figura 14), distribuídas de forma irregular ao longo do trecho. Ribeiro (2016) afirma que a formação de buracos se dá pela contínua expulsão de partículas sólidas do leito quando da passagem de veículos sobre um local onde há acúmulo de água. A presença desses buracos compromete significativamente a trafegabilidade e aumenta o risco de danos aos veículos.

Figura 14 – Buracos



Fonte: Arquivo Pessoal (2025).

Outra patologia relevante é o excesso de poeira observado no revestimento granular, indicativo de falta de umidade e presença de finos em proporção inadequada. Tal condição reduz a visibilidade e aumenta o desconforto durante o tráfego.

Oliveira et al. (2020) afirma que a ação abrasiva do tráfego em estradas não-pavimentadas eventualmente faz com que as partículas de solos aglutinantes se soltem da superfície de rolamento. Com a passagem do tráfego, formam-se nuvens de poeira que são um perigo para os veículos, além de causar problemas ambientais.

Verificou-se, ainda, seção transversal imprópria de baixa severidade, provavelmente causada pelo escoamento superficial das águas de chuva sem o devido direcionamento lateral, situação agravada pela deficiência no sistema de drenagem.

A seção transversal é um fator importante para a utilização de uma via dimensionada e executada corretamente, pois é através da declividade apropriada que as águas pluviais têm a correta destinação e não provocam problemas ou imperfeições na estrada (Assis, 2018).

TRECHO 2

No trecho 2, localizado em área de topografia levemente ondulada e composta por vegetação rasteira, foram observadas patologias de maior intensidade do tipo buracos, e deficiência de drenagem superficial, conforme a Figura 15.

Figura 15 – (a) Presença de buracos e (b) deficiência de drenagem



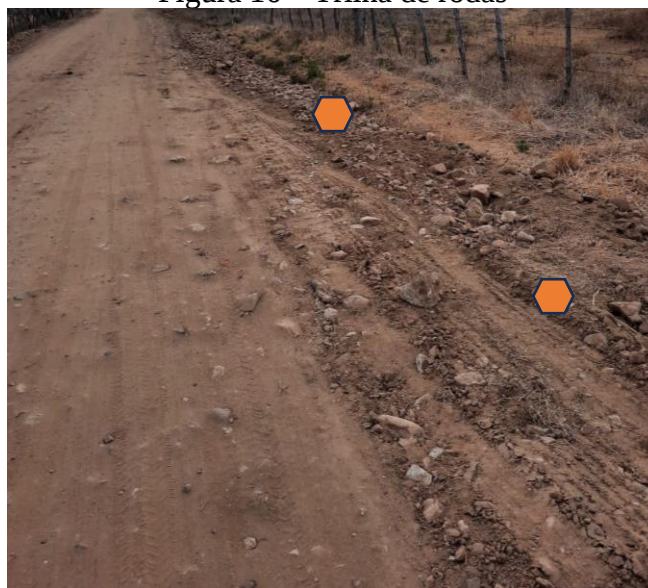
Fonte: Arquivo pessoal (2025).

A superfície de rolamento de uma estrada rural não pavimentada deve ser conformada, de tal modo que permita a drenagem eficiente das águas superficiais, que se precipitam sobre a plataforma para os dispositivos de captação e escoamento, como sarjetas, e valetas (Oliveira *et al.* 2020).

A ausência de sarjetas e dispositivos de escoamento favorece o acúmulo de água no local, intensificando a formação de panelas. De acordo com o DNIT (2022), a drenagem inadequada é um dos principais fatores responsáveis pela rápida perda de qualidade das estradas não pavimentadas, por afetar diretamente a resistência ao cisalhamento do solo e a estabilidade da plataforma.

Foi identificado também a ocorrência de trilhas de rodas, conforme pode ser observado na figura 16 a seguir, sua principal causa é o tráfego intenso e falhas na compactação do solo e a fragilidade dos materiais utilizados nas camadas de rolamento ou nas subjacentes (DNIT, 2022). Esse tipo de defeito pode reter água e acelerar o processo de erosão, contribuindo para a formação de buracos.

Figura 16 – Trilha de rodas



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

A Figura 17 apresenta um ponto do Trecho 2 em que é possível observar a presença de material acumulado nas laterais da estrada, resultado manutenção inadequada. Esse acúmulo de solo modifica a seção transversal do trecho, caracterizando uma seção transversal imprópria, uma vez que impede que a água escoe naturalmente para as margens. Como consequência, a drenagem superficial fica comprometida.

Figura 17 – Seção transversal imprópria



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

TRECHO 3

No trecho 3, verificou-se a ocorrência de processos erosivos significativo e de defeitos associados à ausência de drenagem, além da presença de excesso de vegetação na lateral da estrada e buracos isolados na faixa de rolamento.

A Figura 18 apresenta um dos pontos mais críticos do trecho 3, onde é possível identificar a ocorrência de erosão acentuada. Casarin (2008) afirma que a erosão provocada pela água no leito e nas margens das estradas rurais de terra está intimamente relacionada à má drenagem sendo um dos principais fatores para sua degradação.

Figura 18 – Presença de erosão



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

Uma drenagem deficiente pode ser identificada pela presença de poças d'água e ausência de valetas laterais funcionais, compromete a durabilidade do revestimento e causa a saturação do solo. Durante períodos chuvosos, a água permanece acumulada sobre a superfície, favorecendo o aparecimento de novos buracos e o aumento da profundidade a cada chuva.

Ribeiro (2016) diz que a ocorrência de drenagem inadequada na via deve-se ao funcionamento irregular de sarjetas e bueiros, devido a problemas relacionados com geometria inadequada da via ou falta de manutenção do sistema de drenagem que levam ao empoçamento de água na superfície de rolamento. A Figura 19 apresenta características de drenagem deficiente decorrente da geometria inadequada drenagem e o excesso de vegetação que não favorece o escoamento da água no trecho.

Figura 19 – Excesso de vegetação e ausência de drenagem



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

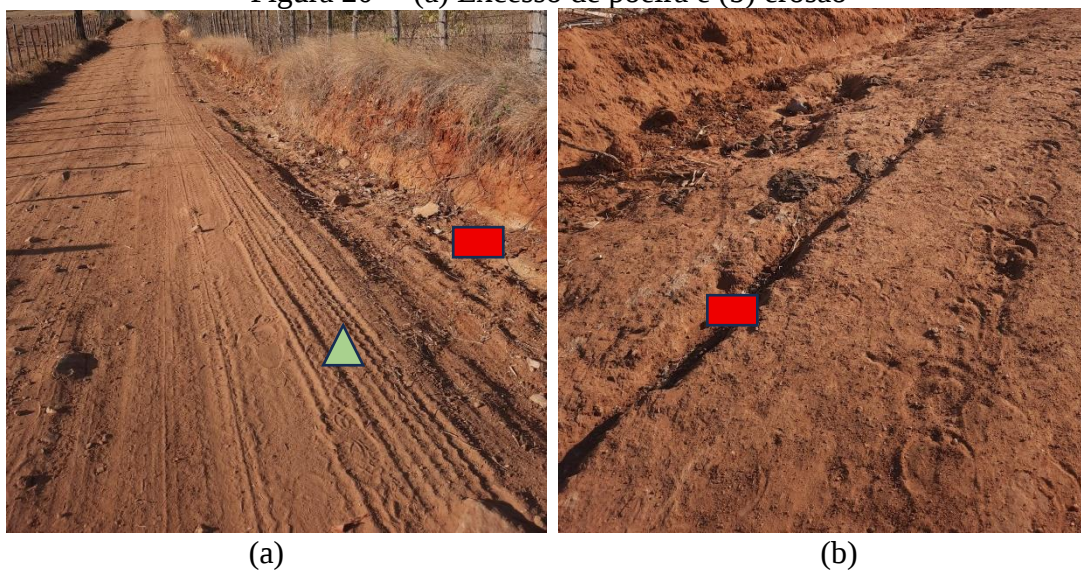
O excesso de vegetação que também pode ser identificado na Figura 19 contribui para a diminuição da largura útil do trecho, reduzindo a visibilidade e dificultando a passagem dos usuários nesse trecho, quando se encontra em períodos chuvosos, pode ocorrer o risco de escorregamento quando os usuários trafegam pela lateral para desviar dos buracos no trecho. A combinação de erosão, excesso de vegetação e buracos impacta diretamente a trafegabilidade, ocasionando desconforto e riscos aos usuários.

TRECHO 4

No Trecho 4, observou-se com maior frequência a presença do excesso de poeira, onde Baesso e Gonçalves (2003) afirmam que a formação do pó, que fica superficialmente nas camadas de rolamento nas rodovias é decorrente de uma perda da fração fina de partículas presentes nas mesmas que ocorre devido à desagregação da fração fina do solo superficial, essencial para conferir coesão ao revestimento primário.

Ainda segundo Baesso e Gonçalves (2003), a perda dessa fração fina resulta em uma superfície pulverulenta, suscetível à ação do tráfego e dos ventos, reduzindo significativamente o desempenho funcional da via. Essa patologia presente no trecho pode ser observada na Figura 20 (a).

Figura 20 – (a) Excesso de poeira e (b) erosão



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

De acordo com Casarin (2008) nos períodos chuvosos, no leito das estradas vicinais verifica-se concentração de volume de água nas sarjetas onde provocam desagregação de solo e carreamento deste para pontos mais baixos a jusante com aberturas de leiras, formando sangrias por onde os desagregados de solo e água escoam e se depositam nas áreas a jusante, deixando assim marcas que denominam erosão como podem ser observadas acima na Figura 20 (b) acima.

Outro aspecto relevante identificado foi a presença de material pedregulhoso solto na superfície, conforme ilustrado na Figura 21, esse material disposto na superfície do trecho é resultado de uma intervenção inadequada de manutenção, na qual agregados graúdos foram espalhados sobre a pista com o intuito de melhorar a trafegabilidade, com a ação do tráfego, essas pedras são facilmente deslocadas, podendo gerar trepidações excessivas, desgaste dos veículos e riscos de acidente aos usuários.

Figura 21 – Material predregulhoso



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

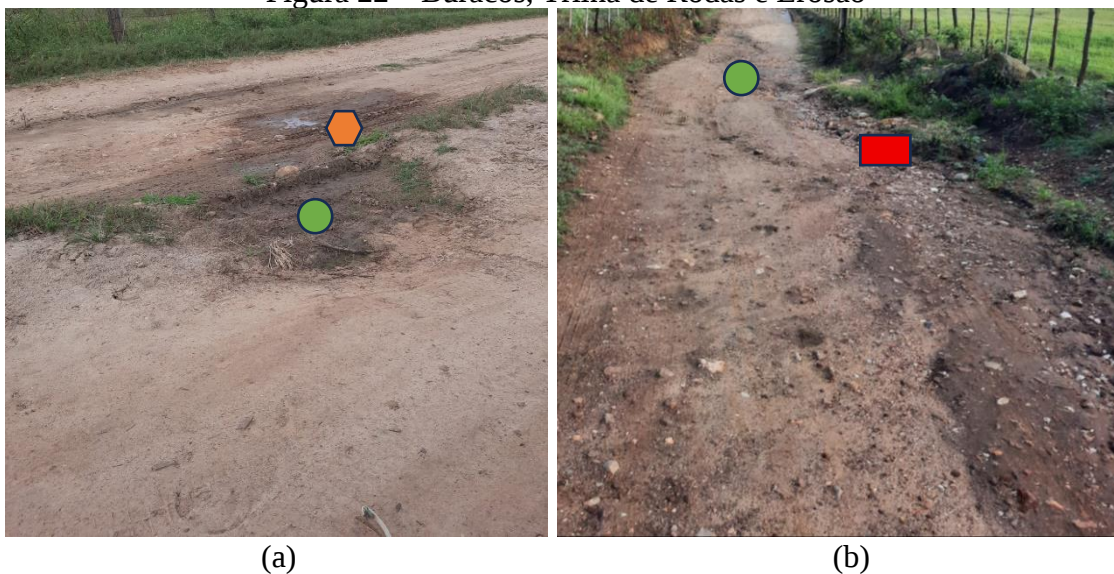
A combinação das patologias identificadas no trecho caracteriza-o em condição crítica de conservação. Comprometendo a integridade estrutural da estrada e acelerando sua deterioração, sobretudo durante o período chuvoso, quando o solo mais fino tende a ser removido rapidamente e o tráfego sobre o material grosseiro intensifica o processo de fragmentação da superfície.

TRECHO 5

O Trecho 5 apresentou um conjunto de patologias significativas que podem ser observadas na Figura 22, sendo esses buracos, trilhas de rodas, processo erosivo e ausência de drenagem, destacando-se essas as manifestações mais recorrentes.

Observa-se ainda a presença de deformações longitudinais profundas, acompanhadas de zonas com acúmulo de água e material desagregado, evidenciando um estágio avançado de deterioração do revestimento primário.

Figura 22 – Buracos, Trilha de Rodas e Erosão

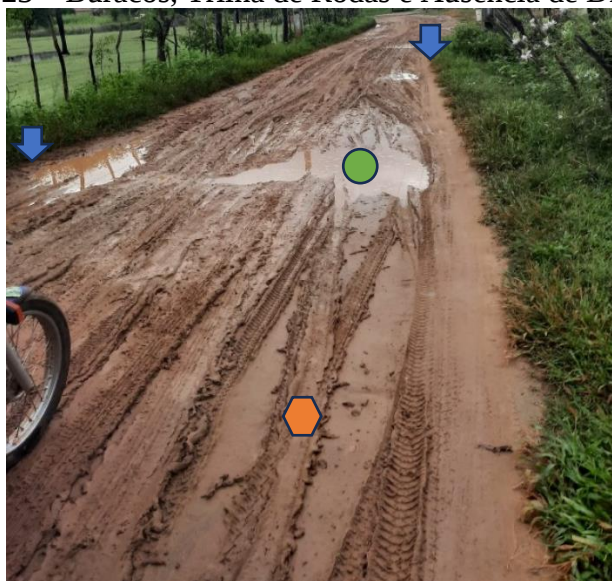


Fonte: Arquivo pessoal (2025).

A superfície de rolamento de uma estrada rural não pavimentada deve ser conformada, de tal modo que permita a drenagem eficiente das águas superficiais, que se precipitam sobre a plataforma para os dispositivos de captação e escoamento, como sarjetas, bigodes e valetas.

A deficiência de drenagem é a principal causa estruturante das patologias encontradas. A inexistência de sarjetas eficientes e a má conformação da seção transversal impedem o escoamento adequado das águas pluviais, resultando em poças e escoamento sobre a superfície das estradas. Esse processo provoca erosão superficial e contribui para a formação de sulcos, acentuando o desgaste do revestimento e agravando a instabilidade do solo.

Figura 23 – Buracos, Trilha de Rodas e Ausência de Drenagem



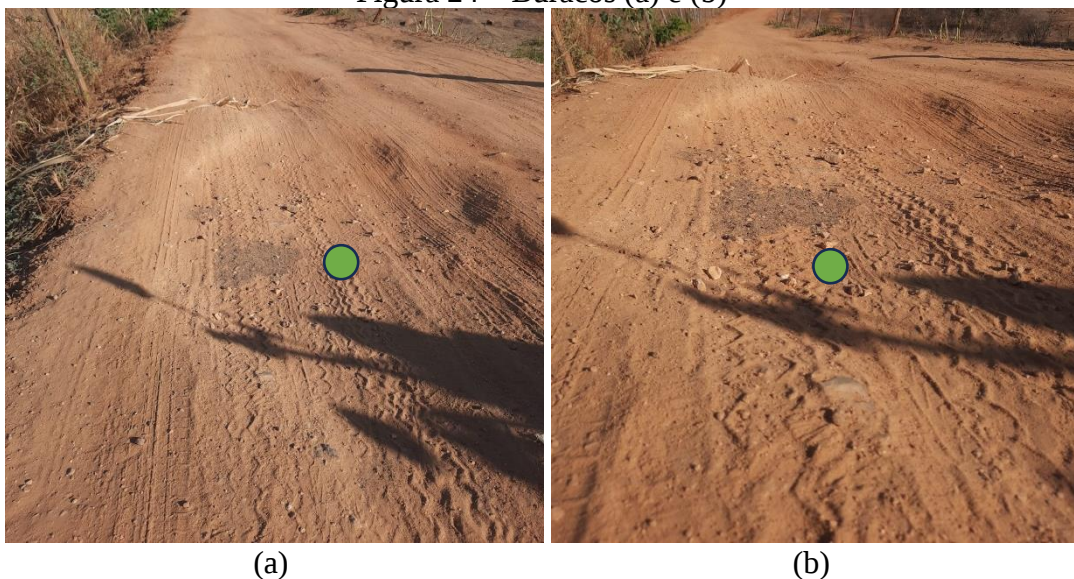
Fonte: Arquivo pessoal (2025).

De modo geral, o Trecho 5 apresenta condições funcionais comprometidas identificados na Figura 23 devido à ação combinada da água, do tráfego e das características do solo local. A presença simultânea de buracos, trilhas de rodas e drenagem deficiente indica a necessidade de intervenções imediatas, tanto corretivas quanto preventivas, visando restaurar a trafegabilidade e prolongar a vida útil da estrada.

TRECHO 6

O Trecho 6 apresentou degradações significativas do revestimento primário, destacando-se a presença de buracos, trilhas de rodas e erosão, conforme ilustrado na Figuras 23 e 24. Os buracos aparecem distribuídos ao longo do trecho conforme indicado na Figura 24, indicando perda de material granular e desagregação da superfície, fenômeno que ocorre quando o solo é exposto ao tráfego intenso sem compactação adequada ou após eventos de chuva que saturam o material e reduzem sua resistência.

Figura 24 – Buracos (a) e (b)



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

Na Figura 25 apresentada a seguir, a erosão longitudinal se destaca como a principal patologia observada. Nota-se a formação de sulcos ao longo da faixa de rolamento, resultantes do escoamento concentrado das águas sobre o trecho devido à ausência de drenagem adequada e à perda de material da superfície. Essa condição compromete significativamente a regularidade da via, reduz a segurança dos usuários e favorece o avanço de outros defeitos, como buracos e deformações permanentes.

Figura 25 – Erosão



Fonte: Arquivo pessoal (2025).

Esses defeitos são resultantes da remoção do material de revestimento em pontos de maior solicitação dinâmica ou de deficiências na drenagem superficial, permitindo o acúmulo e infiltração de água durante períodos chuvosos.

De maneira geral, as patologias encontradas no Trecho 6 resultam da combinação entre tráfego constante, características geotécnicas do solo local e ausência de manutenção periódica. A ação conjunta desses fatores leva à instabilidade do revestimento primário, aumentando o risco de acidentes e reduzindo significativamente o conforto e a segurança dos usuários.

5.2 Análise Geral Dos Resultados

Com base nas visitas em campo, registros fotográficos e nos dados coletados, verificou-se que os trechos analisados apresentam diferentes níveis de degradação, embora compartilhem patologias bem semelhantes, como buracos (panelas), corrugações, trilhas de roda, erosão superficial e ausência ou deficiência de drenagem. De forma geral, os trechos analisados demonstram condições estruturais comprometidas, caracterizando níveis de irregularidade que afetam diretamente o conforto e a segurança dos usuários.

Fatores como a ação das chuvas, o tráfego de veículos pesados e a falta de intervenções técnicas adequadas contribuem para o surgimento de diversas patologias nas vias não pavimentadas, como buracos, excesso de poeira, drenagem inadequada, dentre outras.

De acordo com Nunes (2003) as características básicas que devem ser observadas numa estrada de terra a fim de se garantir condições de tráfego satisfatórias são: capacidade de suporte compatível com o tráfego e condições de rolamento e aderência adequadas ao conforto e segurança do usuário.

Ainda de acordo com a pesquisa de Nunes (2003), as principais causas de defeitos nessas estradas são a falta de capacidade do subleito, o mau desempenho da superfície de rolamento e a deficiência no sistema de drenagem.

A classificação obtida por meio do Índice de Condição da Manutenção de Rodovias Não Pavimentadas (ICMNP) indica um desempenho predominantemente entre ruim e péssimo, sendo necessária a adoção de medidas de manutenção corretiva e de intervenções mais profundas em alguns segmentos.

A Tabela 7 e Tabela 8 apresenta a ficha de avaliação utilizada para o cálculo do Índice de Condição da Manutenção de Rodovias Não Pavimentadas (ICMNP), conforme metodologia proposta pelo DNIT (2022). Nela estão registradas as principais patologias identificadas em cada trecho analisado, indicando sua severidade — baixa (B), média (M) ou alta (A) — para defeitos como panelas, corrugações, excesso de poeira, seção transversal imprópria, trilhas de roda e deficiência de drenagem. A organização desses dados permitiu visualizar de forma clara

a distribuição e intensidade dos problemas que afetam o desempenho das estradas vicinais avaliadas.

Tabela 7 – Ficha de Avaliação para o cálculo do ICMNP

TRECHO	EXTENSÃO(KM)	LARGURA (M)	CONDIÇÃO DA PISTA DE ROLAMENTO																	
			PANELA			CORRUGAÇÕES			EXCESSO DE POEIRA			SEÇ. TRANS. IMPR.			TRILHA DE RODA			DRENAGEM		
			A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B
1	1	6	X			X					X			X						X
2	0,4	6		X			X				X		X					X		
3	0,6	4	X					X		X				X			X		X	
4	0,3	4	X					X		X			X				X	X		
5	0,4	5	X					X		X			X						X	
6	0,6	4	X				X			X				X			X	X		

Fonte: Autoria própria (2025).

A partir dessas informações, foi calculado o ICMNP para cada um dos seis trechos estudados, cujos resultados estão apresentados na Tabela 8. Observa-se que os valores variam entre 63 e 79 pontos, com média igual a 68. De acordo com os critérios do DNIT (2022), esse intervalo corresponde predominantemente à condição péssima, indicando que os segmentos analisados apresentam elevado grau de degradação, comprometendo a segurança e a trafegabilidade dos usuários.

Tabela 8 – Resultado do ICMNP

TRECHO	ICMNP	CONDIÇÃO
1	70	PÉSSIMO
2	65	RUIM
3	66	PÉSSIMO
4	79	PÉSSIMO
5	63	RUIM
6	76	PÉSSIMO
MÉDIA	68	PÉSSIMO

Fonte: Autoria própria (2025).

É possível notar que quatro dos seis trechos avaliados (1, 3, 4 e 6) foram classificados diretamente como péssimos, enquanto os trechos 2 e 5 apresentaram condição ruim, embora ainda abaixo do aceitável para um desempenho satisfatório. Esses resultados confirmam a presença de patologias severas e recorrentes.

Além disso, ao comparar os resultados obtidos com estudos semelhantes que aplicaram a metodologia do ICMNP em outras regiões do país, observou um comportamento convergente em relação às principais patologias identificadas. Nos estudos de Alencar et al. (2024) e Reis et al. (2024) apontam que buracos, erosão e deficiência de drenagem também se destacam como os defeitos mais recorrentes em estradas não pavimentadas, sobretudo períodos chuvosos ou com manutenção limitada.

A análise conjunta das Tabelas 7 e Tabela 8, juntamente com as visitas aos trechos, evidencia que as estradas vicinais do município de José da Penha–RN encontram-se em estado crítico, requerendo intervenções imediatas de manutenção corretiva, bem como a implementação de um plano de manutenção preventiva para evitar a reincidência das patologias identificadas.

A severidade dos defeitos está associada principalmente à combinação entre:

- Condições climáticas típicas do semiárido;
- Tráfego recorrente de veículos pesados;
- Solos de baixa capacidade de suporte na região, e
- Falta de manutenção periódica e ausência de dispositivos adequados de drenagem.

5.3 Propostas De Medidas Corretivas E Preventivas

Com base nos resultados apresentados e na classificação dos trechos, segundo o Índice de Condição da Manutenção de Rodovias Não Pavimentadas (ICMNP), conforme metodologia do DNIT (2022), e estudos realizados em outros locais do Brasil por meio de trabalhos publicados na literatura, torna-se essencial a proposição de intervenções corretivas e preventivas que garantam a recuperação funcional das estradas vicinais avaliadas e a redução da reincidência das patologias identificadas.

5.3.1 Buracos (Panelas)

- Implantação de sistema de drenagem adequado e restabelecimento do abaulamento da pista;
- Tratamento do revestimento primário, equilibrando materiais granulares;
- Recompactação do solo na umidade ótima;
- Fechamento dos buracos com material adequado quando a reconformação completa não for possível.

5.3.2 Corrugações

- Substituição do subleito por material com maior capacidade de suporte;
- Melhoria da drenagem e da seção transversal;
- Garantia de compactação correta durante manutenção;
- Execução do agulhamento em solos argilosos, utilizando material granular grosseiro.

5.3.3 Excesso de Poeira

- Aplicação de revestimento superficial selante (argiloso ou escória);

- Recompactação do solo na umidade ótima;
- Substituição do material pulverulento por solo mais estável;
- Uso de revestimento primário selante para consolidação dos finos.

5.3.4 Seção Transversal Imprópria

- Reconformação da seção por meio de cortes e aterros adequados;
- Patrolamento com compactação;
- Ajuste da declividade de abaulamento (entre 2% e 4%, conforme norma).

5.3.5 Trilhas de Roda

- Substituição do material da superfície e do subleito por material resistente e com menos finos;
- Execução de drenagem eficiente (sarjetas, sangras, drenos);
- Compactação adequada, utilizando equipamento apropriado ao tipo de solo (ex.: rolo pé-de-carneiro para solos argilosos).

5.3.6 Deficiência ou Ausência de Drenagem

- Construção e limpeza periódica de sarjetas laterais;
- Implantação de bueiros tubulares ou simples nos pontos de acúmulo de água;
- Correção da declividade transversal da via (2% a 4%);
- Manutenção regular dos dispositivos de drenagem.

5.3.7 Erosão

- Implantação de sistema eficiente de drenagem;
- Cobertura das áreas afetadas com material argiloso compactado;
- Restabelecimento do abaulamento (aproximadamente 3%);
- Reestruturação do revestimento primário, com compactação final;
- Aplicação de proteção vegetal nas laterais.

5.3.8 Crescimento Excessivo de Vegetação

- Roçada mecânica das margens da via;
- Limpeza de resíduos e sedimentos acumulados;
- Manutenção das áreas de drenagem desobstruídas para garantir o fluxo adequado da água.

A implementação das soluções propostas para as estradas vicinais do município de José da Penha–RN resultará em um aumento significativo da trafegabilidade, uma vez que a correção das patologias identificadas e a reestruturação do revestimento primário permitirão um deslocamento mais confortável, seguro e contínuo dos usuários.

A aplicação das diretrizes propostas possibilitará maior durabilidade das estradas, contribuindo assim para um planejamento estruturado das estradas vicinais do município. Ao seguir metodologias consolidadas, como o ICMNP do DNIT, para avaliar as condições das estradas, seguindo um modelo de medidas corretivas e preventivas a gestão pode passar a contar com um instrumento técnico confiável para orientar decisões, estabelecer prioridades e garantir que os recursos destinados à infraestrutura sejam aplicados de maneira estratégica, assegurando benefícios de longo prazo para seu município.

6 CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que todos os trechos avaliados apresentam algum nível de degradação relevante, dentre a principal patologia destaca-se a deficiência ou ausência de drenagem, seguido de buracos, corrugações, trilhas de roda, erosão superficial, e excesso de poeira. A severidade desses defeitos está diretamente associada às características climáticas do semiárido, às propriedades geotécnicas dos solos locais, à intensidade do tráfego e, principalmente, à falta de manutenção periódica e de dispositivos de drenagem adequados.

Sobre o impacto das patologias na trafegabilidade e na segurança dos usuários, verificou-se que os trechos apresentam condições críticas, com risco de danos aos veículos, desconforto durante o tráfego e até mesmo possibilidade de acidentes em pontos com erosão mais profunda.

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que as estradas vicinais de José da Penha–RN encontram-se em condição estrutural insuficiente, em grande parte devido à carência de manutenção periódica e à ausência de dispositivos de drenagem eficientes. Ressalta-se a necessidade urgente de implantação de um plano de manutenção preventiva contínua, acompanhado de intervenções técnicas adequadas, de modo a proporcionar maior durabilidade ao revestimento primário, melhorar a circulação de veículos e favorecer o desenvolvimento socioeconômico local.

Conclui-se, portanto, que a situação atual das estradas vicinais de José da Penha–RN demanda atenção imediata do poder público municipal, sendo fundamental a implementação de um plano contínuo de manutenção e de intervenções estruturais compatíveis com as necessidades locais. Espera-se que os resultados obtidos neste trabalho possam subsidiar futuras ações de conservação, auxiliar no planejamento das equipes responsáveis e contribuir para a melhora da mobilidade rural e da qualidade de vida da população que depende diretamente dessas vias.

6.1 Sugestões para trabalhos futuros

Com base nas observações realizadas durante esta pesquisa, recomenda-se que estudos futuros considerem:

1. **Caracterização e análise do comportamento mecânico dos solos locais:** Recomenda-se que estudos futuros realizem a caracterização completa dos solos presentes nas estradas vicinais, identificando sua composição granulométrica, plasticidade, teor de

finos e demais propriedades geotécnicas. Também que sejam realizados ensaios laboratoriais para identificar parâmetros de resistência, permitindo selecionar materiais mais adequados para o revestimento primário.

2. **A implantação de soluções alternativas de estabilização do solo:** Como uso de aglomerantes, resíduos industriais ou produtos estabilizantes, avaliando o ganho de desempenho e a viabilidade econômica.
3. **Monitoramento periódico das estradas vicinais:** Com uso de geotecnologias, como drones e sistemas de georreferenciamento, possibilitando diagnósticos mais rápidos e precisos.
4. **A avaliação dos custos de manutenção preventiva e corretiva:** Elaborando propostas de planejamento viário mais eficientes e economicamente sustentáveis para o município.

REFERÊNCIAS

- A. FILHO, L. H. et al. **Avaliação técnico-econômica de melhoramentos e estabilizações aplicadas ao revestimento primário de uma rodovia federal não pavimentada.** In: ENACORRAPV, 2025, on-line. Disponível em: <https://enacorrapv.com.br/anais/2025/TT803.pdf>. Acesso em: 28 nov.2025.
- ALENCAR, Daniel de Sousa; GUIDA, Walter Augusto Macedo; LOURENÇO NETO, Lázaro; SANTANA, Leonardo Moreira. **Análise de manifestações patológicas em estradas de terra no município de Guaraí/TO.** Revista Novos Desafios, v. 4, n. 1, p. 28–44, 2024. Disponível em: <https://novosdesafios.inf.br/index.php/revista/article/view/71>. Acesso em: 3 dez. 2025.
- ASSIS, João Carlos Silva. **Estudo e verificação de patologias em estradas não pavimentadas e suas soluções.** Rio de Janeiro: Escola Politécnica, UFRJ, 2018. 59, p.
- BAESSO, Dalcio Pickler; GONÇALVES, Fernando Luiz R. **Estradas rurais: técnicas adequadas de manutenção.** Florianópolis: Governo do Estado de Santa Catarina, 2003. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/409445208/Tecnicas-Adequadas-de-Estradas-de-Terra-Baesso-e-Goncalves-pdf>. Acesso em 03 dez. 2025.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Estradas vicinais: orientações para o planejamento, construção e manutenção.** Brasília: MAPA, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/programa-aguas-do-agro/arquivos/orientacoes_ada_2_estradasvicinais1_m.pdf. Acesso em: 8 maio. 2025.
- BRASILAGRO. 2015. **Brasil tem apenas 13% das estradas pavimentadas.** Disponível em: <https://brasilagro.wordpress.com/2015/11/09/brasil-tem-apenas-13-dasestradaspavimentadas/>. Acesso em: 02 set.2025
- CASARIN, Rui Donizete. **Controle de erosão em estradas rurais não pavimentadas, utilizando sistema de terraceamento com gradiente associado a bacias de captação.** 2008. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, 2008. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/4422a56e-32cd-48ba-94560746d0200392>. Acesso em: 01 dez. 2025.
- DALOSTO, João Augusto Dunck; COLTURATO, Silvio Cesar Oliveira; PASQUALETTO, Antônio. **Estradas vicinais de terra: estudo técnico da rodovia MT-336.** Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 13, n. 23, p. 1637-1648, 2016. DOI: 10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2016_147. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2016a/engenharias/Estradas%20vicinais.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2025.
- DEPARTMENT OF TRANSPORT. The Structural Design, Construction and Maintenance of Unpaved Roads - Draft TRH 20 - Technical Recommendations for Highways. Department of Transport, Pretoria, South Africa, p. 40. DOT, 2009.
- DNIT. Resolução nº 5, de 29 de abril de 2022. Estabelece diretrizes para a avaliação e diagnóstico de estradas não pavimentadas. Brasília, DF: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/dnit/pt-br/central-de>

conteudos/atos-normativos/tipo/resolucoes/resolucao-5-2022-dir-ba-080-de-29-04-2022.pdf>. Acesso em: 11 maio.2025.

ESTUDO TÉCNICO – ESTRADAS VICINAIS: **Importância das vias rurais para o escoamento da produção agrícola e mobilidade da população.** 2025. Disponível em: https://cnm.org.br/storage/biblioteca/2025/Estudos_Tecnicos/20250811_ET_MOBI_estudo_e_stradas_vicinais.pdf . Acesso em: 25 dez. 2025.

FATTORI, Bernardo José. **Manual para manutenção de estradas com revestimento primário.** Monografia, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). José da Penha - RN. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/jose-da-penha.html>. Acesso em: 11 maio. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). José da Penha – Panorama. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/jose-da-penha/panorama>. Acesso em: 11 maio.2025

MARTINS, André Soares; CAMPOS, Daniel Baracuy da Cunha; NASCIMENTO, Maria das Vitórias do. **Estradas vicinais não pavimentadas: avaliação das condições de trafegabilidade em trecho contido em comunidade do Sertão de Pernambuco, Brasil.** Research, Society and Development, v. 9, n. 10, p. e1699108652, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i10.8652. Disponível em: <https://share.google/1WIM1Q3uTSitealFq>. Acesso em: 18 set. 2025.

MATOS, Luciana Correia Alcântara; ANDRADE, Nyelson Argolo. **Método de avaliação para estradas vicinais.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 16., 2019, São Paulo. *Anais...* São Paulo: ABGE, 2019. Disponível em: https://www.schenautomacao.com.br/cbge/envio/files/trabalho_247.pdf. Acesso em: 21 set. 2025.

MEDEIROS, Kellen Poliana Mendes de. **Estudo do uso da escória siderúrgica de alto forno e estéril de mineração como alternativa de revestimento primário em estradas não pavimentadas.** 2019. 80 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

NUNES, Tercia Valfridia Lima. (2003). **Método de Previsão de Defeitos em Estradas Vicinais de Terra com Base no Uso das Redes Neurais Artificiais: Trecho de Aquiraz – CE.** Dissertação de Mestrado, Programade Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 118 fls.

OLIVEIRA, Larissa Raquel; BATISTA, Rosimeire Silva. **Manutenção e conservação da estrada vicinal do entre ribeiros.** Humanidades e tecnologia (FINOM), v. 22, n. 1, p. 86-95, 2020.

PINHEIRO, Alexandre Victor Silva; DE SOUZA SILVA, Matheus Ferreira; SALOMÃO, Pedro Emílio Amador. Patologias em estradas vicinais: a importância da manutenção e conservação de vias rurais para o desenvolvimento regional. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 2, n. 1, 2020.

PITTELKOW, Graciele Carls. **Erosão em estrada de terra, no Campo de Instrução de Santa Maria (CISM). 2013. 115 f.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

REIS, Thayssa Leite dos; BARROS, Willian Roque; MERABET Júnior, José Carlos Frazão. **Avaliação do estado de duas estradas vicinais no município de Gurupi-TO.** Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v. 12, 2024. Disponível em: <https://repositorio.unirg.edu.br/documento/178/view>. Acesso em: 21 set. 2025.

RIBEIRO, Laura Carine Pereira. **Avaliação funcional da superfície de rolamento e práticas de manutenção com viés ambiental aplicadas a uma estrada de terra de Viçosa- MG.** 2016. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2016. Disponível em: <https://locus.ufv.br/server/api/core/bitstreams/9362fe4a-a102-41b1-8beffc4f81e3dd29/content> Acesso em 05 dez. 2025.

SILVA, Taciano Oliveira da. **Estudo de estradas não pavimentadas da malha viária do município de viçosa-mg.** 2009. 130 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2009.

SINFRA, SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA. **Manual de instruções para o levantamento do ICM e ICMNP.** Versão 1.0. Jun. 2025. Disponível em: <https://www.sinfra.mt.gov.br/documents/d/sinfra/2-anexo-unico-manual-de-icm-final-pdf>. Acesso em: 26 nov. 2025.

ZOCCAL, José Carlos.; SILVA, Paulo Augusto Rodrigues. **Soluções: Caderno de Estudos em Conservação do Solo e da Água.** 2 ed. São José do Rio Preto, Companhia de Desenvolvimento Agrícola de São Paulo – CODASP, 2016, 118 p.