



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

DJALMA DA COSTA FONTES NETO

**CARACTERIZAÇÃO DE ESTRADAS VICINAIS REVESTIDAS DE AGREGADO
NATURAL: UM ESTUDO DE CASO.**

Pau dos Ferros – RN

2022

DJALMA DA COSTA FONTES NETO

**CARACTERIZAÇÃO DE ESTRADAS VICINAIS REVESTIDAS DE AGREGADO
NATURAL: UM ESTUDO DE CASO.**

Monografia apresentada ao Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros-RN, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como requisito para a obtenção do título de Bacharel Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Marília Cavalcanti Santiago,
Prof.^a Me.

Pau dos Ferros – RN

2022

© 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.

F682c Fontes Neto, Djalma da Costa.
CARACTERIZAÇÃO DE ESTRADAS VICINAIS REVESTIDAS
DE AGREGADO NATURAL: UM ESTUDO DE CASO. / Djalma
da Costa Fontes Neto. - 2022.
51 f. : il.

Orientadora: Marília Cavalcanti Santiago.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2022.

1. estradas rurais. 2. pavimentação. 3.
defeitos. 4. manutenção e reparo. 5. Luís Gomes-RN.
I. Santiago, Marília Cavalcanti , 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: 1115

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.

DJALMA DA COSTA FONTES NETO

CARACTERIZAÇÃO DE ESTRADAS VICINAIS REVESTIDAS DE AGREGADO NATURAL: UM ESTUDO DE CASO.

Monografia apresentada ao Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros-RN, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como requisito para a obtenção do título de Bacharel Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 13 / Junho/ 2022.

BANCA EXAMINADORA

Marília Cavalcanti Santiago

Assinado de forma digital por Marília Cavalcanti Santiago
Dados: 2022.06.14 09:08:30 -03'00'

Marília Cavalcanti Santiago, Prof.^a Me. (UFERSA)
Presidente

Documento assinado digitalmente



ADLA KELLEN DIONISIO SOUSA DE OLIVEIRA
Data: 15/06/2022 09:02:58-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Adla Kellen Dionisio Sousa de Oliveira, Prof.^a Dra. (UFERSA)
1º Membro Examinador

WESLEY DE OLIVEIRA
SANTOS:01354154380

Assinado de forma digital por WESLEY DE OLIVEIRA SANTOS:01354154380
Dados: 2022.06.14 17:51:16 -03'00'

Wesley de Oliveira Santos, Prof. Dr. (UFERSA)
2º Membro Examinador

*Everton Carvalho de Fontes (In
Memoriam).*

Rosineide Maria de Lima

Raimundo Jácome de Lima Fontes

Diane Otília Lima Fontes

Sandrielly de Araújo Bento

AGRADECIMENTOS

Em especial a meu amado e querido pai, Everton Carvalho de Fontes (In Memoriam), que me educou com princípios éticos e valores morais que constituíram minha formação como uma pessoa do bem, com ensinamentos e lições para ser forte nas situações mais adversas, mostrando que a maior vitória da vida é viver. A ti, toda gratidão, respeito, admiração e amor incondicional de um filho que sente sua falta diariamente.

À minha amada e querida mãe, Rosineide Maria de Lima, por todo amor, carinho, atenção e dedicação nessa jornada. Foi o meu porto seguro nos momentos em que mais precisei de apoio. Sua força e sua garra foram imprescindíveis para chegar até aqui. A ti, minha eterna gratidão em forma de amor, respeito, admiração e reconhecimento por tudo que fizestes e vem fazendo. Você é a minha maior inspiração e a tradução mais perfeita do amor em minha vida!

À minha namorada, Sandrielly de Araújo Bento, que me inspira e incentiva. Estar ao seu lado traz leveza para os meus dias, traz motivos para sorrir e sonhar. Nos dias bons e ruins durante a trajetória deste curso, nunca soltou a minha mão. Você é uma mulher incrível e eu tenho a sorte de ter ao meu lado para compartilhar e dividir momentos marcantes. A você toda minha gratidão em forma de muita paixão e amor.

Aos meus irmãos, Diane Otília e Raimundo Jácome, por transmitir coragem e determinação na busca deste objetivo tão almejado e por manter o pilar que une nossa família forte e indestrutível. A vocês, o meu amor e carinho.

À toda família Fontes na figura do patriarca meu avô (In Memoriam), grande exemplo de ser humano, Djalma Fontes, e da matriarca minha avó, Ana Maria, de minhas tias, Maria de Jesus, Anailda, Anademes e Anazete e primos, Raimundo Neto, Luís Antônio, Mariana, Mateus, Jaime, Hanna, Maria Alice, Ana Júlia e Pedro Henrique. A todos vocês, meu muito obrigado por estarem presente nos momentos mais difíceis e nos mais alegres. Amo vocês incondicionalmente!

À Família Lima, em especial meus tios Roberto, Roberlânio e Rogério, três grandes homens que são fonte de inspiração a qual busco trilhar os mesmos caminhos. As minhas tias, Rozélia, Rosiane, Sandra, Carla e Patrícia, vocês são essenciais e motivo de orgulho e admiração pela força, determinação e comprometimento. Aos meus primos(as)-irmãos, Deivson Wendell e Livia, Dennis Rogério e Cláudia, Lucas, Sara e Laura. Faltam palavras para agradecer todo o apoio e carinho durante os anos de formação acadêmica. Aos primos(as) Zildamir, Nicácio, José Neto, Ana Tereza e Ana Catarina. A minha tia-avó, Tia Ucir (in memoriam). A Evaldo, grande homem. A todos vocês, obrigado pelo exemplo de união, amor, cuidados e por mostrar que a maior riqueza dessa vida é a família.

À minha orientadora, Marília Cavalcanti Santiago, pelo seu suporte, pelas conversas, pelos conselhos, por doar seu tempo e seu conhecimento, ajudando e

contribuindo com o meu trabalho, sempre me atendendo nos momentos de dúvidas, disponibilizando-me excelentes materiais de base para minhas pesquisas desta monografia, me ajudando a construir e realizar mais um sonho. Minha admiração, reconhecimento e carinho por essa excelente profissional, professora e amiga.

À Banca Examinadora por doar tempo, atenção e conhecimento aceitando o convite de avaliar e contribuir com esta pesquisa.

Aos amigos Ney Alexandro, Wendel Pires, Wanderson Lucas, Gustavo Gomes, Leandro Fernandes, Kelvy Guilherme, Isaac Abrantes e Ciro Leandro por se fazerem presentes em todos os momentos em que precisei, com conversas, risadas e conselhos.

A Deus pelo dom da vida. Me sinto abençoado por gozar de saúde e força de vontade para superar todas as barreiras enfrentadas até aqui. Tudo isso só é possível pela minha fé inabalável na energia que emana do Arquiteto do Universo.

RESUMO

As estradas rurais constituem a tipologia de vias mais encontradas no nosso país, com um papel fundamental para o desenvolvimento socioeconômico brasileiro, em especial nas zonas rurais. Sendo assim a preservação dessas vias é vital para o tráfego de veículos, devendo-se atentar para as características presentes nessas estradas, e que interferem nos processos de manutenção e reparo. O funcionamento adequado das agrovias, vias destinadas ao acesso e o escoamento da produção agrícola, depende da realização periódica de manutenções que devem ser executadas corretamente, promovendo a conservação das condições ideais de tráfego por mais tempo. Este trabalho procura identificar os principais defeitos e suas potenciais causas em estradas rurais do município de Luís Gomes-RN, através de levantamento de dados por meio de pesquisa de campo com registros fotográficos e consultas realizadas junto ao poder público. Através deste estudo foi possível identificar que as estradas rurais, do município em questão, sofrem com a ausência de manutenções inadequadas, com falta de profissionais técnicos para acompanhar e orientar os serviços, e com a carência de um projeto bem elaborado de gerenciamento das estradas de rodagem do município. Foi possível constatar a necessidade de esclarecer aos órgãos responsáveis a importância de se criar programas de gerenciamento de tráfego das estradas rurais, com ações de análises periódicas apontando melhorar e adequar as manutenções, os reparos e a segurança e conforto para o tráfego de veículos.

Palavras-chave: *estradas rurais, pavimentação, defeitos, manutenção e reparo, Luís Gomes-RN.*

ABSTRACT

Rural roads are the most found type of road in our country, with a fundamental role for Brazilian socioeconomic development, especially in rural areas. Therefore, the preservation of these roads is vital for vehicle traffic, and it should be taken into care of the characteristics present in these roads, and that interfere in the maintenance and repair processes. The proper functioning of agro-routes, routes for access and disposal of agricultural production, depends on the periodic performance of maintenance that must be carried out correctly, promoting the conservation of ideal traffic conditions for longer. This work seeks to identify the main defects and their potential causes in rural roads in the municipality of Luís Gomes-RN, through data collection through field research with photographic records and consultations carried out with the public authorities. Through this study it is possible to identify those rural roads, in the municipality in question, suffer from the absence of inadequate maintenance, with a lack of technical professionals to monitor and guide services, and with the lack of a well-designed project to manage the city's road. It was possible to verify the need to clarify to the responsible agencies the importance of creating traffic management programs for rural roads, with periodic analysis actions aiming to improve and adapt maintenance, repairs and safety and comfort for vehicle traffic.

Keywords: *rural roads, paving, defects, maintenance and repair, Luís Gomes-RN.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Categoria A.	26
Figura 2: Categoria B.	26
Figura 3: Categoria C.	26
Figura 4: Categoria D.	27
Figura 5: Agregados naturais.	28
Figura 6: Agregados artificiais.	28
Figura 7: Agregados miúdos.	29
Figura 8: Agregados graúdos:	29
Figura 9: Fluxograma sobre os métodos de pesquisa a ser realizado.	36
Figura 10: Localização do município de Luís Gomes no mapa do Rio Grande do Norte.	36
Figura 11: Traçado das Estradas Vicinais Observadas.....	37
Figura 12: Estradas rurais pavimentadas e não pavimentadas de Luís Gomes-RN.	38
Figura 13: Surgimento de valas nas estradas rurais de Luís Gomes-RN.....	39
Figura 14: Trechos com a seção transversal inadequada das estradas rurais de Luís Gomes-RN.	40
Figura 15: Trechos com defeitos característicos da falta de drenagem nas estradas rurais de Luís Gomes-RN.....	42
Figura 16: Trechos com buracos nas estradas rurais de Luís Gomes-RN.....	43
Figura 17: Trechos com trilha de roda nas estradas rurais de Luís Gomes-RN.....	44
Figura 18: Dados pluviométricos do município de Luís Gomes-RN durante o ano de 2022 e a sua média histórica.....	45
Figura 19: Agregados utilizados na pavimentação das estradas rurais de Luís Gomes- RN.	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVO GERAL	18
2.1	Objetivos Específicos	18
3	REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1	A importância das Estradas Rurais e os Problemas Encontrados.....	19
3.2	Classificação das Rodovias	21
3.3	Estradas Rurais	25
3.4	Agregados	27
3.5	Drenagem de Estradas	34
4	METODOLOGIA	35
4.1	Métodos de Pesquisa.....	35
4.2	Caracterização da área de estudo	36
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1	Problemas Identificados nas Vias Rurais de Luís Gomes-RN	38
5.1.1	Seção Transversal Inadequada.....	40
5.1.2	Drenagem Inadequada e/ou Inexistente	41
5.1.3	Buracos	42
5.1.4	Trilhas de Rodas.....	43
5.2	Índices Pluviais	44
5.3	Estradas Rurais de Luís Gomes-RN Pela Visão da Secretaria Municipal de Obras	45
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
7	REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

A história da pavimentação está ligada diretamente com o desenvolvimento da humanidade. O povoamento dos continentes, as conquistas de territórios, a abertura do mercado comercial, a disseminação e o intercâmbio cultural e religioso, o surgimento de cidades e dos grandes centros, entre outras etapas do desenvolvimento da humanidade. Tudo isso confirma o caminho percorrido até a atualidade.

Bernucci *et al.* (2008) diz que, assim como os pavimentos, a história também é edificada em camadas e, repetidamente, as estradas abrem uma porta para analisar e estudar o passado. Segundo esse mesmo autor as estradas são, quase sempre, as primeiras investigações arqueológicas no contexto de explorações de civilizações antigas.

A pavimentação tem um papel importantíssimo para o avanço de técnicas de construção de rodovias. Uma das estradas mais antigas do mundo foi construída para facilitar o transporte dos blocos gigantescos de pedras utilizadas na construção das pirâmides do Egito (2600-2400 a.C.). Esse transporte se deu através do arraste, utilizando-se água, azeite ou musgo molhado para permitir o deslizamento e amenizar o atrito entre a pedra e a superfície de contato da estrada. É importante frisar que a estrutura dessas vias era muito resistente, executada com lajões justapostos em uma base que tinha boa resistência às tensões e boa capacidade de suporte (BERNUCCI *et al.* 2008, apud SAUNIER, 1936).

Segundo Guimarães *et al.* (2004) historicamente as estradas surgiram na época da colonização do Brasil. Os portugueses se estabeleceram no Brasil, abrindo os primeiros caminhos para ligar diversas regiões, integrando de povos que habitavam vilas e vilarejos construídos. O autor destaca ainda que por essas estradas realizava-se o transporte dos mais distintos tipos de mercadorias, dando ênfase a função das estradas vicinais como ferramenta de desenvolvimento para a sociedade rural desde a época da colonização.

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (2021), as estradas vicinais, que compreendem 1,4 milhão de km (77% da rede rodoviária brasileira), funcionam como elementos de interligação de cidades vizinhas ou entre

propriedades rurais. Comumente essas estradas são municipais, não pavimentadas e funcionam como principais vias de acesso entre as áreas rurais e os centros urbanos.

Conforme dados do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2005), assim como a maioria das obras de engenharia de grande porte, após a execução das estradas faz-se necessária a manutenção periódica para reduzir os defeitos ocasionados pela ação do peso e movimentação do tráfego, além da ação dos agentes do intemperismo. Segundo esse órgão é preciso adotar uma política de manutenção para dar segurança aos usuários e nem sempre isso acontece. Além da falta de manutenção, há também uma preocupação com a falta ou a ineficiência de elementos de drenagem, considerando que os principais problemas são ocasionados justamente no período chuvoso.

Em suma, para a construção de uma estrada rural, o projetista precisa levar em consideração fatores físicos como os tipos de relevo, os tipos de solos, o clima (pluviosidade), e o tipo de trânsito. Além desses fatores, é extremamente importante a preocupação com as questões ambientais, haja visto que promover a sustentabilidade é garantia de segurança ao meio ambiente e as estradas rurais (ODA, 1995).

Em um projeto bem elaborado deve-se ter preocupação com questões relacionadas a garantia do tráfego de veículos, o transporte de pessoas, o transporte de produtos agrícolas e agropecuários. Sendo assim, e para o melhor funcionamento, a adaptação e o ajuste de estradas vicinais, pavimentados ou não, devem passar por uma série de medidas que tem como objetivo a recuperação, manutenção e conservação, levando-se em consideração a sua integração com as áreas rurais (ASSIS, 2018).

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, DNIT (2000) expõe fatos, como o atraso de repasses de fundos públicos e pelo contingenciamento imposto pelo governo federal, que indicam a falta de fonte definida e estável de recursos para a manutenção apropriada de rodovias (pavimentadas e não-pavimentadas). Oliveira (2005) diz que nas rodovias não-pavimentadas, o contexto socioeconômico e cultural pode facilitar, ou dificultar, o processo de transferência de recursos para a iniciativa privada, que arcará com a responsabilidade de manter rodovias em condições seguras para o tráfego.

Esse é um problema comum em várias cidades do interior do Nordeste brasileiro. E pensando nisso, esse trabalho busca fazer um levantamento de pontos críticos em estradas vicinais do município de Luís Gomes-RN, onde será avaliado as condições técnicas de pavimentos em trechos das estradas rurais dessa região, e apontará os problemas encontrados, sugerindo mudanças que contribuam com a melhoria da estrutura, aplicando critérios que estão nas normas técnicas, e desenvolvendo soluções ambientalmente sustentáveis.

A ausência de revestimento é uma característica marcante, além disso, esses caminhos podem ser constituídos por materiais locais, típicos da região, apenas aderidos ou por possuírem algum tipo de revestimento primário (OLIVEIRA, 2005).

As estradas vicinais possibilitam o acesso dos moradores da zona rural a serviços básicos como saúde, educação, comércio e lazer, diminuindo o êxodo rural. Dessa forma, as estradas em condições adequadas de tráfego têm um papel importante para a economia agrícola, para a convivência social e o acesso a recursos fundamentais da sociedade (GRIEBELER *et al.*, 2009).

Atualmente 68% dos municípios brasileiros têm menos de 20 mil habitantes e 24% da população total vivem na zona rural, o que equivale a 49,7 milhões de pessoas (IBGE, 2017). A conservação das estradas é primordial e garante o mínimo de qualidade de vida para a população, uma vez que grande parte é dependente das agrovias para ter acesso a serviços básicos essenciais e também na promoção do desenvolvimento socioeconômico.

Segundo Assis (2018), esses fatos despontam a preocupação que as prefeituras municipais precisariam ter com a manutenção e restauração recorrente de suas estradas, especialmente as cidades de pequeno porte onde os recursos financeiros da administração pública são mais escassos. Municípios de pequeno porte, geralmente não regulamentam e desenvolvem planos de gerenciamento e manutenção dos pavimentos, principalmente em zonas rurais.

Vale ressaltar que por falta de políticas públicas para essas questões, os fatores acima mencionados provocam o surgimento de grandes problemas na malha agroviária, caracterizada por estradas sem revestimento, ou com revestimento frágil no que se refere a pouca vida útil em alguns trechos. Quando as estradas rurais são afetadas pela enxurrada das águas pluviais, pode ocasionar a erosão e isso tende a

impactar na qualidade dessas agrovias, além de provocar outros problemas, dependendo do perfil de solo e das condições climáticas, dentre outros agravantes.

Entende-se por defeito qualquer modificação na superfície da estrada que aja negativamente nas suas condições de rolamento. Os defeitos surgem em virtude de uma gama de fatores, alguns extrínsecos à via - tráfego, chuva e manutenção - e outros intrínsecos - perfil longitudinal, perfil transversal, drenagem, tipo de solo e outros (ODA, 1995).

Oda (1995) diz que rigorosamente, somente três fatores externos determinados exercem esforços dinâmicos relevantes sobre o leito de uma estrada de terra: o tráfego, a água de chuva (água pluvial) e a ação de manutenção.

Esses fatores agem da seguinte forma:

O tráfego, que por meio das rodas dos veículos aplica tensões, impõe deformações (recuperáveis ou não) e exerce ação abrasiva sobre a superfície; a água da chuva, que ao umedecer ou encharcar o solo diminui sua capacidade de suporte e que, ao correr sobre a superfície, arranca partículas, transporta e deposita material; a atividade de manutenção, que através do trabalho mecânico, modifica os perfis longitudinal e transversal. (ODA, 1995, p. 55)

A ausência de controle e verificação dos efeitos do escoamento das águas pluviais podem favorecer a ocorrência de intenso processo erosivo, com o surgimento de voçorocas, prejudicando os proprietários rurais e, indiretamente, à toda sociedade. Estudos relacionados a conservação das estradas vicinais comprovam o arraste de sedimentos, a erosão do solo e nas margens das estradas, o transporte de elementos sólidos para os cursos d'água dos rios como fatores sensíveis e que diminui a qualidade tanto do meio ambiente quanto dos recursos hídricos (Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina - CEPA, 1999).

Por esse prisma, entendemos a importância de se empregar técnicas apropriadas, seja na construção ou no reparo de estradas rurais de terra. Assis (2018) enfatiza que necessidade de manutenção de uma via não pavimentada leva em consideração o nível de severidade de degradação atual da superfície de rolamento, o volume médio diário do trecho analisado e medidas de áreas dos defeitos apresentados.

No que dizer respeito à manutenção de uma estrada rural, uma característica marcante e que pode influenciar no maior desgaste de suas condições estruturais se refere ao tipo de uso da estrada. Agrovias com fluxo de menos intensidade e veículos com menor porte, geram impactos reduzidos, diferente das que apresentam mais movimento, com trânsito de automóveis pesados, como ônibus, caminhões, carretas e máquinas agrícolas.

Diante dos agentes externos, o comportamento das estradas, em termos de resistência para manutenção de suas características originárias, é concedido em função das suas propriedades intrínsecas (ODA, 1995).

Para que as estradas rurais cumpram seu importante papel de integração comunitária, principalmente, nas áreas rurais, com o menor impacto negativo ao meio ambiente, é essencial se implementar práticas que promovam a proteção ambiental (MAPA, 2021).

Há técnicas e métodos dos quais a aplicação pode garantir e solucionar os problemas apresentados nas estradas rurais, garantindo o funcionamento adequado e segurança aos usuários. É por essa perspectiva que se busca compreender a natureza do problema na malha agroviária do município de Luís Gomes-RN, e adequar as condições estudadas em um modelo mais viável ambientalmente e economicamente.

As estradas rurais do município de Luís Gomes-RN sofrem com a falta de instalações de drenagem, com falta de um estudo que estabeleça o volume médio diário de veículos trafegando para entender o comportamento do trânsito e as necessidades dos usuários, com a falta de sinalização, além da falta de manutenção e recuperação de trechos afetados por fatores naturais, e principalmente, sofrem com projetos mal elaborados.

Dessa forma a população que precisa usar as agrovias para se deslocar a outras comunidades rurais e ao centro urbano, ficam expostas e vulneráveis a imprevistos e acidentes. Essa é uma preocupação que surge pelo fato de quase não existir políticas voltadas a melhorar e manter as estruturas dessas estradas, salve exceção quando é destinada alguma máquina pesada pouco antes da época chuvosa para fazer reparos em trechos específicos, e trabalhadores para recolocar pedras que

se soltam em alguns poucos trechos pavimentados, mas que são vitais quando se quer viabilizar o trânsito de veículos.

Vale salientar que até mesmo nos reparos que são realizados, não há um plano ou projeto que aponte quais procedimentos técnicos devem ser adotados na realização do serviço de recuperação do trecho, e nem há o acompanhamento por técnicos ou engenheiros dos trabalhos realizados.

Veículos de todos os portes diariamente trafegam pelas estradas vicinais do município, onde caminhões, carros pipa, máquinas pesadas, tratores, ônibus, caminhonetes, carros de pequeno porte, motocicletas realizam viagens e colocam-se em situação de risco pelas condições em que as estradas se encontram. Já houve tempos em que acidentes graves aconteceram justamente pela falta de políticas voltadas a pavimentação e manutenção de estradas rurais.

Como exemplo, pode-se relatar o acidente em 06 de agosto de 2000, na ladeira do Sítio Serrinha, que sofria com a falta de pavimentação, devido elementos que permitissem uma frenagem eficiente, um caminhão pau-de-arara veio a capotar provocando o falecimento de cinco pessoas e vários feridos. Além desse evento, corriqueiramente há atendimentos hospitalares devido a acidentes de trânsito na zona rural provocados, na grande maioria, por motocicletas.

Nesse sentido, a pesquisa faz-se pertinente por investigar o estado em que os projetos de pavimentação de estradas vicinais do município de Luís Gomes-RN se encontram, apontar a ausência de elementos estruturais para os projetos, a falha na execução das obras, e possíveis pontos causadores de acidentes, além de sugerir melhorias no tocante da manutenção das estradas e na elaboração de projetos de pavimentação das estradas rurais ao poder público.

2 OBJETIVO GERAL

Este estudo tem o objetivo de identificar os problemas da pavimentação e das condições de rodagem encontradas nas estradas rurais.

2.1 Objetivos Específicos

- I. Conhecer a realidade das estradas rurais do município estudado;
- II. Realizar o levantamento de todos os problemas;
- III. Apresentar a técnica de pavimentação dos trechos estudados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A importância das Estradas Rurais e os Problemas Encontrados

Segundo Assis (2018), as estradas desempenham um papel de muita importância no tocante do desenvolvimento social e econômico de um país. No Brasil as estradas são, sobretudo, os principais recursos utilizados na integração nacional e no escoamento de produtos agropecuários e industriais. Nesse contexto, as vias não pavimentadas têm uma grande relevância, já que cerca de 77% da rede rodoviária do nosso país é composta por estradas não pavimentadas (ASSIS, 2018).

O domínio da extensão dessa malha, segundo Assis (2018), é de que aproximadamente 91,6% estão sob jurisdição dos municípios, 7,45% sob jurisdição dos estados e apenas 0,93% sob jurisdição federal. Por essa perspectiva, as agrovias são um dos pilares do desenvolvimento socioeconômico de inúmeros brasileiros, especialmente dos que vivem nas zonas rurais e em cidades de pequeno porte.

A malha viária de países em desenvolvimento é predominantemente composta por estradas não pavimentadas, justamente pelo fato de uma grande parcela da economia ser baseada na produção e comercialização de produtos primários, que são transportados através das agrovias (GRIEBELER *et al*, 2009).

Segundo dados do IBGE (2015), 23,5 % do Produto Interno Bruto (PIB) da economia brasileira é composto pelo setor agropecuário, segmento básico da nossa economia, que é muito dependente das condições de tráfego das estradas não pavimentadas para o transporte da sua produção, o que leva à preocupação com as boas condições das vias para não haver desperdícios da produção agropecuária (ASSIS, 2018).

Além disso, Oliveira (2005) comenta que as estradas vicinais tem um importante papel socioeconômico porque, em muitos casos, é a única ligação direta do meio rural com escolas, comércio, bancos, atividade de lazer, saúde e outros.

Oliveira (2005), diz também em sua tese que:

Por outro lado, cada vez mais, a Sociedade tem exigido a manutenção e melhoria de rodovias. Cresce o volume de tráfego. Fatores como a redução

do ritmo de construção de vias, exigência de melhor nível de serviço e crescimento de demanda por transporte, sugere a gestores do transporte um comportamento coerente para com as vias não-pavimentadas. E, nesta conjuntura ganham importância: a operação e a conservação de vias. (2005, p.4, OLIVEIRA)

Oda (1995) diz que mesmo as estradas não pavimentadas ocupem a maior parte da malha rodoviária do país, o tema é pouco discutido, e afirma ainda que os problemas das “estradas de terra” são avaliados como muito simples de se resolver, o que acaba levando a falsa impressão de não haver a necessidade técnica e de profissionais especializados para solucioná-los.

Além disso, os usuários das agrovias avaliam que o melhor a ser feito para evitar os problemas de manutenção é a pavimentação dessas vias, só que em contrapartida, não levam em consideração o alto custo para pavimentar uma estrada e que se houvesse a manutenção adequada uma grande parte dos problemas poderiam ter solução (ODA, 1995).

Oda (1995, p33) comenta em sua dissertação de mestrado que,

O estado da superfície ou leito carroçável de qualquer estrada depende do material, das intempéries, do tráfego e da manutenção. Uma boa estrada não-pavimentada deve ter largura da faixa de rolamento suficiente para acomodar o tráfego da região. Deve apresentar, também, resistência suficiente para suportar as cargas das rodas sem que ocorram deformações excessivas. A capacidade de suporte depende das características do material da superfície e da resistência do solo, à medida em que o teor de umidade varia. Deve contar, ainda, com um bom sistema de drenagem para evitar que a ação erosiva da água danifique o subleito e a superfície de rolamento. A boa drenagem depende, também, da declividade transversal.

Uma prática comum na construção de rodovias não-pavimentadas é estabelecer critérios sem nenhum embasamento teórico, como acompanhar divisa entre propriedades, esquecer os desníveis de terrenos e o convívio do homem com os tipos de solo de cada região. Isso acaba gerando focos de erosão nas estradas, o escoamento de terra para rios e córregos, além do assoreamento e a redução da

capacidade de vazão para os cursos d'água. Sem contar com as questões dos danos causados à terra para produção (OLIVEIRA, 2005).

Assis (2018) diz que o desinteresse do governo sobre o assunto agrava a situação dos estudos e da execução de medidas que melhore as condições das agrovias, já que sem o investimento apropriado não há alternativa para avanços e melhorias desse segmento.

Oliveira (2005) em seu trabalho expõe que as estradas não-pavimentadas, pela avaliação de grande parcela da população que não depende delas, tem uma ideia equivocada, porque se imagina que nenhuma estrada rural tem a capacidade de oferecer boas condições de tráfego para veículos.

Contudo, para realizar adequações, melhorias, reforma ou manutenção de estradas rurais é necessário seguir as recomendações técnicas e obedecer às normas estabelecidas pelos órgãos reguladores e ambientais, levando em consideração as orientações federal, estadual e municipal (MAPA, 2021).

Os defeitos, a seção transversal inadequada e drenagem lateral inadequada, passam a existir em função das características das estradas rurais, como o tipo de solo (capacidade de suporte) e o relevo. Os defeitos citados, em função do volume de tráfego, geram a outros tipos de defeitos tais como corrugações, poeira, buracos, trilhas de rodas e segregação de agregados. Além disso, o tipo de solo pode gerar influência na qualidade da estrada, sobretudo quando é analisado as condições de conforto e segurança aos usuários. Essa qualidade é constatada pelas irregularidades nas superfícies das estradas. (ODA, 1995).

A escassez de estudos e a falta de orientação adequada para os municípios acabam por provocar a consolidação de métodos inadequados para a solução dos problemas ou até mesmo a falta completa de manutenção das vias (ASSIS, 2018).

3.2 Classificação das Rodovias

Segundo o DNIT (1999), as rodovias são classificadas de acordo com critérios que abordam objetivos e direcionamentos relacionados a parte técnica, administrativa e de interesse dos usuários, condicionadas a funcionalidade e a parte técnica. A classificação funcional trata de critérios relacionados a hierarquia funcional, a relação

funcional, acessibilidade e mobilidade, áreas urbanas e rurais, e os sistemas funcionais (DNIT, 1999).

O DNIT (1999) explica que a hierarquia funcional é direcionada aos estágios onde acontecem os deslocamentos de veículos em uma malha viária, onde se tem: o acesso, etapa inicial ou final da viagem, onde o tráfego é reduzido e se utiliza uma via local; a captação, etapa em que é realizada em vias de tráfego maior, com a funcionalidade de coletar veículos das vias locais, sendo a segunda ou penúltima fase da viagem; distribuição, terceiro ou antepenúltimo estágio da viagem, realizado em vias com tráfego bem maior que na captação; transição, quarta etapa da viagem, que acontece por meio de uma rampa de acesso ou um ramal de interseção; e o movimento principal, que é realizado em uma via de alto padrão, via arterial principal, e é a quinta etapa da viagem.

A relação funcional de uma rodovia associa a natureza do serviço que ela deve ofertar. Nessa classificação há o reconhecimento de que as rodovias não são independentes para a realização de viagens, já que a maioria dos deslocamentos acontecem em redes de rodovias que podem ser categorizadas de maneira lógica e eficiente (DNIT, 1999).

Acessibilidade e mobilidade, segundo o DNIT (1999), são as duas principais características a serem consideradas na classificação de uma rodovia, pois o choque de interesses para servir os movimentos diretos e atender as necessidades de acesso, origem e destino das viagens, acaba gerando diferença e gradação nas funcionalidades das rodovias.

Com relação as áreas urbanas e rurais, o DNIT (1999, p.15) diz que:

Para atender as diferenças de densidade e tipo de uso de solo há conveniência em distinguir entre áreas urbanas e áreas rurais na classificação dos sistemas funcionais. Em geral, são consideradas áreas urbanas os locais mais densamente povoados, com população acima de 5.000 pessoas, situados dentro de limites estabelecidos pelas autoridades responsáveis. Fora desses limites tem-se áreas rurais.

A classificação funcional é a organização das vias de forma hierárquica em subsistemas, a depender do tipo de serviço e a função que elas exercem. São divididas em três tipos: sistema arterial, sistema coletor e sistema local (DNIT, 1999).

De acordo com o DNIT (1999), o sistema arterial pode ser subdividido em principal, primário e secundário, e tem como finalidade oferecer um elevado padrão de mobilidade para grandes volumes de tráfego; ligar cidades e outros centros geradores de deslocamentos e que tem capacidade de atrair viagens de longa distância; promover a integração de municípios, estados e países vizinhos; e promover a aproximação de distâncias razoáveis de regiões desenvolvidas e com grande densidade, através a utilização adequada do espaçamento interno.

O sistema coletor tem o objetivo de atender a demanda do tráfego intermunicipal e de outras localidades geradoras de tráfego de volume menor que não são servidos pelos sistemas arteriais, e são classificados em sistema coletor primário e sistema coletor secundário. Além disso, as distâncias são menores em relação ao sistema arterial e com velocidades moderadas, independente do volume de trânsito nas vias. É um complemento do sistema arterial, forma uma rede que liga áreas rurais e centros urbanos à malha arterial gerando mobilidade dentro de áreas específicas dentro dos Estados (DNIT, 1999).

Já o sistema local é formado por vias, geralmente, de pequena extensão que tem como finalidade promover o acesso do tráfego intramunicipal em regiões de área rural e de localidades menores às rodovias de nível superior, que compõe o sistema coletor secundário. O sistema local compõe entre 65% a 80% da rede rodoviária do Brasil e atende entre 5% a 30% dos veículos/viagens, com uma extensão média de 20 Km e velocidade operacional entre 20 Km/h a 50 Km/h (DNIT, 1999).

Com relação a parte técnica o DNIT (1999), diz que cada trecho de uma rodovia deve ter suas características técnicas definidas visando atender o volume e a composição do tráfego, velocidade, natureza e frequência dos acessos a localidades de fronteira, jurisdição, situação hierárquica dentro da rede viária, relevo do terreno, dentre outras, e os principais critérios para definir a classe de trechos de uma rodovia são: posição hierárquica dentro da classificação funcional; volume médio diário de tráfego; nível de serviço (terreno plano, terreno ondulado, terreno montanhoso); e outros condicionantes (região plana, região ondulada, região montanhosa).

No tocante a classe de projetos, o DNIT (1999) elaborou a cartilha por meio de experiências acumuladas que foram realizadas a medida em que era desenvolvida e implantada a malha viária, traduzindo as situações em que eram apresentadas no país em relação ao atendimento de modo economicamente viável levando em consideração as condições adequadas referentes a segurança da crescente demanda de tráfego. Vale ressaltar que o papel exercido pelas vias e a densidade do tráfego, associada as condições de dificuldade de implantação devido as características do terreno, exerceram um papel preponderante no processo de elaboração das classes adotadas.

Com relação as classes elas podem ser subdivididas em classe 0, que é a via expressa, uma rodovia com as normas técnicas mais elaboradas, de pista dupla e controle total de acesso; classe I que é dividida em classe I-A (pista dupla) e classe I-B (pista simples); classe II, uma rodovia de pista simples que suporta volumes de tráfego de acordo com a elaboração do projeto por até 10 anos após a abertura para a movimentação de veículos, em um volume diário que vai de 700 a 1400 veículos; classe III, rodovia também de pista simples, com a mesma perspectiva técnica porém, o limite de veículos que comportam o volume diário é vai de 300 até 700 unidades; e a classe IV, que pode ser classificada em classe IV-A (tráfego médio diário de 50 a 200 veículos) e classe IV-B (tráfego médio diário inferior a 50 veículos), é uma rodovia de pista simples, projetada tecnicamente para atender a um volume menor de tráfego e a um custo mínimo, geralmente não é pavimentada e faz parte do sistema local, que faz parte da rede de estradas vicinais, e em alguns casos, de rodovias pioneiras (DNIT, 1999).

A respeito da relação entre classes funcional e classe de projeto, o DNIT (1999, p.27) diz que:

As classes de projeto aqui recomendadas que agrupam características e critérios em níveis de padrão técnico, foram desenvolvidas na medida do possível visando compatibilizá-las com esse sistema de classificação funcional. Deve ser ressaltado que, embora os elementos de tráfego contribuam para o estabelecimento das classes em ambos os sistemas de classificação, os critérios adotados nos dois casos são diferentes. O objetivo é de atribuir a uma certa classe funcional determinando conjunto de características técnicas julgado compatível com o nível hierárquico daquela classe.

Ainda segundo o DNIT (1999), os projetos de engenharia devem seguir os critérios da classe do projeto correspondente a classe funcional da rodovia, sem quaisquer outras considerações, admitindo-se a previsão de implantação por etapas.

3.3 Estradas Rurais

Denominam-se de Estradas vicinais, aquelas que não possuem pavimento. Caracterizam-se como um grupamento de pequenas vias que fazem parte do sistema capilar de transporte, proporcionando a distribuição da produção agrícola, tendo como objetivo fornecer o acesso de comunidades rurais às zonas urbanas (BAESSO E GONÇALVES, 2003).

Zoccal e Silva (2016) mostra que as estradas rurais são vias de circulação municipais, interligando as zonas rurais aos sistemas viários urbanos, estadual e federal. Vale ressaltar também, o papel importante que essas vias desempenham quando se trata do desenvolvimento da ocupação territorial de um município, onde há o estímulo à produção agropecuária, incentivando a ocupação e alteração das estruturas fundiárias.

Baesso e Gonçalves (2003), sugerem uma forma de classificar as estradas não pavimentadas através de quatro categorias diferentes, que são representadas pelas letras A, B, C e D.

A categoria A é descrita como as vias que na sua superfície de rolamento é totalmente composta por agregados naturais, as quais respeitam os parâmetros estabelecidos pelas mineradoras nas jazidas com relação a sua composição granulométrica e ao seu tamanho;

Figura 1: Categoria A.



FONTE: BAESSO E GONÇALVES (2003).

A categoria B se refere as estradas que possuem na estrutura da camada superficial materiais produzidos artificialmente, denominados de pedras britadas;

Figura 2: Categoria B.



FONTE: BAESSO E GONÇALVES (2003).

Na categoria C, encontram-se as estradas que tem o solo naturalmente estabilizado na composição da superfície de rolamento, como, por exemplo, aplicação de saibros, areias e piçarras extraídas de jazidas;

Figura 3: Categoria C.



FONTE: BAESSO E GONÇALVES (2003).

E categoria D representa as estradas em que a camada superficial é composta por materiais advindas de seu próprio leito natural.

Figura 4: Categoria D.



FONTE: BAESSO E GONÇALVES (2003).

Também é possível classificar as estradas rurais em três categorias: Estrada Radial, é aquela que faz a ligação da zona urbana de um determinado município com outro município vizinho ou com seus limites territoriais; Estrada Transversal, que faz a ligação com as estradas radiais; e Caminho ou Carreador, que tem o acesso e o uso mais restrito, e interliga preferencialmente zonas mais isoladas até uma via municipal, estadual ou federal (ZOCCAL E SILVA, 2016).

3.4 Agregados

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, norma NBR 9935 (ABNT, 1987), agregado é um material que não possui forma ou volume definido, geralmente inerte, de dimensões e propriedades que propiciam a produção adequada de concreto e argamassa.

Ainda de acordo com a mesma norma, os agregados para construção civil podem ser classificados:

- Em função da sua origem em:
 1. Agregados naturais: são agregados encontrados na natureza, tais como: areia de rio, seixo rolado, pedregulho etc.

Figura 5: Agregados naturais.



FONTE: Google.

2. Agregados artificiais: são resultantes de processo industrial, incluindo britagem de rocha e pedregulho.

Figura 6: Agregados artificiais.



FONTE: Google.

- Em função da sua dimensão em:

Segundo as definições da NBR 7211,

1. Agregado miúdo: Agregado de origem natural ou artificial cujos grãos passam pela peneira ABNT 4,8 mm e ficam retidos na peneira ABNT 0,075 mm.

Figura 7: Agregados miúdos.



FONTE: Google.

2. Agregado graúdo: Pedregulho ou brita oriundos de rochas estáveis ou a mistura de ambos, cujos grãos passam na peneira de 152 mm e ficam retidos na peneira ABNT 4,8 mm.

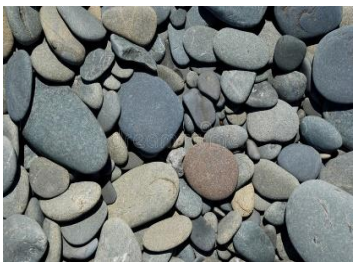
Figura 8: Agregados graúdos:



FONTE: Google.

O DNIT (2006) adota a escala granulométrica, considerando as frações de solo, como mostra a tabela seguinte:

Tabela 1: Classificação dos Agregados segundo o DNIT (2006).

Agregado	Imagem do Agregado	Características do Agregado
Pedregulho		É a fração do solo que passa na peneira de (3") e é retida na peneira de 2,00 mm (nº 10).
Areia		É a fração do solo que passa na peneira de 2,00 mm (nº 10) e é retida na peneira de 0,075 mm (nº 200).
Areia Grossa		É a fração compreendida entre as peneiras de 2,0 mm (nº 10) e 0,42 mm (nº 40).
Areia Fina		É a fração compreendida entre as peneiras de 0,42 mm (nº 40) e 0,075 mm (nº 200).
Silte		É a fração com tamanho de grãos entre a peneira de 0,075 mm (nº 200) e 0,005 mm.
Argila		É a fração com tamanho de grãos abaixo de 0,005 mm (argila coloidal é a fração com tamanho de grãos abaixo de 0,001 mm).

FONTE: Adaptação do autor (2022).

Bernucci *et al.* (2008), diz que esses agregados podem ser utilizados em pavimentação são classificados quanto a sua natureza, ao seu tamanho e a

distribuição dos grãos. Sendo assim, a natureza dos agregados compreende a todas as fontes de ocorrência natural e são obtidos através de processos convencionais de desmonte, escavação e drenagem em depósitos continentais, marinhos, estuários e rios.

A respeito da natureza dos agregados, Bernucci *et al.* (2008, p.116) comenta que:

Os agregados provenientes de rochas naturais pertencem a um de quatro tipos principais, que são ígneos, sedimentares, metamórficos ou areias e pedregulhos: 1 - rochas ígneas são aquelas que se solidificaram de um estado líquido e apresentam composição química, granulação, textura e modos de ocorrência muito variáveis; 2 - rochas sedimentares são tipicamente formadas pelo intemperismo e erosão de rochas preexistentes, e seu resultado transportado pela ação da água, vento ou gelo; 3 - rochas metamórficas ocorrem como resultado de alteração por aquecimento, pressão ou atividade química de rochas ígneas ou sedimentares existentes e compõem um grupo bastante complexo de rochas; 4 - areias e pedregulhos são agregados naturais, provenientes das rochas de que são originários e dos processos de transporte sofridos antes da deposição.

Já para os agregados de origem artificial, Bernucci *et al.* (2008) explica que são resíduos oriundos de processos industriais, bem como escória de alto forno e de aciaria, ou produzidos especificamente para o alto desempenho, como argila calcinada e a argila expandida. Os agregados de origem artificial são originários do reuso de materiais diversos.

Quanto ao tamanho dos agregados, a classificação se é feita para a utilização de misturas asfálticas, em graúdo, miúdo e materiais de enchimento ou fíler (DNIT 031/2004 – ES).

Bernucci *et al.* (2008, p.119) comenta que os tamanhos:

graúdo – é o material com dimensões maiores do que 2,0mm, ou seja, retido na peneira nº 10. São as britas, cascalhos, seixos etc.; miúdo – é o material com dimensões maiores que 0,075mm e menores que 2,0mm. É o material que é retido na peneira de no 200, mas que passa na de abertura nº 10. São as areias, o pó de pedra etc.; material de enchimento (fíler) – é o material onde pelo menos 65% das partículas são menores que 0,075mm, correspondente à peneira de no 200, e.g., cal hidratada, cimento Portland etc.

A distribuição dos granulométrica dos agregados é uma de suas principais características e que influi efetivamente no comportamento dos revestimentos asfálticos. A sua distribuição em misturas asfálticas tem influência direta na maioria das propriedades dos agregados, e inclui a rigidez, a estabilidade, a durabilidade, a permeabilidade a trabalhabilidade, a resistência a fadiga e a deformação permanente, resistência ao dano por umidade induzida etc., além disso, é determinada através de uma análise de peneiramento (BERNUCCI ET AL, 2005).

Por meio do atrito interno entre as partículas, os agregados propagam as cargas do pavimento às camadas subjacentes, portanto, eles precisam ser resistentes à abrasão, à degradação e ao polimento devido ao tráfego. As propriedades de dureza e resistência a abrasão são notadamente críticas para as misturas asfálticas de graduação aberta, uma vez em que não se tem benefícios pelo efeito do amortecimento dos agregados finos e, desse modo, as partículas grossas são vulneráveis a altas pressões de contato. (GOUVEIA, 2002).

Gouveia (2002) comenta que os agregados que não apresentam boas condições de dureza e resistência a abrasão podem gerar problemas durante o processo de construção e conseqüentemente ao desempenho do pavimento. Além disso, eles precisam ser resistentes a quebra ou desintegração, quando expostos a ciclos de molhagem e secagem, quando se trata da durabilidade e sanidade do material.

A forma, angularidade e textura superficial das partículas dos agregados minerais afetam diretamente a resistência, logo influenciam na trabalhabilidade das misturas asfálticas, onde se tem que a forma cúbica, é a ideal para o uso dos agregados em concreto asfáltico (GOUVEIA, 2002).

Misturas que contém partículas dos agregados em forma angulares se mostram com melhor desempenho ao intertravamento e atrito interno, que gera mais estabilidade mecânica em relação a partículas que apresentam forma arredondada. Já em misturas que são desenvolvidas com partículas arredondadas, tais como seixos e areias de rio, possuem melhor trabalhabilidade e requerem um esforço menor de compactação para se obter a densidade necessária (GOUVEIA, 2002).

Gouveia (2002) comenta que com relação a limpeza a ausência de materiais deletérios ou materiais externos, faz com que os agregados sejam impróprios para o

uso em concretos asfálticos, isso porque a lavagem deles, em muitas vezes, pode diminuir a quantidade imprópria de material deletério a níveis aceitáveis. Esses materiais são descritos como vegetação, partículas leves, torrões de argila, camada de argila aderida às partículas de agregados e algumas vezes o excesso de poeira resultante da operação de britagem.

As densidades dos agregados que são mais usadas em cálculos de propriedades de misturas asfálticas são a densidade real, que corresponde a razão da massa das partículas do agregado, secas em estufa, pelo volume das partículas do agregado adicionado do volume dos poros impermeáveis ou poros internos; a densidade aparente, que corresponde a razão da massa das partículas do agregado, secas em estufa, pelo volume total das partículas; e a densidade efetiva, que corresponde a razão da massa das partículas do agregado, secas em estufa, pelo volume total das partículas (volume das partículas do agregado adicionado do volume de vazios impermeáveis e do volume dos poros preenchidos com água após 24 horas de imersão), menos o volume dos poros que absorvem asfalto (GOUVEIA, 2002).

Gouveia (2002) diz que a granulometria é a distribuição do tamanho das partículas expressas em porcentagem do peso ou do volume total da mistura. A granulometria expressa como uma porcentagem do volume total é de muita importância, entretanto, para maior praticidade e entendimento, o padrão é expressá-la como sendo uma porcentagem de peso.

Gouveia (2002, p.37) diz que:

O tamanho máximo da partícula de agregado em uma mistura é importante para assegurar seu bom desempenho. Se o tamanho máximo da partícula é muito pequeno, a mistura pode ser instável. Se muito grande, problemas com a trabalhabilidade e de segregação da mistura podem aparecer. Existem duas designações para o tamanho máximo da partícula: Tamanho Máximo: é o menor tamanho de peneira através da qual 100% das partículas da amostra passam; Tamanho Nominal Máximo: é a maior peneira que retém algumas partículas de agregado, mas geralmente não mais que 10%.

3.5 Drenagem de Estradas

O sistema de drenagem de uma estrada tem por finalidade captar, conduzir e desaguar de maneira segura e eficiente as águas que possam comprometer a durabilidade da rodovia e a segurança de seus usuários (DNIT, 2006).

Segundo o DNIT (2006), os tipos de drenagem de uma estrada são:

Drenagem de Transposição de Talvegues: em sua função primordial, a drenagem de uma rodovia deve eliminar a água que, sob qualquer forma, atinge o corpo estradal, captando-a e conduzindo-a para locais em que menos afete a segurança e durabilidade da via;

Drenagem Superficial: a drenagem superficial de uma rodovia tem como objetivo interceptar e captar, conduzindo ao deságue seguro, as águas provenientes de suas áreas adjacentes e aquelas que se precipitam sobre o corpo estradal, resguardando sua segurança e estabilidade;

Drenagem de Pavimento: o objetivo dessa técnica é defender o pavimento das águas que possam danificá-lo. Essas águas, de um modo geral, são de duas procedências: infiltrações diretas das precipitações pluviométricas e provenientes de lençóis d'água subterrâneos;

Drenagem Profunda: a principal finalidade da drenagem profunda está na interceptação das correntes de águas subterrâneas e elevação do lençol freático, de modo a captar e guiar o fluxo da água, garantindo que as camadas do pavimento tenham maior vida útil e impedindo a degradação por ação da umidade.

Como consequência prejudicial das águas sobre as estradas pode-se citar: destruição de aterro; redução da capacidade de suporte das camadas do pavimento; erosão dos taludes de cortes e aterros; deslizamentos de taludes; arrancamento e outros defeitos no revestimento.

Para um sistema de drenagem superficial eficiente, segundo o DNIT (2006) utiliza-se os seguintes dispositivos: valetas de proteção de corte; valetas de proteção de aterro; sarjetas de corte; sarjetas de aterro; sarjeta de canteiro central; descidas

d'água; saídas d'água; caixas coletoras; bueiros de greide; dissipadores de energia; escalonamento de taludes; corta-rios.

4 METODOLOGIA

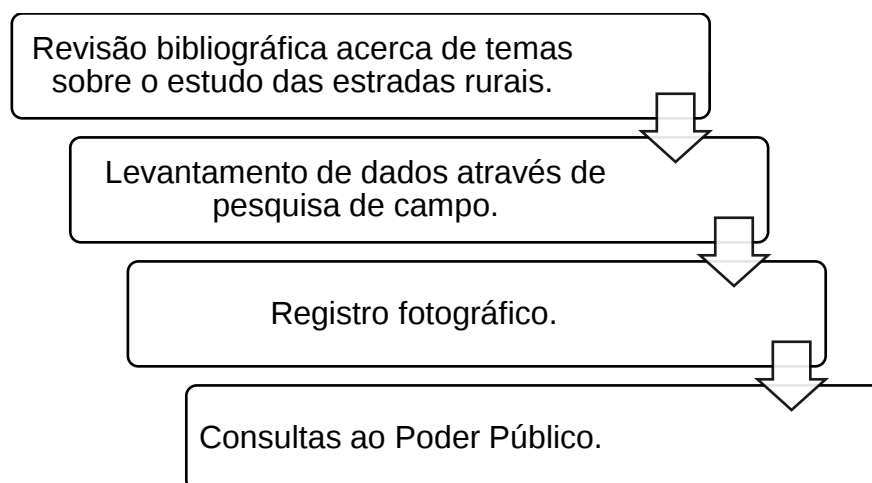
4.1 Métodos de Pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida durante o período de janeiro a maio de 2022, por meio de Estudo de Caso. Foi realizado o levantamento de dados através de registros fotográficos nas estradas rurais do município de Luís Gomes-RN, com iPhone 11 através do aplicativo Timestamp Camera.

Visando compreender a realidade das agrovias, bem como os métodos empregados na pavimentação e os problemas relacionados pela falta de componentes técnicos dos referidos projetos, as manifestações patológicas encontradas, e os trechos que precisam de mais atenção do poder público.

Juntamente a Secretaria de Obras do município de Luís Gomes-RN, foi realizada consulta para obter dados e informações relacionadas aos projetos de construção, manutenção e recuperação de estradas rurais, além dos critérios estabelecidos durante o a intervenção do Poder Público Municipal nas obras executadas nas estradas vicinais. Além da esfera municipal, também foi consultado o Poder Público Estadual, a fim de obter informações sobre o domínio de alguns trechos das agrovias, e dados de pluviosidade do ano de 2022, junto a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN).

Figura 9: Fluxograma sobre os métodos de pesquisa a ser realizado.

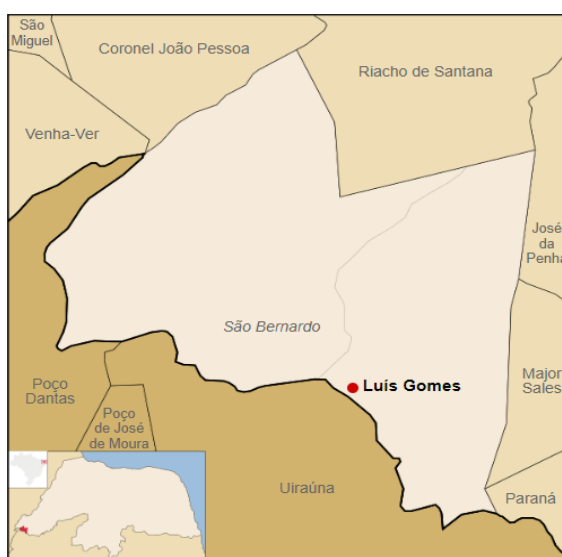


FONTE: Autor (2022).

4.2 Caracterização da área de estudo

O município de Luís Gomes fica localizado no interior do Rio Grande do Norte, na região do Alto Oeste Potiguar, a uma distância de 442 quilômetros (Km) da capital estadual, Natal. Com população estimada pelo IBGE (2021) em 10.175 pessoas, e uma área de 166.638 Km², e economia voltada a agricultura familiar, serviço público nas esferas municipal, estadual e federal.

Figura 10: Localização do município de Luís Gomes no mapa do Rio Grande do Norte.

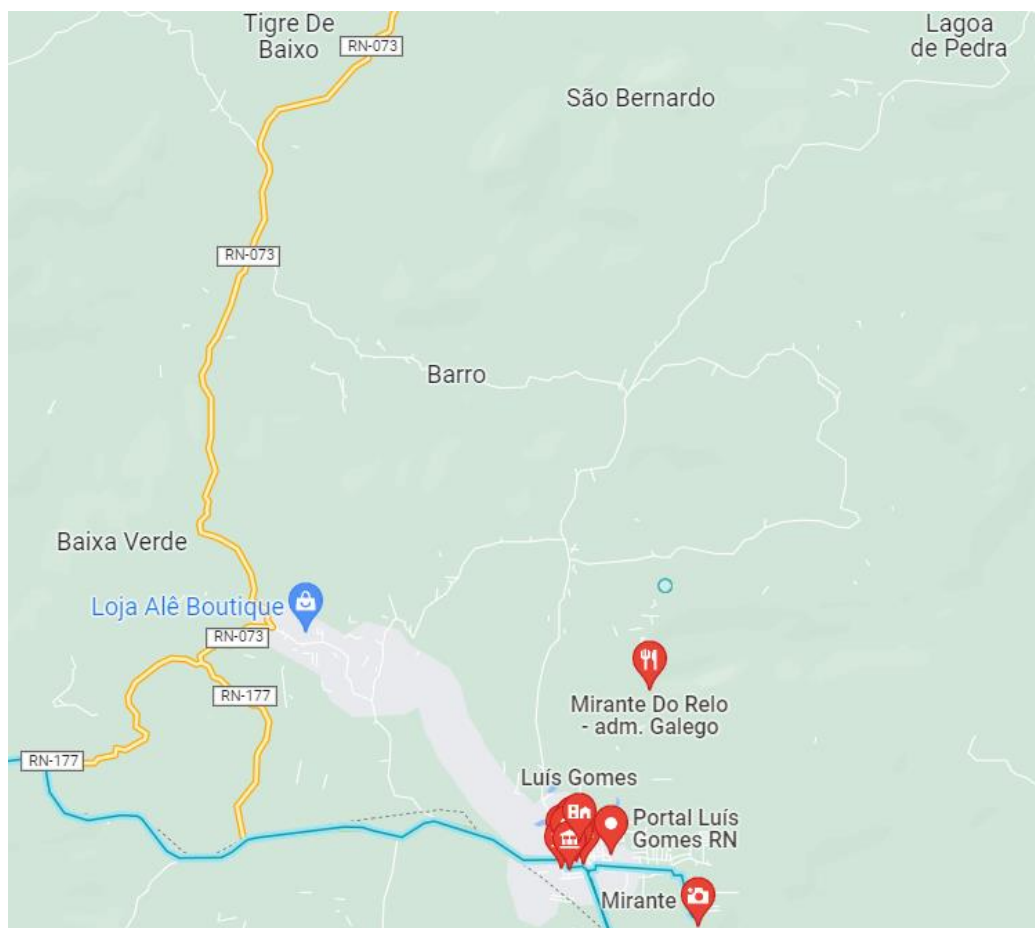


FONTE: Autor (2022).

As estradas selecionadas para o desenvolvimento do estudo, é composta pelas rodovias de domínio estadual, RN-177 que liga o município de Luís Gomes-RN ao município de Itaú-RN, passando por diversas cidades do Oeste Potiguar, e pela RN-073 que liga o município de Luís Gomes-RN ao município de Riacho de Santana.

Além das estradas vicinais que interligam as zonas rurais e propriedades mais afastadas a zona urbana e que estão sob jurisdição do município de Luís Gomes-RN, apresentadas na figura 16, onde o traçado amarelo representa a RN-073, o traçado azul representa a RN-177 e o traçado branco representa as estradas rurais do município.

Figura 11: Traçado das Estradas Vicinais Observadas.



FONTE: Google Maps (2022).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Problemas Identificados nas Vias Rurais de Luís Gomes-RN

As estradas rurais de Luís Gomes-RN não têm um projeto geométrico bem definido. Há trechos bastante irregulares com a presença de grandes aclives e grandes declives, dentre outros fatores que agravam os problemas encontrados nessas vias.

Os defeitos identificados nas estradas rurais podem ser entendidos como quaisquer alterações na superfície de rolamento e que influencie de forma negativa no fluxo de veículos (ASSIS, 2018). Nesse contexto, as manifestações patológicas surgem devido fatores externos e internos, destacando-se: fatores climáticos, volume tráfego e falta manutenção.

A figura 17 apresenta rodovias rurais pavimentadas ou não na área de estudo.

Figura 12: Estradas rurais pavimentadas e não pavimentadas de Luís Gomes-RN.



FONTE: Autor (2022).

No que se refere a ação das precipitações durante o inverno, a infiltração e saturação do solo contribuem para a redução da capacidade de suporte, o desprendimento das partículas sólidas da superfície de rolamento e a deposição em outros locais, contribuindo para o surgimento de buracos, valas e, em alguns casos, voçorocas.

Figura 13: Surgimento de valas nas estradas rurais de Luís Gomes-RN.



FONTE: Autor (2022).

No tocante ao tráfego, as tensões provocadas pelo atrito das rodas dos veículos com a superfície de rolamento causam deformações na estrada. Além disso, ação do peso dos veículos agravam esses defeitos, pois quanto maior for a carga, maior será a deformação.

E no que se refere a manutenção, as intervenções por máquinas, muitas vezes realizadas de forma inadequada e sem orientação técnica de profissionais da área, geram resultados indesejados, provocando prejuízos como alterações no perfil

transversal e longitudinal. Essas alterações prejudicam significativamente as vias, reduzindo a capacidade de suporte do pavimento.

5.1.1 Seção Transversal Inadequada

A seção transversal inadequada é resultante de uma superfície com declividade insuficiente e que não consegue direcionar a água para as sarjetas. Esse defeito se caracteriza pela ausência da declividade na pista de rolamento, ou abaulamento prejudicando o escoamento da água da chuva para os dispositivos de drenagem nas laterais da estrada, acarretando buracos, valas e erosão (ASSIS, 2018 E ODA, 1995).

Na figura 14, é possível identificar o formato inicial de uma ravina, um tipo de erosão mais forte, provocada por chuva excessiva. Embora seja muito utilizada a técnica dos agregados na pavimentação das estradas, alguns trechos se apresentam em leito natural, sem projeto para minimizar os efeitos da declividade irregular. A alta pluviosidade na região durante o inverno, faz com que esses trechos sejam extremamente erodidos.

Figura 14: Trechos com a seção transversal inadequada das estradas rurais de Luís Gomes-RN.



FONTE: Autor (2022).

Essas situações possivelmente, ocorrem porque o pavimento é apenas compactado, não tendo nenhuma camada cimentado que aumente sua resistência ao efeito de erosão da chuva.

5.1.2 Drenagem Inadequada e/ou Inexistente

Os dispositivos de drenagem têm um papel muito importante, na execução de estradas rurais porque quando dimensionados e implantados corretamente captam, conduzem e destinam águas de chuva para locais seguros, não prejudicando a estabilidade do corpo estradal.

Segundo a Norma Técnica do DNIT (2006), as sarjetas são dispositivos de drenagem longitudinal projetados e construídos nas laterais das vias de rolamento e ao lado das plataformas dos escalonamentos, com a finalidade de interceptar os deflúvios, aos quais o escoamento pelo talude ou terrenos marginais podem comprometer a estabilidade dos taludes, a integridade dos pavimentos e a segurança do tráfego, e geralmente têm, por razões de segurança, a forma triangular ou semicircular.

Já as valetas são dispositivos localizados nas cristas de cortes ou pés de aterro, consequentemente localizados mais afastados das faixas de tráfego, com a mesma funcionalidade das sarjetas, mas que por escoarem volumes maiores de deflúvios ou em razão de suas características construtivas têm em geral a forma trapezoidal ou retangular (DNIT, 2006).

Na figura 15 os defeitos apresentados são característicos da ação da água da chuva quando não é conduzida através de elementos de drenagem.

Figura 15: Trechos com defeitos característicos da falta de drenagem nas estradas rurais de Luís Gomes-RN.



FONTE: Autor (2022).

A falta da drenagem adequada ou sua ausência nos pontos necessários de uma estrada contribuem para o surgimento de patologias como buracos, desmoronamento, arrancamento do revestimento e atoleiros entre outros. Nas visitas de campo nas estradas consideradas nesse estudo verificou-se a existência de área lateral semelhante a linha d'água. No entanto, não existe nenhum dos elementos de drenagem recomendados, como sarjeta de proteção de corte e de aterro, valeta de corte e aterro, saída e descida d'água etc.

5.1.3 Buracos

Segundo Assis (2018), os buracos são depressões que aparecem nas vias com a forma de bacia onde comumente apresenta o diâmetro menor que 1,0 metro. O autor relata que o surgimento, e posteriormente a sua expansão, se dá pela contínua expulsão de partículas sólidas que se desprendem da superfície de rolamento quando há o tráfego de veículos por locais onde existe empoçamento de água. Assim sendo, os buracos estão mais predispostos a surgir em localidades onde não há um sistema de drenagem eficiente.

Outro fator de relevância para o aparecimento dessa manifestação patológica é a ausência de partículas aglutinantes dentre os componentes da pista, ou seja, não há a presença de cimento ou material betuminoso, como o asfalto. Nos períodos de chuva há uma maior ocorrência desse tipo de degradação, principalmente em vias com cascalhos e pedras compactadas (ASSIS, 2018).

Foi possível identificar que os buracos são um dos principais problemas encontrados nas estradas vicinais da localidade em estudo, principalmente nos trechos pavimentados (figura 16).

Figura 16: Trechos com buracos nas estradas rurais de Luís Gomes-RN.



FONTE: Autor (2022).

5.1.4 Trilhas de Rodas

As trilhas de rodas é uma depressão, ou seja, um afundamento na superfície do pavimento provocada pela passagem repetitiva dos pneus dos veículos em um trecho da pista de rolamento. O afundamento é provocado por uma deformação permanente em qualquer camada da estrada ou do subleito, pela constância na

repetição das cargas que trafegam pela via, especialmente quando a capacidade de suporte é baixa nos períodos chuvosos (ODA, 1995).

Nesse sentido, no município de Luís Gomes-RN existe um volume de tráfego considerável diariamente, constituído de variados tipos de veículos, para atender as diversas necessidades da população local. Veículos de carga pesada como carros pipas, é muito comum nessa região devido à falta de sistema de abastecimento d'água.

Figura 17: Trechos com trilha de roda nas estradas rurais de Luís Gomes-RN.

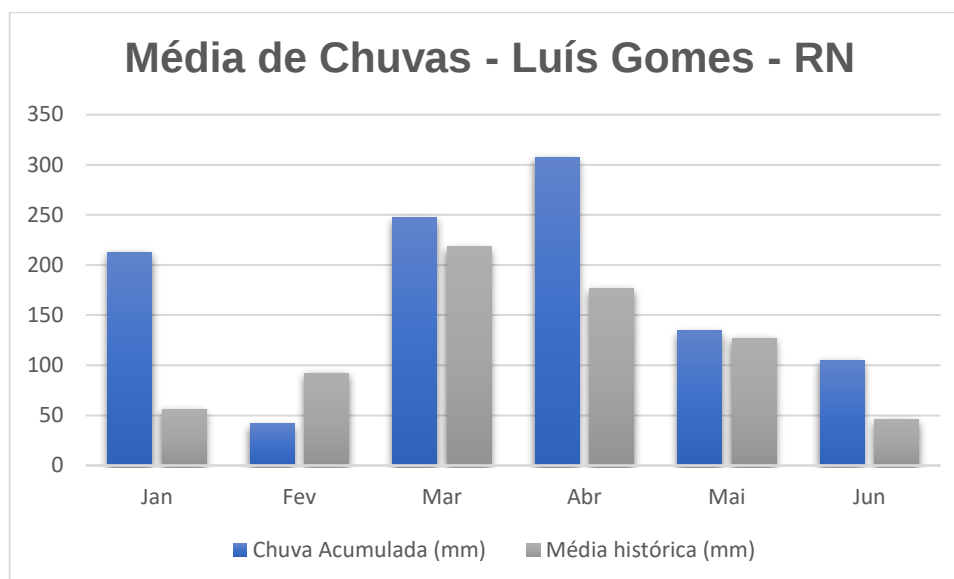


FONTE: Autor (2022).

5.2 Índices Pluviais

Provavelmente o surgimento ou mesmo o agravamento dos defeitos apresentados anteriormente, ocorrem no período de chuvas intensas. Segundo dados de pluviosidade durante o período de 01 de janeiro de 2022 a 19 de junho de 2022, da EMPARN (2022), o município de Luís Gomes-RN acumulou 1048,6 mm de chuva, o que representa um aumento na quantidade de chuvas durante o período quando comparado a média histórica (período de 30 anos) que é de 716 mm de chuva, como mostra a seguir na imagem capturada do site da EMPARN.

Figura 18: Dados pluviométricos do município de Luís Gomes-RN durante o ano de 2022 e a sua média histórica.



FONTE: Adaptado de EMPARN (2022).

5.3 Estradas Rurais de Luís Gomes-RN Pela Visão da Secretaria Municipal de Obras

O órgão responsável por gerenciar as condições de rodagem das vias rurais de Luís Gomes é a Secretaria Municipal de Obras, que alega que o município não possui um plano de gerenciamento para estradas rurais, mostrando desconhecer os benefícios (controle de gastos, períodos mais apropriados para realizar manutenção e reparo, relevo, condições geológicas, equipe técnica capacitada, equipamentos apropriados etc.) de se ter tal ferramenta. Somente no período chuvoso é que se tem maiores problemas com as condições de tráfego das estradas e consequentemente mais ações visando o melhoramento delas. No período de estiagem, por considerar que as estradas se apresentam mais favoráveis para o trânsito de veículos, as ações de reparo são menos frequentes.

Quando há defeitos nas estradas vicinais, é destinado até o local máquinas motoniveladoras e retroescavadeiras para realizar os reparos, acompanhadas de uma equipe da Secretaria Municipal de Obras para supervisionar e orientar os serviços a serem realizados. Nos locais mais acidentados, onde há maior dificuldade de tráfego, é avaliada a necessidade de se pavimentar o trecho ou se o reparo do local através

de máquinas motoniveladoras e retroescavadeiras, soluciona o problema, mesmo que temporariamente.

Para se pavimentar um trecho de uma via rural é elaborado um projeto de pavimentação através da Secretaria Municipal de Obras e de assessoria técnica especializada, onde são coletados os dados de levantamento topográfico, projeto arquitetônico, projeto de drenagem superficial, memorial descritivo e informações técnicas, e posteriormente se inicia a obra.

A técnica utilizada, atualmente, na construção dos pavimentos das estradas da Zona Rural de Luís Gomes é a pavimentação em paralelepípedos. Essa técnica contempla a regularização mecânica do subleito e em seguida o revestimento das vias com pavimento de paralelepípedos graníticos, rejuntados com argamassa de cimento e areia, sobre colchão de pó de pedra, além de serviços complementares de drenagem, quando necessário, e sinalização viária. Em trechos mais íngremes são realizadas cravações intermediárias, visando maior estabilidade do pavimento. Os paralelepípedos fornecidos vêm de uma pedreira localizada em Apodi-RN.

Figura 19: Agregados utilizados na pavimentação das estradas rurais de Luís Gomes-RN.



FONTE: Autor (2022).

O fornecedor mais próximo da região, e favorece a redução dos custos com transportes. Para as estradas rurais mais antigas, foi utilizada a técnica da aplicação de agregados compactados no solo, sem o revestimento de argamassas.

As ações de manutenção e reparo são desenvolvidas de acordo com as demandas. Não existe um plano municipal de manutenção, reparo e construção de estradas que organize sistematicamente o cronograma de ações a serem realizadas no melhor período do ano, a programação financeira de gastos, a viabilidade técnica, e os impactos ambientais e econômicos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escassez de estudos referentes as estradas vicinais revestidas de algum agregado natural ou em leito natural nas regiões interioranas, especialmente em municípios de pequeno porte, mostram que os problemas encontrados são frutos de falta de planejamento público que gerenciem melhor essas vias de tráfego. Luís Gomes-RN é o reflexo desta situação, pois os defeitos mais comuns surgem justamente pela falta de organização e estruturação das atividades de manutenção, prevenção e recuperação dos trechos afetados. Problemas como seção transversal inadequada, falta de elementos de drenagem ou drenagem inadequada, buracos, trilhas de roda são os mais comuns.

A manutenção periódica das vias rurais deve ser planejada, elaborada e executada de forma eficiente e eficaz, para que haja a conservação das condições de rodagem das estradas por um maior período, o que não acontece atualmente no município. São necessárias intervenções de melhorias, como implantação de elementos básicos de drenagem, limpeza das margens, entre outros. Essas ações devem, todavia, ser realizadas poucos meses antes da execução dos serviços de reparos e recuperação em vários pontos das estradas vicinais, a exemplo das agrovias na área estudada no município de Luís Gomes-RN.

Pode-se verificar que o município não possui a estrutura de profissionais e equipamentos para a manutenção e recuperação correta das suas estradas rurais. Os serviços são executados de acordo com o surgimento de demandas e, mesmo assim,

não são acompanhados por profissionais da área, contando apenas com máquinas retroescavadeira e motoniveladoras e encarregados de fiscalizar as obras, como forma paliativa de resolver os problemas momentaneamente.

Constatou-se que os fatores que potencializam o surgimento de defeitos nas estradas rurais são as fortes chuvas durante o inverno, associadas a topografia acidentada com grandes aclives e declives em seus traçados. Contudo a avaliação das condições de tráfego das estradas rurais, com dados e informações que permitam entender com mais clareza a dinâmica do surgimento das patologias das vias, devem ser executadas durante todo o ano, nos períodos de chuvas e de escassez, para observar melhor os fatores que mais contribuem para o surgimento dos problemas e, desse modo, planejar e executar melhor as ações a serem realizadas.

Vale destacar que no município estudado se localiza as Comunidades Quilombolas Lagoa do Mato e Coati, reconhecidas pela Fundação Palmares através da portaria nº 120/2018, de 26/04/2018, luta histórica para dar dignidade ao povo quilombola. A cultura e a história dessas comunidades dependem das estradas rurais e do bom funcionamento dessas vias, pois para que haja políticas públicas sociais voltadas a atender os habitantes das comunidades é necessário que o acesso esteja em boas condições de trafegabilidade.

Por fim, espera-se que o presente trabalho possa esclarecer para os órgãos responsáveis a importância de se criar programas de manutenção e aplicação de análises periódicas nas estradas rurais, medida simples e que pode contribuir para melhoria da qualidade de vida da população da zona rural, proporcionando mais segurança e conforto no trânsito de veículos ou usuários.

7 REFERÊNCIAS

ABNT, NBR 7211/ 1983 - **Agregado para concreto**. Rio de Janeiro, 1983.

ABNT, NBR 9935/1987 - **Agregados** – Terminologia. Rio de Janeiro, 1987.

ASSIS, João Carlos Silva de. **Estudo e verificação de patologias em estradas não pavimentadas e suas soluções**. 2018. 56 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10025414.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2022.

BAESSO, D. P.; GONÇALVES, F. L., **Estradas rurais: técnicas adequadas de manutenção**. Florianópolis, 2003. 236 p.

BERNUCCI, Liedi Bariani *et al.* **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. 3. ed. Rio de Janeiro: Petrobrás: Abeda, 2008. 475 p.

CEPA – Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina. **Avaliação do projeto de microbacias – componente estradas**. Florianópolis, SC. 1999.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manual de Projeto Geométrico de Estradas Rurais**. Rio de Janeiro, 1999.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manutenção da Malha Viária Federal. Ministério dos Transportes**. Rio de Janeiro, 2000.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Drenagem, Sarjetas e Valetas, Especificação de Serviço**. Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT 031/04-ES: **Pavimentos Flexíveis: Concreto Asfáltico**. Rio de Janeiro, 2004.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manutenção da Pavimentação**. Rio de Janeiro, 2006.

EMPRESA AGROPECUÁRIA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO Norte - EMPARN: **Relatório Pluviométrico**. 2022. Disponível em: <http://meteorologia.emparn.rn.gov.br/relatorios/relatorios-pluviometricos>. Acesso em: 04 maio 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE - **Relatório Técnico: Projeto de Regiões Rurais**. Rio de Janeiro, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estimativa da população residente**. Brasil, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/luis-gomes/panorama>. Acesso em: 09 mar. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estimativa da população residente**. Rio de Janeiro, 2021.

GOUVEIA, Lilian Taís de. **Avaliação do Ensaio de Angularidade do Agregado Fino (FAA) da Especificação Superpave**. 2002. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

GRIEBELER, N. P.; PRUSKI, F. F.; SILVA, J. M. A. Controle da erosão em estradas não pavimentadas. p. 166-215. In: PRUSKY, F. F. **Conservação de solo e água: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. 2009. 279 f. 2ª. Edição. Editora UFV. 2009.

GUIMARÃES, C. J. DROPA, M. M. JORGE, M. A. P. **Dos caminhos de circulação às rodovias de integração**. Ponta Grossa-PR, 2004.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Estradas rurais: orientações para construção, adequação e manutenção**. 1 ed. Brasília: Governo Federal, 2021. 41 p. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/programa-aguas-do-agro/arquivos/Orientacoes_ADA_2_EstradasVicinais1_m.pdf. Acesso em: 03 fev. 2022.

ODA, Sandra. **Caracterização de uma rede municipal de estradas não-pavimentadas**. 1995. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995. Cap. 5. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18137/tde-14012005-161818/pt-br.php>. Acesso em: 16 fev. 2022.

OLIVEIRA, M. J. G. **Hierarquização para orientar a manutenção de rodovias não pavimentadas**. 2005. 112 f. São Carlos, SP. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2005.

ZOCCAL, J. C.; SILVA, P. A. R., **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.