

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

ESTUDO E VERIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS EM ESTRADAS NÃO
PAVIMENTADAS E SUAS SOLUÇÕES

JOÃO CARLOS SILVA DE ASSIS

2018



ESTUDO E VERIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS EM ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS E SUAS SOLUÇÕES

JOÃO CARLOS SILVA DE ASSIS

Projeto de Graduação apresentado ao curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientadora: Profa. Sandra Oda

RIO DE JANEIRO

ESTUDO E VERIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS EM ESTRADAS NÃO
PAVIMENTADAS E SUAS SOLUÇÕES

João Carlos Silva de Assis

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO
DE ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A
OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL.

Examinado por:



Prof. Sandra Oda – DET/POLI

Prof. Giovanni Manso Ávila – DET/POLI

Mieka Arao

Engenheira Civil Mieka Arao – PUC-Rio

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

SETEMBRO de 2018

Assis, João Carlos Silva de

Estudo e verificação de patologias em estradas não pavimentadas e suas soluções/ João Carlos Silva – Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2018.

xiv, 59 p.:il.; 29,7 cm.

Orientadora: Sandra Oda.

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Civil, 2018.

Referências Bibliográficas: p. 58-59

1. Introdução 2. Revisão Bibliográfica 3. Principais Defeitos de Estradas Não Pavimentadas 4. Manutenção 5. Estudo de Caso do Município de Itanhandu-MG

I. Oda, Sandra; II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil. III. Título

*Dedico este trabalho aos meus pais,
João Carlos de Assis e Magali Silva de Assis.*

*À minha irmã,
Thaís Silva de Assis*

“O único caminho para desvendar os limites do possível é aventurar-se um pouco além dele, adentrando o impossível.”

Arthur C. Clarke

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à toda minha família, que me forneceu suporte incondicional em todos os momentos de minha vida. Em especial meus pais, João Carlos e Magali, que me criaram com todo o amor e carinho que se possa dar neste mundo, me ensinando o valor que a educação e o conhecimento têm em nossas vidas, mostrando por atos e ensinamentos que a ética e a honestidade são valores indispensáveis a uma vida digna.

Agradeço à minha irmã, Thaís, conselheira de todas as horas, que sempre esteve ao meu lado, principalmente nos momentos mais difíceis, me ensinando a ter calma, serenidade e que tudo na vida é transitório, cabendo a nós aproveitar cada momento.

Agradeço a todos os meus familiares que se fizeram presentes durante todos esses anos, mostrando o significado tão lindo de família.

À Deus, que me deu força e saúde para superar todos os desafios que enfrentei, por ter me abençoado em todos os momentos e colocado em minha vida pessoas tão maravilhosas.

Agradeço a todos os meus amigos de graduação, que são muitos, tentarei nomear todos, perdoem-me se tiver esquecido de alguém, Ana Luiza Panini, Bruna Duarte, Caio Freitas, Eduardo Médici, Fernando Moreira, Felipe Ribeiro, Felipe Vaz, Jardiel Araújo, João Pedro Bachega, Laís Rassi, Mateus Marchon, Mateus Teixeira, Pedro Pasqualini, Vanderlei Bruno Junior e Vítor Freitas.

Agradeço a meus amigos, Aline, Anna Luiza, Eduardo, Heloísa, Ítalo, Mateus, Luciano, Rafael, Samuel, de minha cidade natal, Itanhandu, por em todos esses anos sempre darmos um jeito de nos reunir para conversar, sempre auxiliando uns aos outros, mesmo à distância.

À minha orientadora, Sandra Oda, pelo seu suporte, sempre me atendendo nos momentos de dúvidas, disponibilizando-me excelentes materiais de base para minhas pesquisas deste trabalho.

Agradeço aos amigos da Igreja Presbiteriana de Itanhandu, sempre com palavras de incentivo e orações em meu auxílio.

À todos aqueles que me auxiliaram na elaboração de alguma etapa deste trabalho, em especial meu cunhado, Davi Pezzo Ladeira, por sua ajuda na fase de

análises das estradas, como também minha amiga, Mariana Collen Santos, pela ajuda nas fotografias.

Agradeço à Secretaria Municipal de obras pelo fornecimento de dados para serem utilizados nesta monografia.

Agradeço aos professores e funcionários que me auxiliaram em toda a minha formação, transmitindo seus conhecimentos, com empenho e zelo, para que assim eu pudesse me tornar um profissional mais competente possível.

Agradeço ao governo federal, através da Universidade Federal do Rio de Janeiro, por ter fornecido todo o suporte gratuito para minha formação. Tenho orgulho imenso de saber que estou me formando em uma das melhores faculdades do Brasil.

Finalmente agradeço a todas as pessoas que entraram e saíram de minha vida e que fizeram a diferença. Compreendo que tudo na vida é transitório, desta forma, temos que aprender com nosso erros e acertos, mas sempre olhando para frente. Orgulho-me por perceber que todas essas pessoas também sentem-se gratas por terem me auxiliado na conquistar deste tão sonhado diploma.

Formar-se em engenharia não é uma tarefa fácil, sou muito grato por ter conseguido superar esta etapa tão importante de minha vida. Entretanto, sei que sem essas pessoas citadas acima, nunca teria conseguido chegar onde cheguei. Muito obrigado a todos.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

ESTUDO E VERIFICAÇÃO DE PATOLOGIAS EM ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS E SUAS SOLUÇÕES

João Carlos Silva de Assis

Setembro/2018

Orientadora: Sandra Oda

Curso: Engenharia Civil

As estradas não pavimentadas, constituem a tipologia de via mais encontrada em nosso país, assim sendo de fundamental importância para grande parte da estrutura socioeconômica brasileira, principalmente da população rural. Desta maneira, deve-se atentar para as características especiais de preservação que estas estradas possuem, como a manutenção com intervalos de tempos menores em relação às estradas pavimentadas. Para se ter o adequado funcionamento, deve-se realizar manutenções periódicas, as quais, se forem executadas corretamente, provocarão a conservação às vias por elevado período, ocasionando economia. Esta monografia procura identificar as principais patologias em estradas vicinais, suas causas e as melhores soluções propostas para cada tipo de problema a partir de bibliografias publicadas. Também foi elaborada uma avaliação de estradas não pavimentadas a partir do Índice de Condição da Rodovia Não Pavimentada (URCI) proposto no estudo de Eaton et. al. (1987). Percebeu-se que a maioria das estradas não pavimentadas sofrem com o abandono e manutenções inadequadas; deste modo, todos os municípios devem fazer planos de manutenção e se adequarem para a execução correta das soluções dos defeitos nas estradas não pavimentadas.

Palavras-chave: patologias; estradas não pavimentadas; defeitos; reabilitação; manutenção.

Abstract of Undergraduate project presented to the the Federal University of Rio de Janeiro as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Civil Engineer.

STUDY AND VERIFICATION OF PATHOLOGIES ON UNPAVED
ROADS AND THEIR SOLUTIONS

João Carlos Silva de Assis

September/2018

Advisor: Sandra Oda

Course: Civil Engineering

The unpaved roads are the most commonly found road typology in our country, thus being of fundamental importance for a large part of the Brazilian socioeconomic structure, especially the rural population. In this way, attention must be paid to the special preservation characteristics that these roads possess, such as maintenance with smaller time intervals in relation to paved roads. In order to have the proper functioning we must carry out periodic maintenance, which, if performed correctly, will cause the roads to be stored for a long period of time, resulting in savings. This monograph seeks to identify the major pathologies in the vicinal roads, their causes and the best solutions proposed for each type of problem, from published bibliographies. An assessment of unpaved roads was also prepared from the Unpaved Road Condition Index (URCI) proposed in the study by Eaton et. al. (1987). It has been realized that most unpaved roads suffer from abandonment and inadequate maintenance, so all municipalities must make maintenance plans and be fit for the correct execution of solutions for defects on unpaved roads.

Key-words: pathologies; unpaved roads; rehabilitation; distress; maintenance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - SEÇÃO TRANSVERSAL COM A INCLINAÇÃO IDEAL DE 4%	Erro! Indicador não definido. 3
Figura 2 - EXEMPLO DE UMA SARJETA CORRETAMENTE EXECUTADA	Erro! Indicador não definido. 4
Figura 3 - MOTONIVELADORA ESPALHANDO O SOLO PELA PISTA	17
Figura 4 - FICHA DE CLASSIFICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DE SERVENTIA ATUAL (VSA) DA NORMA DO DNIT PRO 009/2003.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 5 - SEÇÃO TRANSVERSAL SEM O CORRETO ABAULAMENTO	28
Figura 6 - EXEMPLO DE SEÇÃO TRANSVERSAL COM SEVERIDADE BAIXA.....	28
Figura 7 - EXEMPLO DE SEÇÃO TRANSVERSAL COM SEVERIDADE MÉDIA	28
Figura 8 - EXEMPLO DE SEÇÃO TRANSVERSAL COM SEVERIDADE ALTA.....	29
Figura 9 - ESTRADA SEM DISPOSITIVOS DE DRENAGEM ADEQUADOS, PROVOCANDO O ESCOAMENTO DA ÁGUA PELO MEIO DA VIA	30
Figura 10 - CORRUGAÇÕES EM UMA ESTRADA LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE ITANHANDU-MG	32
Figura 11 - POEIRA EM EXCESSO PROVOCADA PELO TRÁFEGO DE VEÍCULOS SOBRE A VIA	33
Figura 12 - TRILHAS DE RODAS PROVOCADA PELA PASSAGEM DE VEÍCULOS.....	35
Figura 13 - BURACO LOCALIZADO EM UMA ESTRADA RURAL DO MUNICÍPIO DE ITANHANDU-MG	38
Figura 14 - SEGREGAÇÃO DE AGREGADOS EM ESTRADA VICINAL.....	39
Figura 15 - MAPA COM AS PRINCIPAIS ESTRADAS RURAIS DE ITANHANDU -MG	44
Figura 16 – CURVAS DE NÍVEIS DE SEVERIDADE PARA O CÁLCULO DO DV DO DEFEITO DE SEÇÃO TRANSVERSAL INADEQUADA	48
Figura 17 – CURVAS DE NÍVEIS DE SEVERIDADE PARA O CÁLCULO DO DV DO DEFEITO DE DRENAGEM LATERAL INADEQUADA	49
Figura 18 – CURVAS DE NÍVEIS DE SEVERIDADE PARA O CÁLCULO DO DV DO DEFEITO DE CORRUGAÇÕES.....	49
Figura 19 – CURVAS DE NÍVEIS DE SEVERIDADE PARA O CÁLCULO DO DV DO DEFEITO DE BURACOS	49
Figura 20 – CURVAS DE NÍVEIS DE SEVERIDADE PARA O CÁLCULO DO DV DO DEFEITO DE TRILHAS DE RODAS	50
Figura 21 – CURVAS DE NÍVEIS DE SEVERIDADE PARA O CÁLCULO DO DV DO DEFEITO DE PERDA DE AGREGADOS	50
Figura 22 – CURVAS DE CORREÇÃO DE VALOR Q PARA O CÁLCULO DO URCI.....	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - ESPECIFICAÇÃO DAS NOTAS ATRIBUÍDAS DE ACORDO COM AS CONDIÇÕES APRESENTADAS PELA ESTRADA	22
Quadro 2 - CLASSIFICAÇÃO DAS ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS SEGUNDO O URCI	24
Quadro 3 - ESPECIFICAÇÃO DAS NOTAS ATRIBUÍDAS DE ACORDO COM AS CONDIÇÕES APRESENTADAS PELA ESTRADA	Erro! Indicador não definido.
Quadro 4 - NÍVEIS DE SEVERIDADE PARA BURACOS DE ACORDO COM SUAS DIMENSÕES E PROFUNDIDADE MÁXIMA	Erro! Indicador não definido.
Quadro 5 - FOLHA DE INSPEÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS E CÁLCULO DO URCI	47
Quadro 6 - AVALIAÇÃO DOS TRECHOS DA ESTRADA ITANHANDU – PASSA QUATRO	52
Quadro 7 - AVALIAÇÃO DOS TRECHOS DA ESTRADA DO BOM SUCESSO.....	52
Quadro 8 - AVALIAÇÃO DOS TRECHOS DA ESTRADA DA BARROCADA	52
Quadro 9 – FOLHA DE AVALIAÇÃO DO TRECHO 2 DA ESTRADA ITANHANDU – PASSA QUATRO	54
Quadro 10 – FOLHA DE AVALIAÇÃO DO TRECHO 2 DA ESTRADA DO BOM SUCESSO	55
Quadro 11 – FOLHA DE AVALIAÇÃO DO TRECHO 2 DA ESTRADA DA BARROCADA	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - ESPECIFICAÇÃO DO ABAULAMENTO DA SEÇÃO TRANSVERSAL DA VIA DE ACORDO COM A DECLIVIDADE DE RAMPA	29
Tabela 2 - ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS AVALIADAS E SUAS RESPECTIVAS EXTENSÕES	46
Tabela 3 - DESCRIÇÃO DOS DEFEITOS E SEUS CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO.....	48
Tabela 4 - RESUMO DA AVALIAÇÃO DAS ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS DO MUNICÍPIO DE ITANHANDU-MG	51

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Considerações iniciais	1
1.2. Objetivos	4
1.3. Metodologia	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. Estradas Não Pavimentadas	6
2.2. Recuperação	7
2.3. Adequação	7
2.4. Manutenção	7
2.4.1. Manutenção de rotina	8
2.4.2. Manutenção emergencial.....	8
2.4.3. Manutenção corretiva	9
2.4.4. Manutenção preventiva	9
2.5. Materiais mais utilizados em estradas não pavimentadas	9
2.5.1. Materiais Naturais	10
2.5.1.1. Solo Laterítico	10
2.5.1.2. Solo não-laterítico	11
2.5.2. Materiais artificiais.....	11
2.5.2.1. Pedra Britada	11
2.5.2.2. Solo Cimento.....	12
2.6. Seção Transversal.....	12
2.7. Sistema de drenagem.....	14
2.8. Equipamentos utilizados nas obras	15

2.8.1.	Retroescavadeira	15
2.8.2.	Trator de esteira.....	15
2.8.3.	Motoniveladora	16
2.8.4.	Caminhão Basculante	17
2.8.5.	Recomendações de manutenção dos equipamentos.....	18
2.9.	Métodos de avaliação das condições da via	19
2.9.1.	Avaliação Subjetiva.....	19
2.9.1.1.	Método de avaliação de estradas não pavimentadas segundo RIVERSON et. al. (1987).....	21
2.9.2.	Avaliação Objetiva	23
2.9.2.1.	Método de avaliação de estradas não pavimentadas segundo EATON et. al. (1987)	23
2.9.2.2.	Método de avaliação de estradas não pavimentadas segundo Baesso e Gonçalves (2003)	25
3. PRINCIPAIS DEFEITOS MAIS ENCONTRADOS NAS ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS E SUAS SOLUÇÕES		26
3.1.	Seção transversal Inadequada.....	27
3.2.	Drenagem inadequada	29
3.3.	Corrugações.....	31
3.4.	Excesso de poeira	32
3.5.	Trilhas de rodas	33
3.6.	Buracos.....	35
3.7.	Segregação de agregados	37
4. MANUTENÇÃO DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS		39
4.1.	Atividades de manutenção	39
4.1.1.	Revestimento primário	40
4.1.2.	Agulhamento	41
4.1.3.	Mistura de areia e argila	41

5. AVALIAÇÃO DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS: ESTUDO DE CASO APLICADO AS VIAS VICINAIS DO MUNICÍPIO DE ITANHANDU-MG	42
5.1. Área de estudo	42
5.2. Seleção das estradas para o estudo	43
5.3. Metodologia utilizada	45
5.4. Resultados do levantamento de campo	50
6. CONCLUSÃO E SUGESTÕES	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As estradas exercem um importante papel no desenvolvimento econômico e social de um país. No Brasil as estradas são a principal forma de integração nacional e escoamento das produções agropecuárias e industriais. Neste íterim, as vias não pavimentadas são de fundamental importância. Conforme o relatório do Sistema Nacional de Viação (SNV, 2016), divulgado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), 86,5% das estradas do Brasil são não pavimentadas. Ademais, em relação à extensão dessa malha, os dados informam que aproximadamente 91,6% estão sob jurisdição dos governos municipais, 7,45% governos estaduais e apenas 0,93% sob regência do governo federal. Assim sendo, as estradas vicinais são um dos pilares de desenvolvimento socioeconômico de milhões de brasileiros; principalmente daqueles que vivem nas zonas rurais e cidades de pequeno porte.

Segundo dados de 2017 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 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. A grande maioria depende dessa tipologia de estrada para o acesso a serviços de saúde, educação e lazer; o que torna primordial a conservação dessas estradas para a melhoria da qualidade de vida dessa população que mora afastada da zona urbana. Esses fatos mostram a preocupação que as prefeituras municipais deveriam ter com a manutenção e restauração periódica de suas estradas, principalmente as cidades de pequeno porte, onde as verbas governamentais são mais escassas. Infelizmente não é isto que ocorre, geralmente as cidades não têm planos de gerência ou de manutenção dos pavimentos.

O setor agropecuário, segmento básico de nossa economia, responsável por 23,5% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro (IBGE, 2015), também é altamente dependente das condições das estradas não pavimentadas para o escoamento de sua produção, o que leva à preocupação com as boas condições das vias para não haver desperdícios da produção agropecuária. Conforme exposto por Baesso e Gonçalves

(2003), um substancial elenco de evidências constatado em vários países, assegura o vital papel desempenhado pelas estradas rurais no desenvolvimento da agricultura.

No tráfego em vias de baixa qualidade do pavimento, manter a velocidade constante é mais difícil, o que aumenta a quantidade de frenagens e acelerações e, por consequência, o gasto com combustível. Além do mais, o desgaste em excesso de componentes automotivos, como pneus, suspensão e freios, somados ao maior risco de acidentes, ocasionam a elevação dos custos do transporte, além de diversos prejuízos para o país, não só dentro da ótica econômica, mas também, socioambiental. Estes fatores incidem no alto custo que se tem de transportar cargas no Brasil, impactando na capacidade de crescimento de nosso país e na competição no mercado internacional.

A discussão sobre o modal transporte no Brasil ser predominantemente rodoviário, não se encaixa nos contextos das estradas rurais, pois estas são vias secundárias, geralmente de baixo volume de tráfego e muito ramificada por regiões ermas. Assim, a substituição dessas estradas por outros meios de transportes não seria economicamente viável na maioria dos casos em nosso país. Esses fatos demonstram o protagonismo das vias não pavimentadas para grande parte da população que vive à margem dos grandes investimentos em infraestrutura.

Segundo Fattori (2007), embora se possa dizer que as estradas rurais, por si só, não são capazes de romper as barreiras que levam ao empobrecimento das comunidades, elas podem, por outro lado, ser importantes agentes de crescimento e proporcionar significantes benefícios sociais e econômicos, enfatizando a grande dependência dessa modalidade de transporte por parte de comunidades, muitas vezes das camadas mais baixas da população. Assim, quando se tem uma boa gerência e planejamento das vias, essas estradas se tornam muito importante para o desenvolvimento daquela determinada região e de sua população.

Um agravante de estradas não pavimentadas é sua característica de deterioração rápida, onde a falta do revestimento, como concreto asfáltico, cimento Portland ou outro tipo, faz com que os materiais de sua superfície sejam deslocados e retirados mais facilmente pelas intempéries e pelo tráfego. Também pode-se citar a manutenção inadequada, onde as técnicas utilizadas muitas vezes são empíricas e incorretas, ocasionando aceleração na deterioração. Um exemplo é o método simplista geralmente empregado, onde apenas se utiliza uma moto niveladora disponível no município para

raspar a superfície da via. Todavia esse método pode piorar ainda mais a situação da via e criar o “encaixamento” da estrada no terreno, prejudicando o escoamento das águas.

No Brasil, o clima predominante é o tropical, onde se tem duas estações bem definidas: o verão, que é úmido, e o inverno, seco. Em função das características dos nossos solos tropicais serem divididos em duas grandes categorias, solos lateríticos e solos não lateríticos, pode-se focar nas especificidades dos solos lateríticos, que são geralmente utilizados nas vias não pavimentadas. Isso ocorre pelas boas características presentes nesse tipo de solo, o que torna seu desempenho satisfatório. Esse solo é quase sempre avermelhado pela presença de óxido de ferro na sua composição, tem boa resistência, é pouco deformável e tem bom desempenho contra os efeitos prejudiciais da água. Desta maneira, a bibliografia estrangeira, principalmente do hemisfério norte, a qual possui grande acervo sobre o assunto deste trabalho, não leva em conta as especificidades de nossos solos, assim tendo que ser adaptadas para nossa realidade.

Uma grande dificuldade encontrada na elaboração dos estudos iniciais para a execução deste trabalho foi a falta de bibliografia especializada no assunto de estudo, principalmente de nosso país, comprovando a lacuna de pesquisas mais aprofundadas acerca de um assunto tão interessante para o desenvolvimento brasileiro, o transporte por vias sem a presença de pavimentos rígidos ou flexíveis.

Além disso, o desinteresse do governo sobre esse assunto só piora a situação dos estudos e também da execução de medidas para melhorar as condições das vias; pois sem investimento adequado, o qual no contexto das vias de transporte vem quase em sua totalidade de capital público, não há opção de avanços e melhorias. Já a falta de estudos também pode ser explicada pela pouca importância dada a essa tipologia de estrada, a falta de informações sobre essas vias e a baixa visibilidade que se tem da importância de se ter estradas não pavimentadas de boa qualidade para a sociedade em geral.

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. Portanto, este trabalho tem como um de seus objetivos identificar e indicar as formas de orientação adequada para as prefeituras dos municípios executarem os planos de manutenção de suas estradas.

Levando-se em conta todos esses fatores, um estudo de caso torna-se uma boa opção para o desenvolvimento do trabalho. O estudo será feito nas estradas rurais do município de Itanhandu, localizado na mesorregião do Sul de Minas e na microrregião das Terras Altas da Mantiqueira. A análise dar-se-á por um trabalho de campo para a busca de patologias comuns das estradas municipais e histórico de manutenções fornecidos pela Secretaria de Obras do município.

1.2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo destrinchar as mais comuns patologias que surgem nas estradas não pavimentadas brasileiras, suas causas e as melhores opções para mitigar esses defeitos; tomando como base um estudo de caso no município de Itanhandu, localizado na mesorregião do Sul de Minas e na microrregião das Terras Altas da Mantiqueira.

Uma outra abordagem que será esmiuçada no presente trabalho, e que tem ligação com as prefeituras, é responder quais são os dados que deveriam ser guardados para que houvesse históricos de intervenções e manutenções, para que seja feito um correto planejamento posterior com base nos erros e acertos das execuções anteriores.

1.3. METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste trabalho tem por base a busca e revisão de materiais publicados voltados para o assunto em questão. As principais fontes de pesquisa encontradas são os manuais e artigos de órgãos governamentais para o auxílio e esclarecimentos da execução, prevenção e manutenção das estradas não pavimentadas. A busca também se deu por monografias, dissertações e teses com enfoque nas vias com revestimento primário. Tais publicações são fontes de grande auxílio para a construção do presente trabalho, pois têm grandes quantidades de informação sobre o assunto; porém, geralmente, são trabalhos muito específicos de determinada região, o que implica na necessidade de adaptações para serem utilizados neste trabalho.

Para a análise do estudo de caso, fez-se necessário aplicar métodos expostos em trabalhos anteriores. Este estudo tem por base um trabalho de campo, onde as fotografias e as análises de condições do pavimento foram feitas por intermédio do próprio autor do presente trabalho. Para uma avaliação completa desse tipo de rodovia, são imprescindíveis conhecimentos básicos acerca dos materiais constituintes no leito da via, juntamente com noções de drenagem, terraplanagem e pavimentação para se ter uma objetiva análise crítica; o que provocaria estudos laboratoriais, assim encarecendo o trabalho e inviabilizando a pesquisa. Entretanto, para uma análise mais superficial das patologias presentes e suas soluções se apresenta plausível, mesmo sendo básica, tal análise, por si só, já garante uma boa elucidação da realidade presente nas vias.

A coleta de materiais e informações também se dá pela busca de históricos executados nas estradas pelo governo municipal da cidade em que foi elucidado o estudo de caso, na cidade de Itanhandu - MG. Esses dados são de fundamental importância para uma elucidação das intervenções e seu desempenho conforme os ciclos de vida dessas ações de melhoria das vias.

Esta monografia está estruturada em seis capítulos, mais a bibliografia pesquisada na elaboração do trabalho.

O Capítulo 2 apresenta a revisão biográfica sobre o assunto estudado, com citações de diversos autores sobre fatores que influenciam significativamente as estradas não pavimentadas. É abordado neste capítulo os materiais mais utilizados nos leitos das vias, os tipos de intervenções mais comuns, juntamente com os equipamentos necessários para estas execuções. A metodologia e os diferentes tipos de avaliação das condições das estradas vicinais também são assuntos do segundo capítulo desta monografia.

O Capítulo 3 trata dos principais defeitos que ocorrem nas estradas não pavimentadas. É objeto de estudo deste capítulo os principais fatores que causam estes defeitos e as melhores soluções para a resolução destas patologias.

O Capítulo 4 reserva a elucidação das atividades mais comuns de manutenção que são executadas nas vias não pavimentadas. Desta forma demonstrando como deve ser executadas estas ações e em quais casos são recomendadas.

O Capítulo 5 apresenta os resultados do estudo de caso de avaliação de três estradas rurais do município de Itanhandu-MG. É demonstrado o método escolhido para

esta avaliação e os passos executados para se classificar as estradas. Os resultados são apresentados através de quadros e tabelas para uma melhor elucidação da avaliação.

O Capítulo 6 traz as principais conclusões, sugestões para trabalhos futuros e indicações para as administrações públicas melhorarem a gerência de suas estradas não pavimentadas. Aborda, também, uma análise crítica dos resultados e da metodologia utilizada na avaliação das vias.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS

Segundo Baesso e Gonçalves (2003), estradas vicinais, outra nomenclatura dada às estradas não pavimentadas, são conjuntos de pequenas vias que compõem o sistema capilar do transporte, sendo responsáveis fundamentalmente pelo escoamento da produção agrícola. Além deste fator tão importante para o escoamento da produção, essas estradas vicinais têm como objetivo fornecer o acesso das comunidades rurais aos serviços urbanos.

Zoccal e Silva (2016) expõem que as vias rurais são vias de circulação municipais com a finalidade de interligação da área rural aos sistemas viários urbanos, estadual e federal; assim sendo fontes alimentadoras dessas interligações. Também pode-se citar a importância que essas vias possuem no quesito de desenvolvimento da ocupação territorial do município, estimulando a produção agropecuária, incentivando a ocupação e alteração das estruturas fundiárias.

Baesso e Gonçalves (2003) propõem uma classificação para as estradas de terra que dar-se por meio de quatro categorias distintas representadas pelas letras do alfabeto: A, B, C e D. Segundo os autores, as estradas classificadas na categoria A são aquelas em que sua superfície de rolamento é composta em sua totalidade por agregados naturais, que devem respeitar parâmetros pré-definidos e são oriundas de jazidas. A classificação B são aquelas vias que têm na composição de sua camada superficial materiais produzidos artificialmente, como, por exemplo, as pedras britadas. A categoria C é a classificação daquelas estradas que possuem solos naturalmente estabilizados para compor sua superfície de rolamento, exemplos de aplicação de saibros, areias e piçarras

provenientes de jazidas. As estradas cuja camada superficial é composta por materiais oriundos de seu próprio leito natural, são classificadas na categoria D.

Segundo Zoccal e Silva (2016) pode-se também classificar as estradas rurais em três categorias. Estrada Radial, aquela que interliga a mancha urbana do município com outro município vizinho ou com seus limites territoriais. Estrada Transversal, a qual interliga as estradas do tipo radial. Caminho ou Carreador, que possuem uso e acesso mais restrito, interligando preferencialmente glebas mais isoladas até uma via municipal, estadual ou federal.

2.2. RECUPERAÇÃO

São ações executadas quando as condições da via chegam a um estado crítico, onde a segurança na utilização da estrada apresenta um risco para seus usuários, em especial por fatores causados pelas variações climáticas. Dentre as operações que podem ser executadas nesta fase, pode-se citar os ajustes no traçado da via e o correto decaimento de seu leito para o escoamento das águas pluviais, ajustes de visibilidade, medidas de segurança e sinalização correta da via. Esse tipo de intervenção geralmente é o mais utilizado em nosso país devido à falta de planos de manutenção periódicos e abandono das estradas vicinais.

2.3. ADEQUAÇÃO

Zoccal e Silva (2016) explicitam um conjunto de intervenções, dimensionadas em projeto, contribuem para a melhoria das condições da durabilidade da estrada; levando em consideração os fatores ambientais presentes na região. O manejo correto da água e do solo proveniente do escoamento da via são de fundamental importância nesse tipo de intervenção, melhorando as condições de trafegabilidade.

2.4. MANUTENÇÃO

No contexto das estradas vicinais, manutenção 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.

A 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. Assim, deve haver um cadastro de prioridades para se planejar corretamente as ações por ordem de prioridade. Ademais, o termo manutenção parte do pressuposto que a via está em boas condições técnicas, sendo as atividades executadas para prolongar a vida útil das estradas, bem como assegurar a mitigação dos defeitos. A manutenção sem os devidos cuidados também é prejudicial à via, além de causar prejuízos econômicos. Pode-se dividir os diferentes tipos de manutenção conforme suas diferentes funções, sendo definidas quatro tipologias de manutenção: de rotina, emergencial, corretiva e preventiva. (BAESSO E GONÇALVES, 2003; ZOCCAL E SILVA, 2016).

As definições dos diferentes tipos de manutenção apresentadas têm por base os trabalhos de Zoccal e Silva (2016) e Fattori (2007).

2.4.1. MANUTENÇÃO DE ROTINA

A manutenção de rotina é composta por um conjunto de ações que acontecem em determinados ciclos pré-definidos, tendo como objetivo manter todos os elementos da estrada, dimensionados anteriormente, com suas características e com o mínimo de alteração possível. Visa assegurar a correta utilização da via pelos usuários por grandes períodos de tempo e retornar as condições iniciais com o mínimo de gasto concebível.

2.4.2. MANUTENÇÃO EMERGENCIAL

A manutenção emergencial é aplicada em casos de fatos extraordinários que podem obstruir ou danificar seriamente a estrada, prejudicando assim o tráfego. Uma rápida solução é requerida nesses casos e, desse modo, podem ser admitidas medidas paliativas apenas para o restabelecimento da passagem dos veículos até uma solução

definitiva executada posteriormente. Geralmente esses fatos fora do comum que necessitam de uma manutenção emergencial são causados por desastres naturais ou por fatores climáticos adversos, como desbarrancamentos, escorregamentos, erosões agressivas, queda de árvores, etc.

2.4.3. MANUTENÇÃO CORRETIVA

A manutenção corretiva é composta por operações que normalmente são executadas uma ou mais vezes durante o ano com a finalidade de reparação das avarias ou danos à estrada que surgem com o decorrer do tempo. As ações corretivas de manutenção podem ser necessárias com a descoberta de uma avaria inesperada e não planejada ou por um problema identificado através de um programa de monitoramento das condições da via. Recomposição de aterros, tapa buracos em pontos localizados, desbaste da vegetação circundante, manutenção de cercas e mourões são exemplos deste tipo de preservação.

2.4.4. MANUTENÇÃO PREVENTIVA

O alvo deste tipo de manutenção é evitar o aparecimento ou agravamentos dos danos que podem surgir, preservando a integridade estrutural da via. O acompanhamento periódico das condições da estrada é de fundamental importância, pois assim podem ser planejadas as ações de prevenção para que a via não alcance o estado crítico de utilização. Com a manutenção preventiva, tem-se uma grande economia, visto que, executando essas atividades, a vida útil prolonga-se e não são necessárias intervenções mais profundas, as quais têm custos maiores. São exemplos de atividades preventivas de manutenção: desobstrução de bueiros e sarjetas, encascalhamento, recompactação do solo, nivelamento da seção transversal da via, etc.

2.5. MATERIAIS MAIS UTILIZADOS EM ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS

Diversos materiais podem ser aplicados na implantação, manutenção, recuperação e adequação das rodovias rurais, de acordo com Braga e Guimarães (2014)

que, na maioria das vezes, são encontrados nos próprios trechos das vias ou em jazidas próximas e podem ser empregados em sua condição natural; mas também podem exigir algum tipo de beneficiamento a partir de misturas com outros materiais para atingir a correta condição para seu uso. Cada região tem suas características geológicas e pedológicas próprias, assim determinando a escassez ou abundância dos materiais que podem ser empregados. Conforme o exposto, pode-se dividir os materiais em dois grupos distintos: materiais naturais e artificiais.

2.5.1. MATERIAIS NATURAIS

2.5.1.1. SOLO LATERÍTICO

Solos tipicamente de regiões tropicais do mundo. São muito abundantes em todas as regiões do Brasil. Esse tipo de solo tem importância vital para as estradas rurais, pois geralmente a execução dessas estradas tem a presença desse tipo de solo ou com algum comportamento semelhante a ele. São solos presentes na parte superior, onde foi transformado pela ação de intemperismos, processo intitulado laterização. Nesse há um enriquecimento do solo por óxidos de ferro e alumínio, conferindo-lhes uma coloração típica, geralmente avermelhada. Tal dar-se pela alternância dos ciclos de saturação e secagem do solo, processo que nas regiões tropicais são agressivos, pela presença de chuvas torrenciais e incidência alta de radiação solar, características geralmente apresentadas nessas regiões do globo. Também podem apresentar inseridos na sua composição a laterita, massas consolidadas, maciças ou porosas, que possuem alta resistência a compressão.

Esse tipo de solo tem excelente desempenho na utilização como camada superior da via por apresentarem características de alta resistência a compressão, baixa deformação e alta impermeabilidade; sendo pouco sensíveis aos efeitos deletérios da água, como a erosão (FATTORI, 2007). Entretanto sua utilização pode ser descartada, erroneamente, quando se utiliza os ensaios geotécnicos desenvolvidos em outros países no Brasil, principalmente do hemisfério norte, para o dimensionamento das vias na fase

de planejamento. Essa recusa em utilizar os solos lateríticos é um erro que pode ser solucionado pelo emprego de métodos de ensaios mais específicos para o Brasil, como o Miniatura, Compactado, Tropical (MCT), que leva em consideração as especificidades dos solos tropicais presente em grande parte de nosso território.

2.5.1.2. SOLO NÃO-LATERÍTICO

Solo genuinamente residual, demonstrado por Fattori (2007), que resulta da alteração “in situ” da rocha mãe, mantendo ainda, de maneira clara, a estrutura do material que lhe deu origem. O Saibro, também conhecido como arreião, é um grande exemplo deste tipo de solo, o qual provém da decomposição incompleta das rochas de gnaiss ou granitos, sem um material granular com grãos de diâmetro acima de 4,8mm. Pode-se dizer que é o início da decomposição da rocha mãe, assim tendo a denominação de solo residual areno-argiloso. Para a utilização deste material é comum a necessidade de correção granulométrica e a inclusão de materiais mais finos para ganhos de coesão (BRAGA e GUIMARÃES, 2014).

Uma boa utilização do saibro é na camada superficial onde ele age como piso antiderrapante em solos muito argilosos. Entretanto a retirada do saibro nas jazidas pode provocar grandes impactos ambientais, pois ele se localiza a profundidades consideráveis e sua distribuição é esparsa devido a sua característica de ser um solo residual de estado inicial da decomposição da rocha mãe.

2.5.2. MATERIAIS ARTIFICIAIS

2.5.2.1. PEDRA BRITADA

Quando há escassez de materiais com diâmetro maiores ou não se tem os corretos materiais para a execução da camada, pode-se recorrer ao processo de britagem de rochas para suprir essa demanda. As rochas mais utilizadas na britagem são os

granitos e gnaisses, que são tipos de rochas com alta resistência. A comercialização da brita é dividida em cinco categorias, conforme o diâmetro de seus grãos, brita 0 (4,8mm a 9,5mm), brita 1 (9,5mm a 19,0mm), brita 2 (19,0mm a 38,0mm), brita 3 (38,0mm a 76,0mm) e pedra de mão (acima de 76,0mm). A forma ideal de utilização são as partículas de formato cúbico (BRAGA e GUIMARÃES, 2014).

A brita pode ser utilizada de formas distintas: misturada junto ao solo natural para dar maior suporte à superfície, como base de suporte para a camada superficial ou como a própria camada superior da via, para dar aderência e resistência às cargas pesadas provenientes de veículos de grande porte que circulam pelas estradas.

2.5.2.2. SOLO CIMENTO

Material proveniente da mistura de solo, cimento Portland e água nas medidas certas para seu correto funcionamento quando a resistência e durabilidade. A dosagem de cimento fica em torno de 5% a 10% do peso do solo. Se aplicado da forma correta, esse tipo de revestimento tem elevado desempenho quanto a rigidez à flexão e estabilização quanto aos ataques deletérios da água. Outra forma de utilização do cimento Portland para a camada superficial é sua aplicação com a dosagem de 2% a 4% do peso do solo, sendo intitulado solo melhorado com cimento; entretanto tem menor desempenho em comparação ao solo cimento.

2.6. SEÇÃO TRANSVERSAL

Um dos fatores mais importantes para a correta utilização de uma via é sua seção transversal 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.

O traçado da maioria das vias não pavimentadas obedece às curvaturas naturais do terreno por questões de economia em movimentações de terra; deste modo, pode-se encontrar grande variação nas curvaturas da seção transversal, ocasionadas pelos

diferentes tipos de solo e relevos da região. Para que a pista exerça seu papel corretamente e permita o escoamento das águas superficiais para fora da plataforma da estrada, deve ser aplicada a inclinação adequada à seção da estrada. O Departamento de Infraestrutura e Transportes (DNIT) recomenda uma inclinação de 3%, excepcionalmente 4%, conforme o tipo de solo que constitui o subleito da via. A exceção são estradas constituídas de solos argilosos, onde essa declividade pode ser maior. Declividades menores que o recomendado pode ocasionar problemas como depressões, buracos e ondulações, gerados pela falta de drenagem adequada que deteriorarão rapidamente o revestimento superficial. Do contrário, declividades acentuadas provocarão no usuário a sensação de desconforto e falta de segurança ao trafegar em trechos de curva com certa velocidade, pois, no veículo, agirá uma força centrífuga, atuando no sentido de dentro para fora da curva. Nos passageiros, esse desconforto pode ser sentido pelos esforços laterais que os empurram para o lado contrário ao que está sendo realizada a manobra. Para a mitigação deste efeito é utilizado o conceito de superelevação da pista de rolamento.

Outro problema encontrado na seção transversal é a execução repetitiva de raspagem da pista para o nivelamento desta, sem as devidas precauções; ocorrendo o fenômeno de “encaixamento” da via no terreno e ocasionando ineficiência na drenagem das águas pelo corpo da estrada. (ODA, 1995; FATTORI, 2007; ALVES, 2009; BRAGA E GUIMARÃES, 2014).

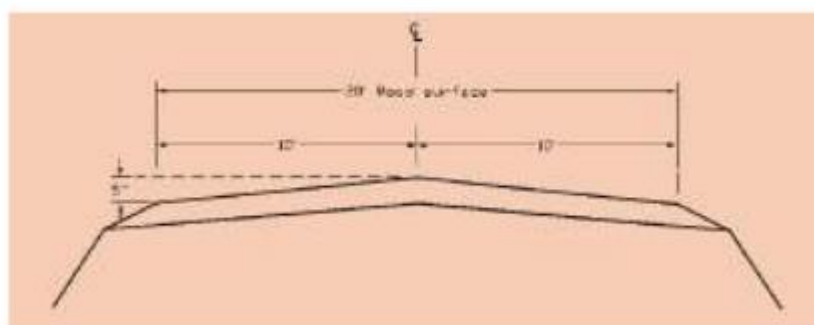


Figura 1 – Seção Transversal ideal com declividade de 4% (SKORSETH e SELIM, 2000).

2.7. SISTEMA DE DRENAGEM

A negligência dada para a construção de um correto sistema de drenagem é um dos principais fatores da grande deterioração que ocorre na tipologia das estradas não pavimentadas brasileiras. Juntamente com a execução incorreta da declividade da seção transversal, citado anteriormente, a degradação da via ocorre em períodos extremamente rápidos.



Figura 2 – Exemplo de uma sarjeta corretamente executada (FATTORI, 2007).

O sistema de drenagem pode ser constituído por elementos superficiais ou subterrâneos. A drenagem superficial tem por finalidade a coleta e retirada das águas superficiais que atingem o corpo da estrada e das águas de áreas vizinhas que escorrem em direção à via. Já o sistema subterrâneo tem por finalidade a interceptação das águas do subsolo do leito da estrada. As sarjetas fazem parte do sistema superficial, onde geralmente são posicionadas nas laterais da pista e conduzem as águas para um talvegue natural, bueiro ou bacias de acumulação. Em estradas com rampas acentuadas, deve-se executar lombadas que reduzem a velocidade da água e direcionam para as valetas laterais, que por sua vez podem conduzi-la para bacias de acumulação ou para a própria superfície natural lateral a estrada. Desta forma, é de fundamental importância que as sarjetas sempre estejam desobstruídas, evitando assim o acúmulo indesejado das águas superficiais. A aplicação de revestimento de grama nas valetas é uma alternativa interessante para reduzir a velocidade de escoamento da água e assim diminuindo os problemas de erosão. (ODA, 1995; FATTORI, 2007).

2.8. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NAS OBRAS

As recomendações e especificações dadas por Oda (1995), DNIT (2005), Baesso e Gonçalves (2003) e Zoccal e Silva (2014), são a base do estudo sobre os principais maquinários, e seus métodos, utilizados nas execuções de recuperação, adequação, manutenção e construção das estradas sem revestimento pavimentado. É sempre necessário um conjunto mínimo de equipamentos para que se possa obter os resultados almejados e durabilidade com o maior período possível. A execução dos serviços deve ser realizada de forma racional, atendendo as condições locais e a produtividade exigida.

2.8.1. RETROESCAVADEIRA

Praticamente presente em todas as obras com movimentações de terra, a retroescavadeira é um equipamento muito versátil devido ao seu porte e seus acessórios instalados. Possui em sua traseira uma concha para a retirada de material com significativa distância abaixo ou acima de seu plano de trabalho. É muito útil na construção de bueiros e valetas, ajudando também no carregamento de terra e recolhimento de barreiras. Sua caçamba dianteira é capaz de escavar quatro toneladas de material, podendo ainda elevar uma tonelada de carga por essa caçamba. Já a caçamba traseira pode alcançar quatro metros de profundidade.

2.8.2. TRATOR DE ESTEIRA

Conhecidos também como Buldôzer, quando relacionados com a terraplanagem, são máquinas que possuem em sua parte frontal uma lâmina de aço dotada de curvatura abaulada. São normalmente utilizados em serviços pesados, pois as sapatas de suas esteiras sem fim distribuem as cargas por grandes áreas, proporcionando

maior aderência e esforço trator, podendo atuar com estabilidade em qualquer terreno que o suporte, em grandes rampas. Entretanto sua operação requer baixas velocidades, limitando sua economia em transportes por grandes distâncias, não possuindo também boa manobrabilidade.

Sua função está ligada basicamente a corte e transporte de terras, entulhos, matacões, etc. Possui força para carregar de duas toneladas, nos modelos menores, até seis toneladas nos maiores tipos dessa máquina. Também pode ser utilizada no auxílio do nivelamento da via, da compactação do solo, na terraplanagem e na criação de encostas e aterros.

2.8.3. MOTONIVELADORA

Popularmente conhecida por Patrol, são máquinas de grandes dimensões que possui uma lâmina de aço em sua parte inferior com a função de cortar, deslocar e nivelar a superfície do solo. Suas dimensões aproximadas são: 7,90 metros de comprimento, 2,40 metros de largura e 3,20 metros de altura. Sua lâmina possui dimensões aproximadas: 3,70 metros de comprimento, 60 centímetros de altura e 2 centímetros de espessura.

A utilização desse equipamento em obras rodoviárias é imprescindível, dadas as funcionalidades presentes em sua operação. Sua lâmina possui a capacidade de adotar diversas inclinações em relação ao eixo de marcha e do plano horizontal. Deste modo, pode-se executar de forma ideal as caídas certas na seção transversal da via e das sarjetas para o correto funcionamento do sistema de drenagem superficial. São altamente recomendadas para acabamento e nivelamento de superfícies e taludes de pequena altura, juntamente com valetas de pequena profundidade. É uma máquina de operação complexa, portanto requer alta carga de treinamento por parte do operador e certa habilidade na sua utilização.

A grande maioria dos municípios brasileiros possuem este tipo de máquina, adquiridos pelos programas de incentivo do governo federal, mais precisamente pelo recente Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). A aquisição deste equipamento é um fator importante para que as prefeituras possam executar seus programas de

manutenção de suas estradas vicinais, todavia apenas a posse deste equipamento não assegura o correto cumprimento das atividades recomendadas. Diversos fatores podem atrapalhar a execução adequada, como falta de treinamento da mão de obra de operação das máquinas, ausência de outros equipamentos necessários para o auxílio da manutenção, carência de controle de qualidade da obra e falha nos planos de manutenção periódica por parte do município para suas vias. Conforme o exposto, é de fundamental importância a criação nos municípios do planejamento cíclico das atividades de conservação de suas estradas não pavimentadas, de acordo com a característica de alta e rápida degradação que essa tipologia de estrada possui.



Figura 3 – Motoniveladora espalhando o solo pela pista (SKORSETH e SELIM, 2000).

2.8.4. CAMINHÃO BASCULANTE

Equipamento dotado de caçamba metálica que possui mecanismo de elevação hidráulica ou mecânica, possibilitando a descarga rápida dos materiais e o transporte desses por grandes distâncias. Essa elevação possibilita grande ganho de tempo e a diminuição dos ciclos de trabalho, gerando economia e maior produtividade. Porém essa máquina não trabalha sozinha, necessitando de outros equipamentos de escavação e elevação para a execução de seu carregamento.

Como este tipo de caminhão possui a versatilidade de trabalhar com vários tipos de necessidades, geralmente todos os municípios têm entre seu plantel de

máquinas mais de um caminhão basculante, portanto não sendo um grande problema para as prefeituras a compra desse tipo de equipamento. Entretanto sua utilização deve-se atentar para certos cuidados, como o correto cálculo da quantidade necessária de caminhões que serão utilizados e seus ciclos para não haver desperdícios, não ultrapassagem dos pesos máximos por eixo que a via não pavimentada suporta e o correto destino e depósito dos materiais transportados para não ocorrer degradações ambientais.

2.8.5. RECOMENDAÇÕES DE MANUTENÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

A manutenção periódica é indispensável para o correto funcionamento dos equipamentos sempre que forem requeridos. Os procedimentos de manutenção visam as melhores condições que as máquinas podem alcançar dada sua idade e prolongar ao máximo sua vida útil através de lubrificação, ajustagens, revisões e proteção contra agentes que lhes são nocivos.

Profissionais com elevada capacidade de manutenção são cada vez mais necessários pela crescente evolução tecnológica dos equipamentos. A atuação deste profissional tem cada vez mais importância, tendo influência direta na qualidade de utilização do maquinário.

Pode-se separar em três tipos de manutenção dos equipamentos:

- Manutenção preventiva. A mais eficiente, pois atua evitando a ocorrência de danos e assim gerando menores gastos de quebra de peças e paralização das atividades do equipamento. É realizada em intervalos preestabelecidos, para a aferição do estado geral dos componentes, aplicando correções, substituições e ajustes. Dentre as ações ocorridas nessa fase estão a manutenção dos filtros, bateria, pneus, instrumentação e controle dos abastecimentos (água, combustível e óleos).
- Manutenção Corretiva. Somente ocorre quando há falha ou defeitos no equipamento que impeça sua correta atuação. Este tipo de manutenção deve ser evitada ao máximo pelo seu alto custo e a paralização do

equipamento. Podendo ser impedida pela troca antecipada de peças desgastadas, na análise feita na manutenção preditiva, e pela utilização correta da máquina pelos seus operadores.

- **Manutenção Preditiva.** Realizada através do acompanhamento periódico dos equipamentos, baseando-se na análise de dados coletados por monitoramentos e inspeções de campo. Um exemplo que pode ser utilizado nas máquinas de grande porte que são empregadas nas ações nas vias vicinais. Essa tipologia pode ser empregada na apreciação dos óleos lubrificantes, detectando e identificando partículas metálicas que resultam da deterioração ou alterações físico-químicas do óleo.

2.9. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA VIA

A condição da superfície da via pode ser medida através dos defeitos encontrados em sua pista de rolamento e a severidade que esses podem apresentar. Fatores como capacidade de suporte estrutural da estrada, nível de deterioração e conforto ao usuário são importantes para uma avaliação adequada e que demonstre o atual estado da via para que se executem planos de correção das falhas apresentadas.

Existem diversos estudos e métodos de avaliação das condições das estradas, se subdividindo em duas grandes vertentes, avaliação subjetiva e avaliação objetiva. Cada uma com suas peculiaridades, mas sua principal diferença está na utilização do ponto de vista do usuário na avaliação subjetiva, já no procedimento objetivo se usa coleta de dados a respeito dos defeitos apresentados na superfície de rolamento e analisa cada um deles para se ter uma nota de avaliação. (FONTENELE, 2001).

2.9.1. AVALIAÇÃO SUBJETIVA

No Brasil, o método de avaliação subjetiva é normalizado pelo DNIT (2003), no qual aplica-se um índice intitulado Valor de Serventia Atual (VSA) para a

caracterização da superfície de rolamento. Esse índice foi criado com o foco em pavimentos flexíveis e semirrígidos, porém pode-se efetuar algumas pequenas mudanças e aproveitá-lo para a caracterização também em rodovias não pavimentadas.

Em tal procedimento, avaliadores treinados percorrem os trechos da estrada nas velocidades permitidas de projeto, atribuindo notas numa escala de zero a cinco pontos e tendo em mente a seguinte pergunta: “Como essa estrada me serviria, se eu estivesse dirigindo meu carro sobre estradas como essa ao longo do dia?”. (FONTENELE E FERNANDES JÚNIOR, 2013).

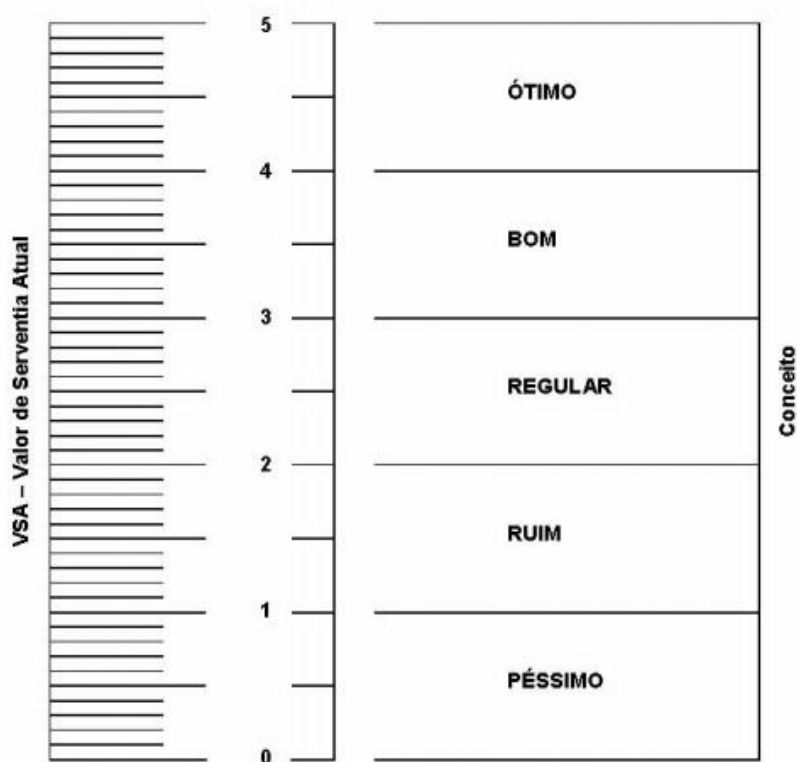


Figura 4 - Ficha de classificação da Avaliação de Serventia Atual (VSA) da Norma do DNIT PRO 009/2003.

Na avaliação não poderá haver nenhum tipo de comentário entre os avaliadores, sendo que esses devem atentar somente para as condições atuais da via, não levando em conta seu futuro. Os resultados são obtidos através de uma conta de somatório de todas as avaliações dividido pelo número de avaliadores.

Esse tipo de avaliação tem sua importância, pois revela as condições de conforto e segurança percebidas pelos que trafegam pela via. Não obstante, os estímulos gerados pelas imperfeições da via podem ser sentidos de maneiras diferentes pelos diferentes avaliadores. Também somado ao fato de que as opiniões de cada avaliador podem ser divergentes, demonstra-se nitidamente a subjetividade de todo o processo. (FONTENELE E FERNANDES JÚNIOR, 2013).

2.9.1.1. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS SEGUNDO RIVERSON ET. AL. (1987)

Esse método classifica as condições de rolamento da via não pavimentada com base no conforto e segurança que se transmite aos usuários. De acordo com essa classificação, a variação de velocidade de tráfego demonstra a qualidade da superfície da estrada, portanto quanto mais variações nas velocidades o veículo tiver, demonstra que mais patologias são encontradas na superfície da via. Para cada defeito, o avaliador deve dar uma nota na escala de um a cinco, onde um são condições muito boas e cinco condições péssimas, especificadas no quadro 2.1. As patologias são identificadas e avaliadas de acordo com a qualidade de viagem fornecida pela rodagem do veículo sobre a via com velocidade média de 65 km/h (RIVERSON et. al., 1987; ODA, 1995).

De acordo com Riverson et. al. (1987), a qualidade geral de uma estrada pode ser dividida em três principais níveis:

- Alta: Vibrações do veículo podem ser notadas, mas não há necessidade de redução na velocidade para o tráfego confortável e seguro. Solavancos ocasionais podem ocasionar pequenos desconfortos.
- Média: Vibrações são notadas significativamente e algumas reduções de velocidades são necessárias, entre 15 km/h, para garantir a segurança e o conforto dos passageiros. Alguns solavancos são percebidos com certa regularidade causando desconforto.
- Baixa: As vibrações do veículo são tão constantes que a velocidade do veículo precisa ser reduzida em cerca de 25 km/h a 32 km/h para o tráfego seguro e confortável. Excessos de solavancos são notados, criando desconforto

substancial nos passageiros, afetando as condições de segurança e potencializando riscos de quebra do veículo.

Quadro 1 – Especificação das notas atribuídas de acordo com as condições apresentadas pela estrada (RIVERSON ET. AL., 1987).

Condições de rolamento	5	Muito ruim	Viagem muito desconfortável, presença de grandes mudanças de velocidade. Velocidade média do veículo abaixo de 32 km/h.
	4	Ruim	Viagem desconfortável. Variação de velocidade com mais de 15 km/h.
	3	Médio	Viagem com qualidade regular mesmo com variações de velocidade maiores que 15 km/h.
	2	Bom	Poucas variações de velocidade em trechos isolados e sempre abaixo de 8 km/h.
	1	Muito bom	Sempre possível trafegar a 65km/h.
Corrugações	5	Muito severo	Corrugações com mais de 5 cm de altura/profundidade. Qualidade baixa de viagem
	4	Severo	Corrugações com altura/profundidade entre 3,5 e 5 cm. Qualidade de viagem é baixa a média.
	3	Moderado	Corrugações com altura/profundidade entre 2 cm. Qualidade média de viagem.
	2	Leve/bom	Corrugações acabaram de aparecer apresentando cerca de 1 cm. Qualidade de viagem de média a alta.
	1	Muito bom	Não se apresenta corrugações. Qualidade de rodagem alta.
Trilhas de Rodas	5	Muito severo	Trilhas com mais de 5 cm de profundidade. A condição da via é tão ruim que o veículo deve escolher trafegar sobre as trilhas ou em outras partes da via.
	4	Severo	Trilhas com profundidade entre 3,5 a 5 cm. É forçada a escolha do caminho que o veículo deve percorrer.
	3	Moderado	Trilhas com cerca de 2 cm de profundidade. O caminho que o veículo deve percorrer pode ser forçado.
	2	Leve	Trilhas com cerca de 1 cm de profundidade. O caminho do veículo é afetado parcialmente.
	1	Muito bom	Trilhas quase não notadas ou ausentes completamente.
Buracos	5	Muito severo	Mais de 40 buracos por 100 metros. Qualidade de rodagem ruim.
	4	Severo	Entre 30 a 40 buracos por 100 metros. Qualidade de viagem ruim a média.
	3	Moderado	Cerca de 20 a 30 buracos por 100 metros. Qualidade média de viagem.
	2	Leve	Cerca de 10 a 20 buracos por 100 metros. Qualidade de viagem de média a alta.
	1	Muito bom	Menos que 10 buracos por 100 metros. Qualidade de rodagem alta.
Perda de revestimento	5	Muita perda	Cascalho ou pedras colocados em seus lugares, mas sem compactação. Qualidade de rodagem ruim.
	4	Perda	Cascalho ou pedras colocados em seus lugares, mas com pouca compactação. Qualidade de rodagem ruim a média.
	3	Moderado	Cascalho compactado com algumas pedras soltas. Qualidade de rodagem média.
	2	Leve/bom	Cascalho ou pedras na superfície com boa compactação com poucas partes soltas. Qualidade de rodagem de média a boa.
	1	Muito bom	Cascalho e pedras bem compactadas. Muito pouco de cascalho solto. Qualidade de viagem alta.

2.9.2. AVALIAÇÃO OBJETIVA

A avaliação objetiva, também intitulada de levantamento de defeitos superficiais, tem seu foco na coleta de dados por métodos comprovados de mensuração do tipo de defeito apresentado pela via, sua severidade e sua gravidade. Após essa coleta, executa-se a análise dessas informações para a conclusão do estado atual do trecho que está em análise. (FONTENELE, 2001).

Para Fontenele (2001), existem duas tipologias de análise objetiva que pode ser empregada, caminhadas ao longo da seção ou a bordo de um veículo. O levantamento através de caminhadas tem a vantagem de ser mais preciso, todavia consome muito tempo e impede a análise de trechos muito extensos da superfície de uma grande estrada. Já na coleta de dados utilizando veículos a baixas velocidades (6,4 km/h a 16 km/h), pode-se cobrir uma grande quantidade de quilômetros, entretanto a qualidade de aferição não é tão boa quando comparada ao outro método. Assim uma opção é a combinação dos diferentes métodos para um levantamento mais completo.

2.9.2.1. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS SEGUNDO EATON ET. AL. (1987)

Apresentado por Eaton et. al. (1985), corroborado e estudado por Oda (1995), a base para este método vem a partir do cálculo do índice da condição da superfície de rolamento da estrada não pavimentada (URCI – *Unsurfaced Road Condition Index*). O índice é encontrado avaliando-se objetivamente as patologias apresentados pela via e seus graus de severidade, o qual é classificado pelas dimensões dos defeitos em relação às dimensões totais do trecho avaliado. Para cada tipo de patologia, existem classificações específicas que são propostas pelo estudo, juntamente com gráficos de severidade e os métodos de medição que somados apresentam as ferramentas necessárias para se ter o índice. Esse indicador numérico tem escala de 0 a 100, que mede as condições operacionais da estrada, que corresponde ao *Pavement Condition Index* (PCI). O índice 0 é uma condição péssima da estrada, já o indicador com avaliação de 100, uma via com excelentes condições de tráfego, ilustrado pelo quadro 2.

O método começa por uma avaliação subjetiva de um conjunto de avaliadores que trafegam pela via por um veículo com velocidade constante de 40 km/h, observando as condições gerais da superfície e os defeitos apresentados. Em seguida, escolhem-se as seções críticas com 30 metros de comprimento. Os defeitos são contabilizados e qualificados em três categorias de severidade: baixa, média ou alta, que depende da densidade da patologia em relação ao trecho; ou seja, quanto o defeito apresentado cobre a área do trecho de via. A partir desta densidade pode-se achar o valor de dedução (DV – Deduct Value) para cada defeito, que varia de 0 a 100, sendo o valor 0 um defeito que não influencia nas condições da estrada e 100 um defeito extremamente danoso para estrada. A partir da soma dos defeitos se obtém o valor total de dedução (TDV- Total Deduct-value), que será usado para o cálculo do URCI. Esses valores DV são encontrados a partir dos gráficos de curvas de severidade, particulares para cada defeito, que são apresentados no estudo. São sete defeitos caracterizados no manual: seção transversal inadequada, drenagem lateral ineficiente, corrugações, poeira, buracos, trilhas de rodas e perda de agregados.

É importante salientar que as avaliações devem ser aplicadas pelo menos quatro vezes ao ano, alternando-se em cada estação do ano e de preferência também em dias chuvosos. Outra observação importante é a característica de avaliar as estradas em função do valor médio dos URCIs, o qual pode ocasionar uma avaliação inferior das condições da via em comparação a realidade apresentada porque somente os trechos mais danificados são analisados.

Quadro 2 – Classificação das estradas não pavimentadas segundo o URCI (AUTOR, 2018).

URCI	Classificação
100 a 85	Excelente
85 a 70	Muito boa
70 a 55	Boa
55 a 40	Regular
40 a 25	Ruim
25 a 10	Muito ruim
10 a 0	Péssima

2.9.2.2. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS SEGUNDO BAESSO E GONÇALVES (2003)

O método sugerido por Baesso e Gonçalves (2003) para a aferição das condições da via vicinal é considerado simples e de baixo custo, sendo uma boa alternativa para a aplicação em larga escala nos municípios brasileiros. Essa metodologia leva em consideração seu Volume Médio Diário (VMD) de tráfego e o Índice de Condição da Rodovia Não Pavimentada (ICRNP), dividindo as rodovias em cinco categorias distintas. Essa avaliação proposta tem por base os estudos de Eaton et. al. (1987) e Riverson et. al. (1987).

O ICRNP indica os níveis de integridade da via e suas condições de operação, baseando-se em um índice numérico com escala que varia de zero a cem. A simplicidade da aferição está nos materiais utilizados na inspeção: trena, para medir as dimensões das patologias, régua de madeira, para medir as profundidades e um nível, que afere as inclinações. Juntamente com essas medições, é importante a análise visual dos defeitos por parte do examinador. O índice é alcançado com base em valores “dedutíveis”, que significam o nível de impacto que cada uma das patologias tem nas condições de serventia da estrada. Os valores são encontrados com a ajuda de tabelas, ábacos e expressões que utilizam essas as informações coletadas no trabalho de campo.

O VMD pode ser encontrado pela contagem total de veículos que transitam por um determinado trecho da rodovia em um dado período. Com os índices encontrados na aplicação do ICRNP, juntamente com o VMD, pode-se encontrar a classificação de uma determinada rodovia. A decisão de realização da manutenção da via é avaliada de forma simplificada por este método, pois se uma via é classificada em determinada categoria, a partir de seu VDM, e seu índice está abaixo da faixa ideal, mostrada pelo quadro 3, então deverão ser executadas as manutenções desta via.

Quadro 3 – Especificação das notas atribuídas de acordo com as condições apresentadas pela estrada (RIVERSON et. al., 1987).

Categoria	Volume Diário Médio (VMD)	Índice de Condição de Rodovia Não Pavimentada (ICRNP)
I	$VMD \geq 200$	70 a 100
II	$100 \leq VMD < 200$	55 a 70
III	$50 \leq VMD < 100$	40 a 55
IV	$0 \leq VMD < 50$	25 a 40
Rodovia Comprometida	-	0 a 25

3. PRINCIPAIS DEFEITOS MAIS ENCONTRADOS NAS ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS E SUAS SOLUÇÕES

Os defeitos podem ser entendidos como qualquer alteração na superfície de rolamento de uma estrada que influencie negativamente o tráfego. Embasado nessa definição, esses defeitos e suas principais causas são descritos a seguir, tendo como ponto inicial os trabalhos desenvolvidos por Eaton et. al. (1987), Riverson et. al. (1987), Oda (1995), Fontenele (2001), Baesso e Gonçalves (2003), Fattori (2007) e Zoccal e Silva (2016).

Essas patologias podem ser causadas por diversos fatores, internos e externos, existindo três principais que são responsáveis pela maioria dos defeitos apresentados. São eles: fatores climáticos, condições de tráfego e atividade de manutenção.

- **Fatores Climáticos:** os problemas ligados a estes fatores geralmente são causados pela água da chuva, onde ocorre o encharcamento dos solos da via, diminuindo a capacidade de suporte; também ocorrendo o transporte de material por desprendimento das partículas superficiais e a deposição em outros lugares, provocando valas e buracos.
- **Tráfego:** as tensões provocadas pelas rodas dos veículos podem provocar deformações no leito da estrada, esse defeito se agrava quanto maior carga o veículo tiver por eixo.
- **Manutenção:** muitas vezes a execução mal orientada de intervenções por máquinas na via podem ocasionar resultados adversos aos esperados, como alterações errôneas dos perfis transversal e

longitudinal, provocando redução de capacidade de suporte, drenagem inadequada, etc.

O tipo de solo, perfis longitudinal e transversal, drenagem, entre outros fatores internos também têm sua influência nos defeitos apresentados, o que demonstra a necessidade de execução e manutenção da via sempre de forma planejada, periódica e correta. Geralmente não ocorre a utilização de outros tipos de solo nos revestimentos, a não ser os do próprio local da estrada. Deste modo, esses materiais devem ser estudados na etapa de projeto para sua melhor utilização. A drenagem adequada é fundamental para que as águas da chuva não degradem o leito da via. Geralmente não se utiliza estabilizações do solo quimicamente, tendo como prática corriqueira a utilização de empedramento com cascalho, pedra britada ou similares nos pontos críticos.

3.1. SEÇÃO TRANSVERSAL INADEQUADA

Esse defeito tem por característica a inadequação na declividade do leito da estrada, provocando a ineficiência no escoamento das águas da chuva para seus dispositivos de drenagem, que geralmente se encontram nas laterais da pista. Desse modo provocando buracos, valas e erosões no leito da via. Dentre os fatores que podem causar esse tipo de defeito, está a incorreta execução do nivelamento da superfície pela motoniveladora, sem o posterior acréscimo de material; provocando o “encaixamento” da estrada no terreno. Compactação insuficiente e falta de acessórios de drenagem também podem agravar essa inadequação.



Figura 5 – Seção transversal sem o correto abaulamento (AUTOR,2018).

A seção transversal inadequada pode ser classificada pelos níveis de severidade:

- Baixa: estradas que apresentam superfície completamente plana, sem a correta inclinação transversal, assim não apresentando buracos.

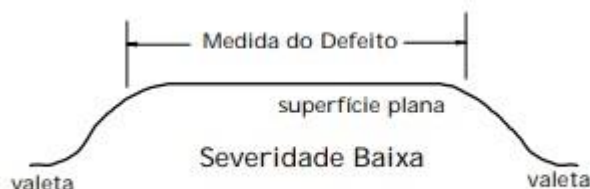


Figura 6 – Exemplo de Seção Transversal com severidade baixa (ODA, 1995).

- Média: vias que apresentam superfície em forma de calha, onde as águas se acumulam na parte mediana, também podendo apresentar alguns buracos.

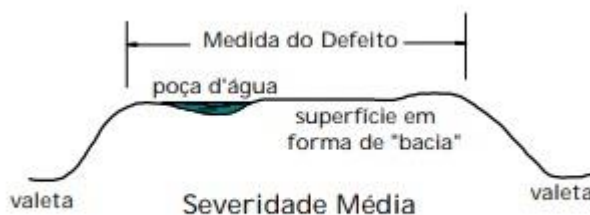


Figura 7 – Exemplo de Seção Transversal com severidade média (ODA, 1995).

- Alta: via completamente degradada por depressões e trilhas de rodas, quase sem escoamento das águas para as laterais da estrada.



Figura 8– Exemplo de Seção Transversal com severidade alta (ODA, 1995).

- Sugestão para correção:

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 de acordo com a declividade de rampa (ZOCCAL e SILVA, 2016).

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

3.2. DRENAGEM INADEQUADA



Figura 9 – Estrada sem dispositivos de drenagem adequados, provocando o escoamento da água pelo meio da via (AUTOR, 2018).

O mau funcionamento dos dispositivos de drenagem ocasiona depósitos de água em determinados lugares da plataforma da via, provocando dificuldade no tráfego de veículos e degradação da estrada com o aparecimento de buracos e atoleiros. Geralmente esse defeito é provocado pela obstrução das valetas de drenagem por vegetação ou entulhos, que não permitem a correta destinação das águas superficiais pelos dispositivos de escoamento. Outro fator que pode influenciar no mau desempenho da drenagem é inexistência de drenagem profunda.

A severidade desse defeito está ligada a quantidade de entulho e vegetação presentes nas valetas laterais, juntamente com a quantidade de água que passa por essas valetas. Sendo a classificação definida como:

- Baixa: via que possui pouca quantidade de água empoçada nas valetas, além de não haver entulho ou vegetação presente em suas laterais.

- Média: estrada com a presença de quantidade moderada de água empoçada e alguma vegetação ou entulho na parte interna da valeta, pode ser observado erosões nas valetas.

- Alta: estrada com a presença de grande quantidade de água empoçada e as valetas cobertas com vegetação e entulho, a presença de erosão das valetas pode ser observada claramente.

- Sugestão para correção:

A retirada da vegetação e do entulho deve ser executada em primeiro lugar para dar vazão a água que pode estar empoçada nas valetas laterais, seguida da retirada da água acumulada, podendo ser necessária a execução de drenos profundos, lagoas de retenção e sangria, para não ocorrer novamente o acúmulo de água. Ações de manutenção periódica são de fundamental importância para o correto desempenho dos dispositivos de drenagem, principalmente em estradas não pavimentadas, que estão mais propensas aos efeitos deletérios das águas provenientes das chuvas.

3.3. CORRUGAÇÕES

Conhecidas também como ondulações, costeletas ou “costelas de vaca”, são imperfeições de formato ondular e que se distanciam de forma regular ou irregular sobre a superfície da via. São posicionadas perpendicularmente ao sentido de fluxo da estrada, transmitindo assim um movimento vibratório para os veículos, causando desconforto. Seus níveis de severidade podem ser obtidos pela análise dimensional das depressões, distância entre ondas e profundidade dos sulcos. Dentre os fatores que causam esse defeito está a falta de material ligante ou presença de material muito fino, má compactação das faixas que compõe o leito e na ineficiência na capacidade de suporte do subleito da estrada. Geralmente as corrugações ocorrem em locais de aceleração e desaceleração dos veículos ou em rampas e curvas.



Figura 10 – Corrugações em uma estrada localizada no município de Itanhandu-MG (AUTOR,2018).

A severidade deste defeito pode ser classificada em três níveis:

- Baixa: estradas que apresentam corrugações com profundidade menor que 2,5 cm ou 10% da área total da superfície da via.
- Média: vias com defeitos que possuem profundidades entre 2,5 a 7,5 cm ou entre 10% a 30% da totalidade da área coberta pelas imperfeições.
- Alta: estradas que apresentam sulcos com profundidade maior que 7,5 cm ou 30% da área total da superfície atingida por este defeito.

- Sugestão para correção:

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. 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.

3.4. EXCESSO DE POEIRA



Figura 11 – Poeira em excesso provocada pelo tráfego de veículos sobre a via (AUTOR,2018).

A ação abrasiva do contato das rodas dos veículos com a superfície da estrada provoca o desprendimento da fração fina do solo superficial, levantando nuvens de poeira que podem provocar acidentes pela falta de visibilidade, problemas de saúde em pessoas que têm contato com esta poeira, prejuízos econômicos pela redução da vida útil do motor na degradação provocada pelas partículas que adentram o veículo e perda de agregados finos importantes no balanceamento das frações da mistura. Geralmente as nuvens de poeira ocorrem nos períodos de seca onde há carência de umidade para a

correta consolidação dos componentes da mistura do solo. Em grande parte do Brasil, as épocas de seca ocorrem nas estações de outono e inverno.

A severidade desse defeito é avaliada segundo a visibilidade dos usuários da via, classificada em três níveis:

- Baixa: nuvem de poeira pouco densa que não obstrui o campo de visão dos motoristas que trafegam pela via. Não provoca diminuição na velocidade dos veículos, sua altura é menor que 1,0 metros.

- Média: nuvem moderadamente densa que obstrui parcialmente a visibilidade dos usuários. Provoca uma diminuição perceptível na velocidade dos veículos, a altura da nuvem varia entre 1,0 a 2,0 metros.

- Alta: muita poeira, onde a nuvem é muito densa, obstruindo severamente a visibilidade dos motoristas. A velocidade é diminuída drasticamente ou é necessária a parada do veículo para não haver acidentes, altura da nuvem é superior a 2,0 metros.

- Sugestão para correção:

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.

3.5. TRILHAS DE RODAS

São depressões que aparecem na direção paralela ao eixo da pista com seu formato acompanhando o fluxo dos veículos. A ocorrência desse defeito vem das solicitações repetitivas dos eixos de carros e veículos comerciais juntamente com a baixa capacidade de suporte do subleito ou da camada de revestimento e drenagem insuficiente. O aparecimento das trilhas de rodas está ligado às estradas com superfície de material fino que não possuem a correta compactação ou com as camadas com suporte inadequado. A umidade é um fator que agrava mais o aparecimento e a consolidação desse defeito, pois diminui ainda mais a capacidade de suporte do

material. As depressões provocadas acumulam poças de água em seu interior na época das chuvas, dessa forma acelerando ainda mais o agravamento na profundidade da trilha. Geralmente no Brasil as épocas de chuva são as estações de primavera e verão, sendo assim períodos de maior atenção para o surgimento desse defeito.

Pode-se classificar o nível de severidade das trilhas de rodas em três níveis, sendo a avaliação pela profundidade dos sulcos e pela extensão dos defeitos:

- Baixa: sulcos com profundidade menor que 2,5 cm e que não apresentem extensão das trilhas maior que 10% da área total da superfície da via que apresenta os afundamentos.

- Média: depressões com profundidade entre 2,5 e 7,5 cm e extensão do defeito entre 10% e 30% da totalidade da área em que ocorrem as trilhas.

- Alta: sulcos que apresentam profundidade maior que 7,5 cm e que cubram mais de 30% da área total que apresenta os afundamentos.

- Sugestão para correção:

Observando-se a característica de falta de resistência do material constituinte da via, que provoca o surgimento das trilhas de rodas, 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. Como sempre, a compactação correta do material na execução ou manutenção é importante 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.



Figura 12 – Trilhas de rodas provocada pela passagem de veículos (AUTOR,2018).

3.6. BURACOS

Os buracos são depressões que surgem nas vias com formato de bacia onde geralmente tem diâmetro menor que 1,0 metro. Sua formação, e consequente expansão, se dá pela continua expulsão de partículas sólidas que se desprendem da superfície do leito quando os veículos trafegam por locais onde existe empoçamento de água. Assim sendo, os buracos estão mais propensos a aparecer em locais onde não há um eficiente sistema de drenagem. Outro fator de relevância para o surgimento deste defeito é a ausência de partículas aglutinantes dentre os componentes do leito, dessa forma não havendo a correta ligação entre as frações do solo. Pode-se afirmar que nos períodos de chuva há uma maior propensão de aparecimento desse tipo de degradação. Normalmente não são comuns o aparecimento de buracos em estradas onde a maior composição é de solos finos ou argilas, entretanto, em vias com cascalhos e pedras compactadas é típico o aparecimento. Esse fenômeno pode ser explicado pela coesão entre as frações da mistura que nos solos finos geralmente são maiores em comparação com solos grosseiros, caso dos cascalhos e pedras.

A classificação da severidade dos buracos vem da observação e correlação entre a profundidade do defeito e suas dimensões, apresentado pelo quadro 4 e que pode-se classificar em três níveis:

- Baixa: depressões com profundidade de até 2,5 cm e/ou diâmetro até 30 cm, assim como área menor que 10% da área total da superfície da via coberta por esse defeito e/ou menos de 5 buracos por trecho de via.

- Média: defeitos com profundidade entre 2,5 cm e 5,0 cm e/ou diâmetro entre 30 e 60 cm, também com 10% a 30% da totalidade da área coberta por buracos e/ou entre 5 e 10 buracos por seção.

- Alta: buracos com profundidade maior que 7,5 cm e/ou diâmetro maior que 60 cm, bem como mais ultrapassar mais 30% da área coberta por esse defeito e/ou mais de 10 buracos por trecho de via.

Quadro 4 – Níveis de severidade para buracos de acordo com suas dimensões e profundidade máxima (ODA, 1995).

Profundidade máxima	Diâmetro médio			
	< 30 cm	30 a 60 cm	60 a 100 cm	> 100 cm
1,25 a 5 cm	BAIXA	BAIXA	MÉDIA	MÉDIA
5 a 10 cm	BAIXA	MÉDIA	ALTA	ALTA
> 10 cm	MÉDIA	ALTA	ALTA	ALTA

- Sugestão para correção:

A correção desse defeito dependerá do nível de severidade e ocorrência do trecho. Buracos isolados podem ser mitigados com uma simples operação de tapa-buraco. Entretanto deve-se atentar para a correta execução desse procedimento, utilizando solos adequados, com resistência suficiente e não inferior ao já empregado no local. Juntamente com essa intervenção, deve-se analisar o sistema de drenagem para que não volte a ocorrer esse defeito no local. Se necessário, executar procedimentos para a melhoria da drenagem, como sangras, criação de valetas e abaulamento correto da seção transversal. Quanto aos casos que envolvem trechos onde há elevada quantidade de buracos, sugere-se o emprego da reconstrução da superfície da via com a utilização de motoniveladora, que através de sua lâmina reconforma a plataforma, eliminando os buracos e aplicando a correta inclinação da seção transversal para o escoamento das águas.



Figura 13 – Buraco localizado em uma estrada rural do município de Itanhandu-MG (AUTOR,2018).

3.7. SEGREGAÇÃO DE AGREGADOS

Com o passar do tempo, a passagem dos veículos sobre a superfície não pavimentada provoca a desagregação da fração grossa dos agregados. Essas partículas soltas são movidas pelo tráfego e se depositam nas áreas menos transitáveis da via, que são o centro e os acostamentos, provocando o aparecimento de bermas paralelas a linha de fluxo da estrada. Dentre os fatores que influenciam a formação desse defeito, estão a má compactação das camadas que forma a estrutura da via, provocando a fuga com mais facilidade dos agregados e a ausência de material ligante para a correta composição da mistura dos materiais. O clima seco favorece o aparecimento das bermas, pois a falta de umidade pode provocar desunião dos agregados. A própria manutenção inadequada é um fator de risco para o aparecimento dessa segregação, visto que na execução de patrolamento da via há a separação dos agregados e se esses não forem compactados e ligados da forma correta, a segregação pode ocorrer.



Figura 14 – Segregação de agregados em estrada vicinal (AUTOR,2018).

A análise dos níveis de severidade desse defeito é feita pela medição da altura das bermas presentes na via e de suas extensões:

- Baixa: agregados soltos na superfície ou bermas com altura menor que 5 cm nas áreas com menos tráfego na pista e menos que 10% da totalidade da superfície coberta pela segregação dos agregados.

- Média: bermas localizadas nos acostamentos ou nas áreas menos trafegáveis que tenham altura entre 5 e 10 cm e sua área entre 10% a 30% da área total de ocorrência deste defeito.

- Alta: muitos agregados soltos nos acostamentos e nas áreas de menos tráfego e que possuem mais de 10 cm de altura nas suas bermas e mais de 30% da totalidade da área do trecho coberto pelos agregados soltos.

- Sugestão para correção:

Para a correção desse defeito, o estudo do solo que compõe as camadas da via é relevante, pois a partir dessa análise se pode obter as respostas sobre quais materiais estão provocando a segregação. Uma alternativa é a mistura do material constituinte da via com material ligante, como exemplo as argilas, para ocorrer uma melhor união dos materiais, atentando-se para a correta granulometria da mistura. Nos casos mais graves, pode ser executada a retirada do material existente e a substituição por revestimento primário com maior coesão e resistência.

4. MANUTENÇÃO DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS

A manutenção periódica da via é de fundamental importância para assegurar a preservação das condições de trafegabilidade por longo prazo. Um dos principais objetivos que deve ser observado quando se tem um bom plano de manutenção é o impedimento de perdas desnecessária do capital investido na construção da via, com proteção física da estrutura e revestimento da estrada, evitando-se reconstruções e restaurações dispendiosas. As atividades desenvolvidas na manutenção visam a mitigação ou minimização dos defeitos e, por conseguinte, diminuição dos custos operacionais dos veículos que trafegam pela via, economia do dinheiro público por meio de planos eficientes de conservação e meio de locomoção seguro e confortável para os usuários (ODA, 1995; FONTENELE, 2001).

Os programas de manutenção devem ser elaborados pelas prefeituras de acordo com as particularidades de cada município e suas disponibilidades de recursos, que podem ser obtidos a partir de fundos federais para este fim, pesando a favor da obtenção facilitada dessas verbas um bom programa estruturado e econômico proposto ao governo federal. Esses programas devem conter inventário das condições superficiais das estradas e priorização de atividades, que podem ser executados pelos programas de avaliação já citados nesse presente trabalho, tabelas de atividades a serem implantadas com a descrição de materiais, mão-de-obra e equipamentos necessários para cada atividade distinta de manutenção e seus cronogramas de execução. Relatórios detalhados de produção diária também são importantes para o controle das atividades. (EATON et. al., 1987; RIVERSON et. al., 1987; ODA, 1995; FONTENELE, 2001).

4.1. ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO

A deterioração causada pelos diversos fatores ao longo do tempo é ainda mais rápida e agressiva em estradas sem a presença da camada de pavimentação, que têm dentre suas finalidades a economia nas manutenções periódicas. Dessa forma, para se assegurar uma via vicinal de boa qualidade, o emprego periódico da manutenção é essencial. Para Santos et. al. (1988), existem três principais atividades de manutenção

que, geralmente, podem ser utilizadas em todas as estradas rurais: agulhamento, revestimento primário e mistura de areia e argila.

4.1.1. REVESTIMENTO PRIMÁRIO

O revestimento primário é a aplicação de uma camada compactada, colocada sobre o subleito da via para melhorar as condições de trafegabilidade da estrada. Essa camada pode ser obtida pela mistura de materiais argilosos e granulares, onde a fração argilosa atua como ligante e servindo também como regularizadora da superfície de acabamento. Por outro lado, a razão granular aumenta o atrito do leito da pista com as rodas dos veículos, evitando assim derrapagens e acidentes. No cálculo de dimensionamento da camada, é levado em conta as condições de suporte do subleito e o volume médio de tráfego que percorre a via. Geralmente a camada de revestimento primário varia entre 10 e 20 cm de espessura.

Normalmente na natureza não são encontradas jazidas com as proporções satisfatórias de mistura que sirvam para a execução do revestimento primário, visto que as jazidas de materiais granulares geralmente são pobres em argila. Desse modo é preciso elaborar a mistura artificialmente. Uma boa proporção em volume das frações é cerca de uma unidade de argila para cada 2,5 de material granular, com a máxima dimensão ideal dos agregados granulares de 25 mm. Para uma boa homogeneidade da mistura, é necessária a secagem e o destorroamento da argila antes de se efetuar a mistura, que pode ser executada com a grade de disco dos equipamentos, motoniveladora ou pá carregadeira.

Uma boa execução do revestimento primário pode ser obtida pelo seguimento das etapas: regularização e compactação do subleito presente no local ou a execução do reforço do subleito, escarificação do leito, lançamento e espalhamento do material, umedecimento ou secagem, se preciso e finalmente uma boa compactação.

4.1.2. AGULHAMENTO

O agulhamento é uma atividade executada por compactação direta de material grosseiro no subleito através de cravação, caso esse subleito seja argiloso, ou se esse estiver sob uma camada argilosa que receberá o agulhamento. É um procedimento simplista de manutenção, o qual só deve ser proposto caso a execução do revestimento primário seja muito dispendiosa ou problemática, e só executada em estradas com baixo volume de tráfego. Pedregulhos limpos, cascalhos e piçarras resistentes com dimensões superiores a 2,5 cm são os materiais mais adequados para a execução desta atividade de manutenção.

Para o lançamento do agulhamento, deve-se atentar para a correta execução das etapas em ordem: regularização da pista, escarificação do subleito ou lançamento da camada de argila que receberá o material granular, espalhamento do material granular sobre a superfície escarificada, revolvimento dos materiais, umedecimento ou secagem, se necessário, e finalmente a compactação ativa das camadas.

4.1.3. MISTURA DE AREIA E ARGILA

Essa mistura de areia e argila é muito utilizada em vias com o subleito muito arenoso que causa desprendimento dos materiais, formando bermas nas laterais e centro da estrada, defeito conhecido como “areião”. Quando a via apresenta esse defeito, mas tem uma capacidade de suporte satisfatória, a adição de argila traz o benefício da coesão entre os materiais granulares e um bom acabamento na pista de rolamento. Esse procedimento é simplista, assim sua utilização deve ser apenas aplicada nas condições já mencionadas. Dessa forma, a sua escolha deve estar entre as últimas a serem pensadas quando se trata de intervenções de manutenção.

As etapas que devem ser seguidas para uma boa execução da mistura de areia e argila são: regularização da pista com os corretos caimentos, lançamento e espalhamento da argila seca e destorroada sobre o leito regularizado, mistura entre a argila e o solo com grade de disco, umedecimento e posterior compactação.

5. AVALIAÇÃO DE ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS: ESTUDO DE CASO APLICADO AS VIAS VICINAIS DO MUNICÍPIO DE ITANHANDU-MG

O estudo de caso proposto tem por finalidade avaliar as condições encontradas nas vias vicinais do município de Itanhandu-MG. Para esta avaliação foi utilizado o método proposto por Eaton et. al. (1987) com modificações necessárias para um melhor desempenho em nosso país, já que o estudo base está voltado para as condições gerais de estradas não pavimentadas norte-americanas. As adaptações propostas por Oda (1995) deste mesmo método também foram aproveitadas para uma melhor compreensão da situação das vias.

5.1. ÁREA DE ESTUDO

O município de Itanhandu-MG está localizado no Sul de Minas Gerais, região Sudeste do Brasil. Faz parte da microrregião turística do Circuito Terras Altas da Mantiqueira, possuindo, segundo dados do IBGE (2017), 15290 habitantes e área total de 143,37 quilômetros quadrados. Durante o Ciclo do Ouro do Brasil Colônia, foi caminho de escoamento das riquezas rumo ao litoral, fazendo parte da Estrada Real, e em 1923 foi emancipado, tornando-se município. A cidade fica localizada próxima a tríplice divisa entre os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, entre as latitudes de 22° 15' 09'' S a 22° 24' 15'' S e as longitudes de 44° 48' 11'' W a 45° 01' 03'' W. Seus municípios limítrofes: São Sebastião do Rio Verde ao noroeste, Pouso Alto ao norte, Itamonte à leste, Passa Quatro ao sul, Virgínia à oeste, todos localizados no estado de Minas Gerais. Além disso, faz divisa com o município de Resende-RJ ao sul. O mapa do município é representado na Figura 15.

O clima do município é caracterizado como Tropical de Altitude com média anual de 19 ° Celsius e altitude média 892 metros acima do nível do mar. O período seco vai de abril a setembro, já o período chuvoso de outubro a março, faz parte da bacia hidrográfica do Rio Grande com seu principal rio intitulado Rio Verde. Parte de seu território está localizado na Serra da Mantiqueira, com bioma da Mata Atlântica.

Apesar de sua população de aproximadamente 15 mil habitantes, Itanhandu tem grande importância no cenário agropecuário de Minas Gerais, sendo seu PIB nesse quesito com cerca de 190 milhões de reais, segundo IBGE (2015). O maior responsável por esse cenário é a produção de ovos de galinha, sendo o município o maior produtor de ovos do estado, possuindo a segunda maior granja da América do Sul em seu território. Esse fato demonstra a importância do escoamento da produção rural pelas estradas vicinais; dessa forma, boas condições das vias, através de manutenções adequadas e programas de gerência, são essenciais para a economia do município.

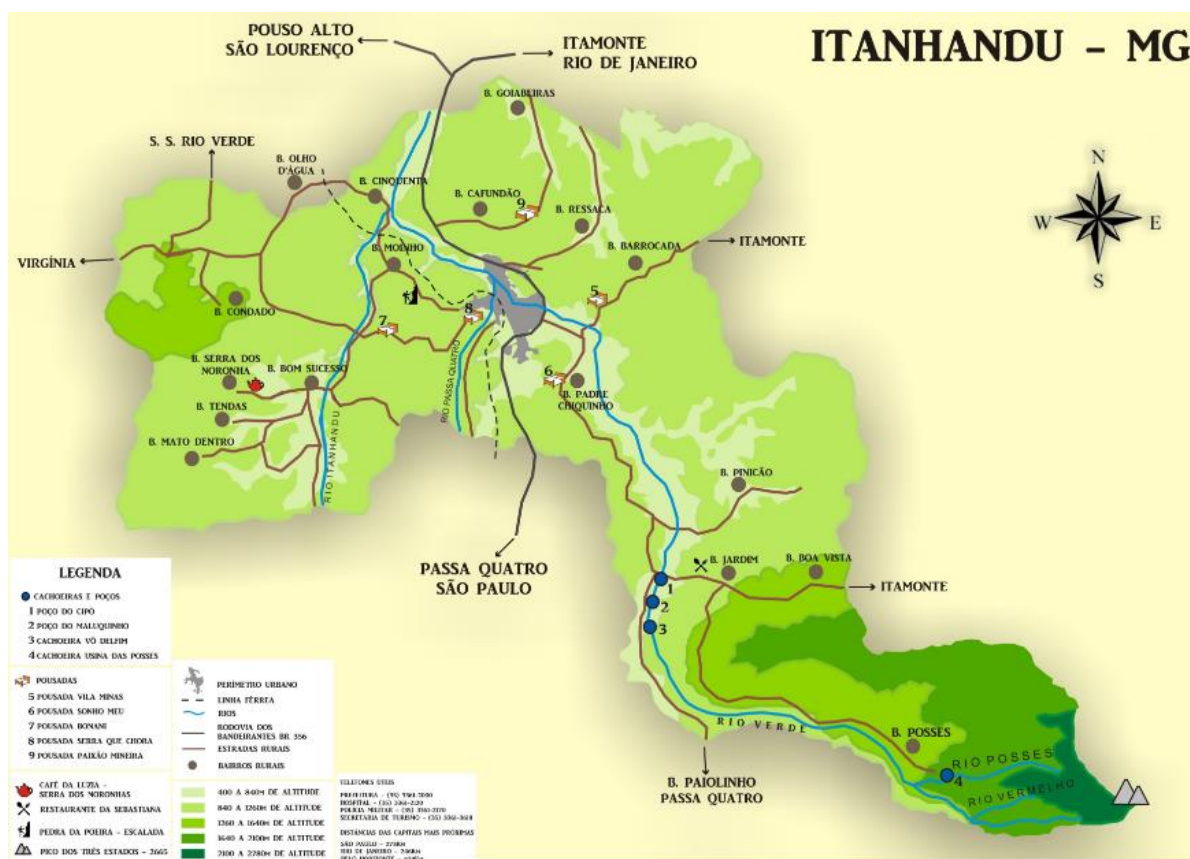


Figura 15 – Mapa com as principais estradas rurais de Itanhandu -MG (Site da Prefeitura de Itanhandu. Disponível em: <<http://www.itanhandu.mg.gov.br/portal/images/mapa2013gr.jpg>>; Acesso em agosto de 2018).

5.2. SELEÇÃO DAS ESTRADAS PARA O ESTUDO

De acordo com a Secretaria de Obras municipal, Itanhandu possui aproximadamente 90 km de estradas não pavimentadas. Entretanto, o município não possui plano diretor, nem mapas que identifiquem essas estradas rurais e suas extensões, Assim sendo, a identificação das estradas que foram analisadas foi feita pela intitulação

informal dada pelos habitantes. Normalmente essas vias têm o nome do bairro rural que ligam com a cidade. Foram escolhidas três estradas por suas características de serem vias principais que ligam bairros rurais diretamente com a área urbana da cidade e com volume considerável de veículos que trafegam diariamente por elas, sem terem a presença de pavimentação.

- Estrada da Barrocada: tem seu início na estrada do Jardim, que é a ligação do maior bairro rural de Itanhandu com a cidade, na parte mais próxima da cidade, ao lado da granja Sétimo Céu. Em toda extensão da estrada não há presença de pavimentação, possuindo ainda uma ponte de concreto armado a 300 metros de seu início. Logo após a ponte, fica localizada a pousada Vila Minas. Em seu caminho se localiza o bairro da Barrocada. Essa estrada tem relevância, pois liga o município de Itanhandu com o município de Itamonte, que é o final da estrada. É objeto de análise o trecho que vai do início da estrada localizada ao lado da granja Sétimo Céu e vai até a divisa entre os municípios de Itanhandu e Itamonte.
- Estrada do Bom Sucesso: tem seu início no final da Av. João da Silva Costa, localizada na parte urbana da cidade no bairro Vila Carneiro. Em sua extensão fica localizada a pousada Serra que Chora. A estrada também faz a ligação de diversos bairros rurais de Itanhandu com seu centro urbano, bairros como Bom Sucesso, Mato Dentro, Serra dos Noronha e Condado; também possuindo continuação para as cidades de Passa Quatro e Virgínia. A análise da condição da via tem seu início no começo da estrada localizada no limite da área urbana e vai até a ponte de concreto armado localizada após a pousada Serra que Chora e antes do Posto de saúde do bairro Bom Sucesso.
- Estrada Itanhandu – Passa Quatro: tem seu início na Av. Ari Carneiro no bairro Pedregulho, que ainda faz parte da zona urbana do município de Itanhandu e termina na Av. Cel. Artur Tibúrcio Ribeiro no bairro Pé do Morro, localizado no município de Passa Quatro. Esta estrada tem a mesma finalidade da rodovia pavimentada MG-158, que liga Itanhandu a Passa Quatro. A via possui uma ponte em concreto armado localizada logo antes da granja Santa Marta. A avaliação começa do início da via

no bairro do Pedregulho e vai até o início do bairro Pé do Morro do município de Passa Quatro.

Tabela 2 – Estradas não pavimentadas avaliadas e suas respectivas extensões (AUTOR,2018).

Estrada não pavimentada	Extensão (km)
Estrada da Barrocada	3,6
Estrada do Bom Sucesso	4,3
Estrada Itanhandu – Passa Quatro	2,4

5.3. METODOLOGIA UTILIZADA

O método utilizado para a avaliação das vias vicinais foi desenvolvido por Eaton et. al. (1987), anteriormente já citado. A avaliação começa com uma rápida vistoria subjetiva da estrada, por meio da passagem do avaliador dentro de um veículo (Toyota Hilux) pelos trechos escolhidos a uma velocidade constante de 40km/h, onde foi anotada os principais defeitos e suas localizações, as anotações foram feitas por uma folha de inspeção, idêntica a demonstrada pelo quadro 5, para cada trecho crítico, baseada no estudo de Eaton et. al. (1987) e feita por Oda (1995) para uma melhor compatibilidade das estradas brasileiras.

Quadro 5 – Folha de inspeção das condições de estradas não pavimentadas e cálculo do URCI (ODA, 1995).

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS								
Estrada:								
Extensão da Estrada:				Data:				
Velocidade:				Avaliador:				
Número de Trechos:				Condições Climáticas:				
Odômetro				Tráfego:				
Trecho:				Seção: encaixada () aterrada () mista ()				
Comprimento do Trecho:				Tipo de Solo:				
Largura da faixa de rolamento:				Rampa:				
Área do Trecho:				Declividade transversal:				
Drenagem: S () N ()								
Desenho:				Tipos de Defeitos				
				1. Seção Transversal Inadequada (m)				
				2. Drenagem Lateral Inadequada (m)				
				3. Corrugações (m ²)				
				4. Poeira				
				5. Buracos (número)				
				6. Trilhas de Rodas (m ²)				
				7. Segregação de Agregados (m)				
Quantidade e Severidade dos Defeitos								
Tipos		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M							
	A							
Cálculo URCI								
Tipos de Defeito	Densidade	Severidade		DV	Anotações			
TDV:	q=	URCI:		Classificação:				

Após esse primeiro contato, foram selecionados os trechos mais críticos, com 30 metros cada, para se fazer a análise objetiva dos defeitos, com a medição e quantificação de cada tipo de deterioração, juntamente com a sua classificação de acordo com os níveis de severidade apresentados, os quais já foram especificados no capítulo 3. Em seguida foram calculadas a densidade do defeito, de acordo com a extensão dos defeitos e suas dimensões em relação a área da superfície do trecho estudado. A tabela 3 mostra, de forma resumida, os tipos de defeito considerados e seus valores de medição.

Tabela 3 – Descrição dos defeitos e seus critérios de medição (AUTOR, 2018).

Tipos de defeitos	Crítérios de medição
Seção Transversal Inadequada	Metro linear
Drenagem Lateral Inadequada	Metro linear
Corrugações	Área
Buracos	Número
Poeira	Altura e densidade da nuvem
Trilhas de Rodas	Área
Segregação de Agregados	Metro linear

A partir da densidade calculada, foi encontrado o valor de dedução (DV) de cada tipo de defeito individualmente, a partir dos gráficos fornecidos por Eaton et. al. (1987), mostrados nas figuras 16, 17, 18, 19, 20 e 21.

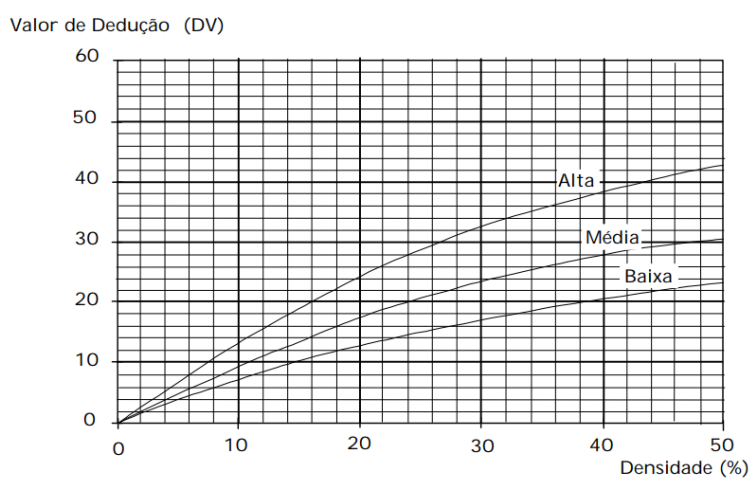


Figura 16 – Curvas de níveis de severidade para o cálculo do DV do defeito de seção transversal inadequada (ODA, 1995).

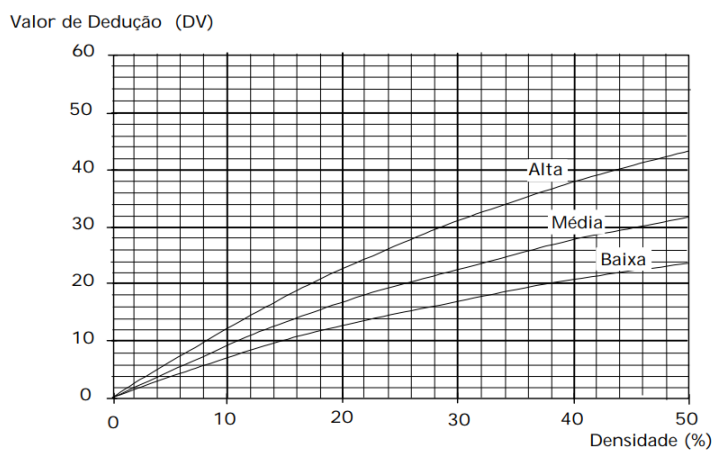


Figura 17 – Curvas de níveis de severidade para o cálculo do DV do defeito de drenagem lateral inadequada (ODA, 1995).

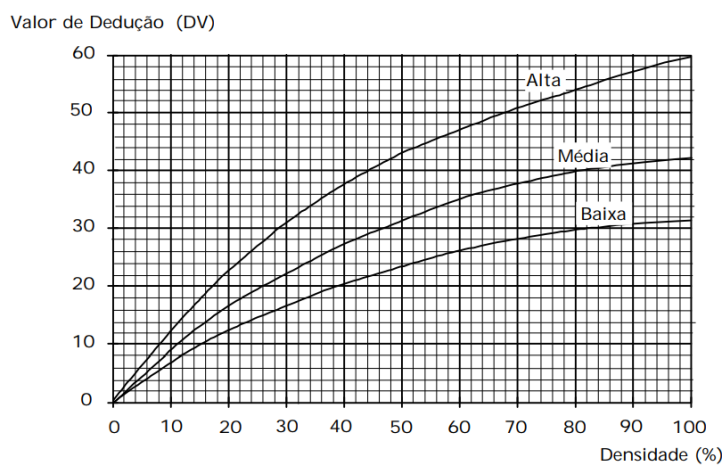


Figura 18 – Curvas de níveis de severidade para o cálculo do DV do defeito de corrugações (ODA, 1995).

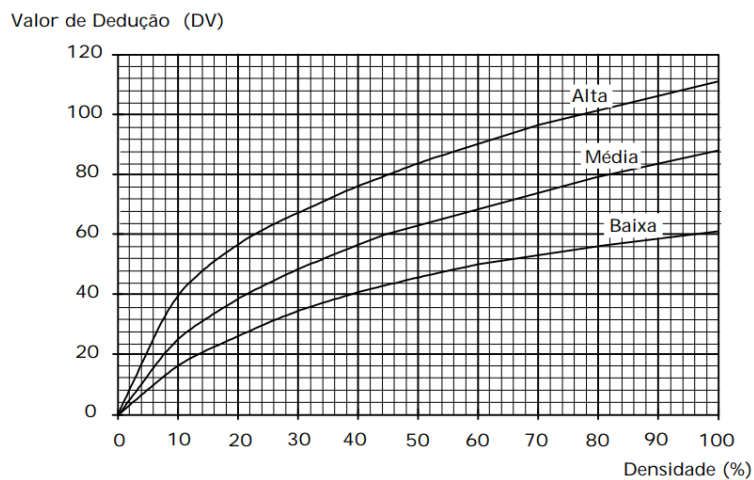


Figura 19 – Curvas de níveis de severidade para o cálculo do DV do defeito de buracos (ODA, 1995).

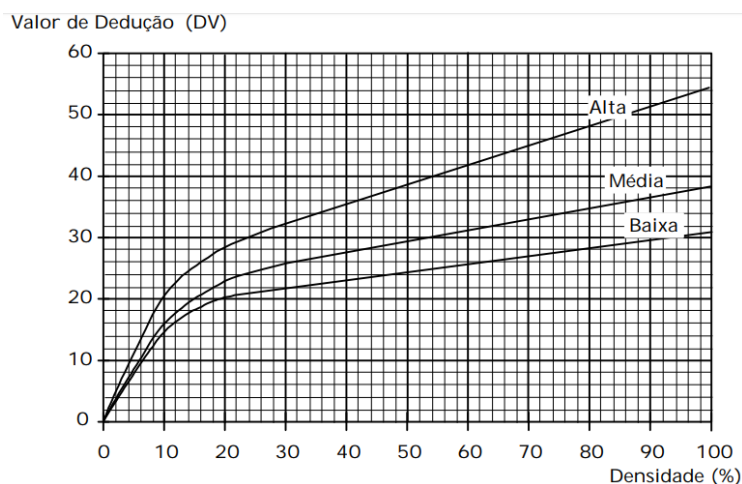


Figura 20 – Curvas de níveis de severidade para o cálculo do DV do defeito de trilhas de rodas (ODA, 1995).

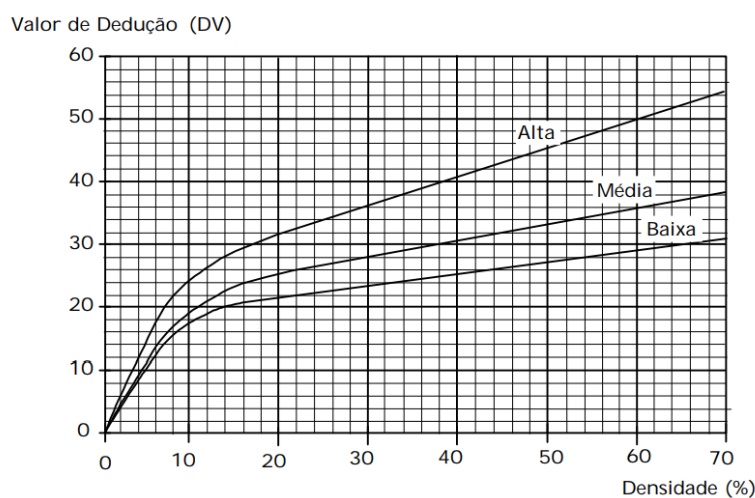


Figura 21 – Curvas de níveis de severidade para o cálculo do DV do defeito de perda de agregados (ODA, 1995).

De posse desses valores de dedução (DV) pode-se calcular o valor total de dedução (TDV), que é a soma dos DV's. A partir do TDV, determina-se o Índice de Condição da Rodovia Não Pavimentada (ICRNP), que vem do inglês *Unsurface Road Condition Index* (URCI). Esse índice é encontrado a partir das curvas de correção q (figura 22), esse número q correspondendo ao número de diferentes defeitos apresentados com valores de dedução maior ou igual a 5, podendo variar de 0 a 7, que representa os 7 defeitos que podem ser classificados pelo avaliador.

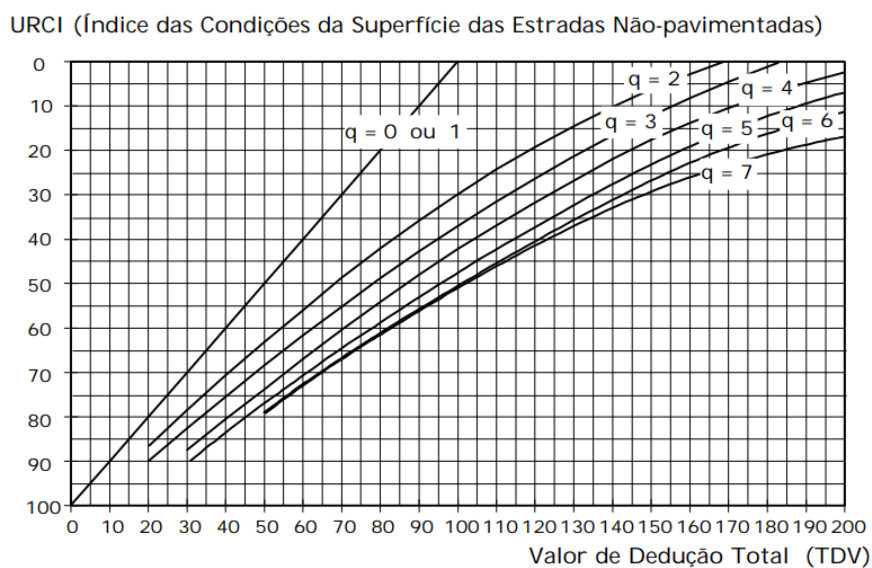


Figura 22 – Curvas de correção de valor q para o cálculo do URCI (ODA, 1995).

5.4. RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DE CAMPO

Os resultados da avaliação pelo método de Eaton et. al. (1987) das três estradas não pavimentadas podem ser observados pela tabela 4. A quantidade de trechos selecionados tem por base a escolha de um trecho a cada um quilometro de extensão de cada estrada avaliada, arredondado para cima quando o resultado não é número inteiro. Dessa forma, foram selecionados 4 trechos para a estrada da Barrocada, 5 para a estrada no Bom Sucesso e 3 para a estrada de Itanhandu – Passa Quatro. A classificação de cada estrada vem da média aritmética dos índices das condições das vias (URCI) dos trechos mais críticos de cada estrada.

Tabela 4 – Resumo da avaliação das estradas não pavimentadas do município de Itanhandu-MG (AUTOR, 2018).

Estrada	Extensão Total (km)	Data da Avaliação	URCI	Classificação
Barrocada	3,6	25/08/2018	37	Ruim
Bom Sucesso	4,3	25/08/2018	62	Boa
Itanhandu - Passa Quatro	2,4	25/08/2018	28	Ruim
Total Avaliado	10,3			

Os relatórios da avaliação dos trechos de cada estrada são mostrados nos quadros 6, 7 e 8.

Quadro 6 – Avaliação dos trechos da Estrada Itanhandu – Passa Quatro (AUTOR, 2018).

Trechos da Estrada Itanhandu - Passa Quatro	Tipos de Defeitos																		URCI	Classificação			
	STI			DLI			CO			PO			BU			TR					SA		
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A			B	M	A
1			X			X									X			X				16	Muito Ruim
2		X				X									X							26	Ruim
3		X			X									X				X				43	Regular

Quadro 7 – Avaliação dos trechos do Bom Sucesso (AUTOR, 2018).

Trechos da Estrada do Bom Sucesso	Tipos de Defeitos																		URCI	Classificação			
	STI			DLI			CO			PO			BU			TR					SA		
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A			B	M	A
1		X				X							X					X				67	Boa
2	X				X			X						X								64	Boa
3		X				X	X							X								69	Boa
4	X				X				X				X					X	X			43	Regular
5				X					X				X						X			68	Boa

Quadro 8 – Avaliação dos trechos da Barrocada (AUTOR, 2018).

Trechos da Estrada da Barrocada	Tipos de Defeitos																		URCI	Classificação			
	STI			DLI			CO			PO			BU			TR					SA		
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A			B	M	A
1		X			X		X						X									65	Boa
2		X				X								X			X					32	Ruim
3			X			X								X			X			X		18	Muito Ruim
4			X			X							X					X		X		33	Ruim

Fazendo-se uma análise crítica dos resultados, percebe-se que os defeitos mais encontrados são a ausência de sistemas de drenagem e a seção transversal inadequada, fatores que influenciam diretamente na rápida deterioração do leito das vias, mesmo com a execução de manutenção nas estradas todos os anos durante a época da seca, que com esses fatores só age como forma paliativa.

Durante o período de levantamento, a Prefeitura Municipal estava realizando manutenção em algumas estradas, mas como não houve compactação adequada, em muitos trechos a presença de poeira foi uma constante. Pesa também para este defeito de poeira a característica da região, onde se localiza o município de Itanhandu, no qual as

estradas, em quase sua totalidade, são formadas por solos argiloso que podem apresentar maior quantidade de fração fina solta na superfície da via. A análise das estradas, mesmo sendo executada no período da seca, em agosto, foi feita em um dia chuvoso, portanto, podem ser observados claramente os defeitos de escoamento de água, presentes em quase toda a totalidade dos trechos observados. Entretanto, especificamente no dia da análise, não foi possível a observação de poeira nas estradas.

Em algumas rampas das estradas avaliadas, foi notada a presença de acréscimo de material granular para aumentar o atrito das rodas dos veículos com a via, todavia a execução não contou com a mistura e compactação adequada deste material, provocando segregação de agregados nas laterais e no meio da pista, fora das trilhas das rodas.

Esse fator de compactação é um alerta que deve ser atentado para as administrações municipais, o qual poderia ser resolvido com a utilização de rolo compactador, que em solos argilosos é mais eficiente o tipo pé-de-carneiro e a adição de umidade na quantidade certa para uma compactação correta.

Quadro 9 – Folha de avaliação do trecho 2 da Estrada Itanhandu – Passa Quatro (AUTOR, 2018).

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS								
Estrada: Itanhandu - Passa Quatro								
Extensão da Estrada: 2,4 km				Data: 25/08/2018				
Velocidade: 20 km/h				Avaliador: João Carlos				
Número de Trechos: 3				Condições Climáticas: Nublado				
Odômetro: 127967 - 127970				Tráfego: Caminhões da granja, carros e motos				
Trecho: 02-127971				Seção: encaixada (x) aterrada () mista ()				
Comprimento do Trecho: 30,0 m				Tipo de Solo: -				
Largura da faixa de rolamento: 6,00 m				Rampa: -				
Área do Trecho: 180 m ²				Declividade transversal: -				
Drenagem: S () N (X)								
Desenho:				Tipos de Defeitos				
				1. Seção Transversal Inadequada (m)				
				2. Drenagem Lateral Inadequada (m)				
				3. Corrugações (m ²)				
				4. Poeira				
				5. Buracos (número)				
				6. Trilhas de Rodas (m ²)				
				7. Segregação de Agregados (m)				
Quantidade e Severidade dos Defeitos								
Tipos		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M	30,0						
	A		30,0			16		
Cálculo URCI								
Tipos de Defeito		Densidade	Severidade	DV	Anotações			
STI - 1		17	M	15	Dimensões			
DTI - 2		17	A	20	dos buracos:			
BU - 5		6	A	90	2 x (0,7 x 0,5 x 0,06 cm)			
					2,9 x 0,7 x 0,05 cm			
					5 x (0,6 x 0,45 x 0,02 cm)			
					2,1 x 2,3 x 0,06 cm			
					3 x (0,4 x 0,3 x 0,03 cm)			
					1,2 x 0,6 x 0,03 cm			
					3 x (0,8 x 0,7 x 0,05 cm)			
TDV: 125		q= 3	URCI: 26	Classificação: Ruim				

Quadro 10 – Folha de avaliação do trecho 2 da Estrada do Bom Sucesso (AUTOR, 2018).

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS								
Estrada: Bom Sucesso								
Extensão da Estrada: 4,6 km				Data: 25/08/2018				
Velocidade: 30 km/h				Avaliador: João Carlos				
Número de Trechos: 5				Condições Climáticas: Nublado				
Odômetro: 127975 - 127979				Tráfego: Caminhões de madeiras, carros e motos				
Trecho: 02-127980				Seção: encaixada (x) aterrada () mista ()				
Comprimento do Trecho: 30,0 m				Tipo de Solo: -				
Largura da faixa de rolamento: 5,00 m				Rampa: -				
Área do Trecho: 150 m ²				Declividade transversal: -				
Drenagem: S () N (X)								
Desenho:				Tipos de Defeitos				
				1. Seção Transversal Inadequada (m)				
				2. Drenagem Lateral Inadequada (m)				
				3. Corrugações (m ²)				
				4. Poeira				
				5. Buracos (número)				
				6. Trilhas de Rodas (m ²)				
				7. Segregação de Agregados (m)				
Quantidade e Severidade dos Defeitos								
Tipos		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B	30,0						
	M		5,0	20,0		13		
	A							
Cálculo URCI								
Tipos de Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
STI - 1	20	M	17	Dimensões				
DTI - 2	4	A	6	dos buracos:				
CO - 3	14	A	16	2 x (0,5 x 0,5 x 0,03 cm)				
BU - 5	1,5	M	26	0,4 x 0,7 x 0,04 cm				
				2 x (0,6 x 0,3 x 0,02 cm)				
				0,3 x 0,3 x 0,03 cm				
				0,4 x 0,3 x 0,02 cm				
				0,5 x 0,6 x 0,03 cm				
				2 x (0,4 x 0,4 x 0,01 cm)				
				0,4 x 0,2 x 0,01 cm				
				2 x (0,2 x 0,3 x 0,02 cm)				
TDV: 65	q= 4	URCI: 64	Classificação: Boa					

Quadro 11 – Folha de avaliação do trecho 2 da Estrada da Barrocada (AUTOR, 2018).

FOLHA DE INSPEÇÃO DAS ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS								
Estrada: Barrocada								
Extensão da Estrada: 3,6 km				Data: 25/08/2018				
Velocidade: 20 km/h				Avaliador: João Carlos				
Número de Trechos: 4				Condições Climáticas: Nublado				
Odômetro: 127957 - 127960				Tráfego: Carros e motos				
Trecho: 02-127963				Seção: encaixada (x) aterrada () mista ()				
Comprimento do Trecho: 30,0 m				Tipo de Solo: -				
Largura da faixa de rolamento: 4,00 m				Rampa: -				
Área do Trecho: 120 m ²				Declividade transversal: -				
Drenagem: S () N (X)								
Desenho:				Tipos de Defeitos				
				1. Seção Transversal Inadequada (m)				
				2. Drenagem Lateral Inadequada (m)				
				3. Corrugações (m ²)				
				4. Poeira				
				5. Buracos (número)				
				6. Trilhas de Rodas (m ²)				
				7. Segregação de Agregados (m)				
Quantidade e Severidade dos Defeitos								
Tipos		1	2	3	4	5	6	7
Quantidade e Severidade	B							
	M	30,0					30,0	
	A		20,0			7		
Cálculo URCI								
Tipos de Defeito	Densidade	Severidade	DV	Anotações				
STI - 1	25	M	21	Dimensões				
DTI - 2	17	A	19	dos buracos:				
BU - 5	3	A	56	1,4 x 0,6 x 0,03 cm				
TR - 6	25	M	25	1,3 x 0,4 x 0,05 cm				
				0,6 x 0,45 x 0,02 cm				
				0,5 x 0,2 x 0,02 cm				
				0,2 x 0,1 x 0,01 cm				
				0,8 x 1,00 x 0,01 cm				
				0,4 x 0,6 x 0,03 cm				
TDV: 121	q= 5	URCI: 32	Classificação: Ruim					

6. CONCLUSÃO E SUGESTÕES

O objetivo deste trabalho vem da falta de estudos sobre as estradas não pavimentadas do nosso país, sobretudo de municípios de pequeno porte que geralmente não contam com planos de manutenção das vias. Foi desenvolvido o estudo sobre os defeitos mais comuns e suas soluções e com a identificação desses defeitos pode-se classificar as estradas por métodos avaliativos. A avaliação foi realizada no município de Itanhandu, que mesmo com sua diminuta malha viária não pavimentada, se encaixa entre os municípios de pequeno porte. Pode-se verificar que o município não possui a estrutura necessária de planejamento para a manutenção correta de suas estradas rurais, não possuindo nem mesmo mapas dos 90 km de suas vias que auxiliem no dimensionamento e na programação da equipe de manutenção. Tal equipe é composta por máquinas modernas, um ponto forte no auxílio das execuções necessárias, entretanto o município não possui rolo compressor, máquina essencial para a finalização dos trabalhos de manutenção com a compactação. Outro defeito muito encontrado é a falta da drenagem nas laterais das vias, sem a presença de valetas nos flancos da estrada.

Durante o período de avaliação das estradas, estavam sendo realizadas manutenções em algumas estradas, por este fator, a estrada que estava em melhores condições, como pode ser observado pelos resultados do estudo no capítulo 5, foi a estrada do Bom Sucesso. Nessa via a manutenção fora executada há poucos dias, demonstrando a importância da manutenção periódica da via, porém essa manutenção deve ser melhorada pelas diversas sugestões explicitadas no presente trabalho, assim conservando-se as condições por maior período, o que não ocorre atualmente, onde as melhorias só duram poucos meses e os transtornos retornam logo após as intervenções.

A estrada com pior classificação, que liga Itanhandu a Passa Quatro, tem dentre suas características de tráfego a presença de grandes caminhões da granja, presente no caminho entre as duas cidades. A grande deterioração desta via demonstra que os veículos com elevada carga por eixo são grandes causadores dos desgastes.

A avaliação das estradas selecionadas deveria ter sido executada durante todo o período do ano, com coleta de dados nas quatro estações, com e sem a presença de chuvas para uma melhor observação de todos os defeitos, sugestão para trabalhos futuros. Essa proposição não pode ser executada pelo intervalo diminuto na elaboração do trabalho. Outra sugestão para trabalhos futuros é a contagem de veículos que

trafegam por dia em cada estrada avaliada, pois com esse dado pode-se analisar a necessidade de intervenções na estrada, estudo realizado por Riverson et. al. (1987) e modificado por Baesso e Gonçalves (2003), já citado no capítulo 2, quadro 3.

Uma ressalva de Oda (1995), sobre o método utilizado, demonstra que a avaliação proposta por Eaton et. al. (1987) precisaria de uma adaptação para se obter uma classificação mais próxima da realidade brasileira, podendo ser tema para pesquisas futuras. Como, por exemplo, o cálculo do valor de dedução dos defeitos de buracos, onde o método de Eaton et. al. (1987), não traz valores de densidade altos para esse cálculo, deste modo, tem-se necessidade de modificação deste ábaco para as condições das estradas brasileiras, as quais possuem grande densidade de buracos em trechos das suas vias. Uma observação que também pode ser citada, é o fato que este método classifica uma estrada somente analisando seus trechos mais críticos, assim não observando sua totalidade, o que pode, erradamente, classificar uma estrada em condições abaixo da realidade da via quando observada como um todo. Mesmo com esses fatores pesando contra o método de Eaton et. al. (1987), ainda sim é um método seguro e completo que pode ser usado para avaliações que conduziram à programas de manutenção das estradas não pavimentadas.

Cabe salientar a importância da elaboração de programas de manutenção por parte das prefeituras, para que as estradas rurais em seus domínios sejam meios seguros e auxiliares do escoamento da produção agrícola, um dos pilares da economia de nosso país e de milhares de municípios brasileiros. A confecção de mapas detalhados e atualizados das estradas, equipamentos adequados e mão-de-obra qualificada, são de fundamental importância para o correto desenvolvimento e execução dos programas de manutenção, fatores que devem ser priorizados pelas prefeituras para a melhoria nas condições das vias não pavimentadas.

Como, geralmente, os municípios menores possuem menos recursos e maiores dificuldades, este trabalho tem importância para que as administrações municipais tomem consciência de como agir corretamente e aplicar os recursos de forma eficiente, garantindo maior durabilidade de suas intervenções, gerando economia.

Por fim, espera-se que o presente trabalho possa elucidar para os órgãos responsáveis a importância da criação de programas de manutenção e a aplicação de análises periódicas nas vias não pavimentadas, medidas simples, mas que podem contribuir para a melhoria da qualidade de vida por parte da população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BRAGA, F. L. N.; GUIMARÃES, G. R., 2014, “Avaliação de rodovias não pavimentadas: uma ferramenta para o gerenciamento de malhas viárias”. **Revista Pensar Engenharia**, v. 2, n. 1 (Jan).

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. CNT – Relatório Gerencial: Pesquisa CNT de rodovias. Brasília, 2017.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Conservação Rodoviária**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2005, 564 p.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Norma 009/2003 PRO. **Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos**. 1ª rev. Rio de Janeiro, 2003, 6 p.

EATON, R. A.; GERARD, S.; DATILLO, R. S., 1987, “A Method for Rating Unsurfaced Roads”. **Transportation Research Record 1106**, v. 2, pp. 34-42.

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

FONTENELE, H. B.; FERNANDES JÚNIOR, J. L., 2013, “Desenvolvimento de um Instrumento para a Avaliação de Estradas Não Pavimentadas”. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 7, n. 1, pp. 11-21. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/reec/article/view/21413>> Acesso em: 05 mai. 2018, 14:20:30.

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. Rio de Janeiro, 2017.

ODA, S., **Caracterização de uma Rede Municipal de Estradas Não Pavimentadas**. Dissertação de M. Sc., USP, São Carlos, SP, Brasil, 1995.

RIVERSON, J. D. N.; SINHA, K. C.; SCHOLER, C. F.; ANDERSON, V. L., 1987, “Evaluation of Subjective Rating of Unpaved County Roads in Indiana”. **Transportation Research Record 1128**, pp. 53-61.

SANTOS, A. R.; PASTORE, E. L.; AUGUSTO JUNIOR, F.; CUNHA, M. A., **Estradas Vicinais de Terra. Manual Técnico para Conservação e Recuperação**. 2 ed. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1985.

SILVA, T. O., **Estudo de Estradas Não Pavimentadas da Malha Viária do Município de Viçosa-MG**. Tese de D. Sc., UFV, Viçosa, MG, Brasil, 2009.

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.