



UNIVERSIDADE POLITÉCNICA
À POLITÉCNICA

INSTITUTO SUPERIOR DE GESTÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS
(ISGCT)

**METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO E MEDIDAS DE
MITIGAÇÃO/REPARAÇÃO DE PATOLOGIAS EM ESTRADAS NÃO
PAVIMENTADAS EM MOÇAMBIQUE**

**ESTUDO DE CASO: PROPOSTA DE REPARAÇÃO E MITIGAÇÃO DA ESTRADA
NÃO PAVIMENTADA QUE PARTE DA EN1 A PEDREIRA PICA PEDRA**

AUTOR

ALBERTO DOMINGOS MAMBIRISSE

ESTUDANTE N.º **365023**

Maputo

2021

Albeto Domingos Mambirisse

**METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO E MEDIDAS DE MITIGAÇÃO/REPARAÇÃO
DE PATOLOGIAS EM ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS EM MOÇAMBIQUE**

**ESTUDO DE CASO: PROPOSTA DE REPARAÇÃO E MITIGAÇÃO DA ESTRADA
NÃO PAVIMENTADA QUE PARTE DA EN1 A PEDREIRA PICA PEDRA**

Monografia apresentada á Escola
Superior de Gestão, Ciências e Tecnologias-
Universidade Politécnica – Á Politécnica,
Como parte dos requisitos para obtenção do grau de
Licenciatura em Engenharia Civil
Supervisor: Prof. Doutor Eng.º José Francisco Rufino Diogo

Maputo

2021

**METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO E MEDIDAS DE MITIGAÇÃO/REPARAÇÃO
DE PATOLOGIAS EM ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS EM MOÇAMBIQUE**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Este trabalho foi aprovado no dia ____/____/____, por nós membros de júri da
Universidade Politécnica – A Politécnica.

Examinado por:

(Presidente de Júri)

(O Arguente)

(O Supervisor)

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, **Alberto Domingos Mambirisse**, declaro por minha honra que este trabalho foi exclusivamente realizado por mim, sendo fruto da minha inteira dedicação e pesquisa. O mesmo é agora submetido de acordo com os requisitos e exigências necessárias para obtenção do grau de licenciatura em Engenharia Civil.

Maputo, Maio de 2021

(Alberto Domingos Mambirisse)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Domingos Salazal Alberto e Elisa Pius Pedro que sempre deram todo o amor, apoio e compreensão necessários à minha caminhada, e que tudo fizeram para garantir a melhor formação para mim.

Dedico ao meu tio João Mambirisse pelo apoio e acomodação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por estar sempre ao meu lado iluminando os meus passos, pela força e saúde para superar todos os desafios que enfrentei.

Agradeço aos meus pais Domingos Salazal Alberto e Elisa Pius Pedro, ao meu tio João Mambirisse por terem acreditado em mim, por terem investido na minha educação, pelo incentivo e apoio incondicional, que tornaram possível a realização deste sonho.

Agradeço em especial ao meu supervisor Prof. Doutor Eng^o. José Francisco Rufino Diogo, pela sua sábia orientação e pelo apoio na escolha do tema.

Aos meus irmãos Tomas Salvador, Angelina Mambirisse e Marcos Assala que sempre transmitiram-me força para não desistir dos meus sonhos.

Agradeço a minha companheira Gina, pelo apoio, pelo incentivo que me deu para atingir todos os meus objectivos de vida profissional e pessoal, por todo o carinho e força que ela me deu em todo este percurso.

À minha família, pela paciência, incentivo e pelo apoio incondicional, aos meus amigos e colegas da faculdade pelos momentos alegres e difíceis, pela troca de experiências durante este percurso.

Universidade Politécnica
PARECER DO SUPERVISOR

Eu, *José Francisco Rufino Diogo*, fui designado por esta Universidade supervisor do estudante **Alberto Domingos Mambirisse**, no trabalho de licenciatura em Engenharia Civil com o Título: **Metodologia de avaliação e medidas de mitigação/reparação de patologias em estradas não pavimentadas em moçambique e Estudo de Caso: Proposta de reparação e mitigação da estrada não pavimentada que parte da EN1 à pedreira pica pedra.**

O trabalho em referência é constituído por seis (6) capítulos, sendo que o **primeiro capítulo – Introdução**, apresenta os aspectos introdutórios, as delimitações do tema, a formulação do problema a ser investigado, as suas hipóteses, os objectivos do trabalho, e a justificação para a escolha do tema e organização do trabalho, o **segundo capítulo – Revisão da Literatura**, apresenta os conceitos básicos de estradas não pavimentadas e as citações de outros autores cujas pesquisas são semelhantes a esta pesquisa, o **terceiro capítulo – Metodologia**, apresenta a metodologia usada na investigação do tema, o **quarto – Resultado, inclui a interpretação, leitura e dados** recolhidos que suportam o estudo de caso, o **quinto – Discussão dos Resultados**, faz a análise e avaliação dos resultados obtidos e suas implicações, o **sexto – Conclusões e Recomendações**, apresenta as principais conclusões e recomendações para estudos futuros e no final apresenta as referências bibliográficas.

Do acompanhamento do trabalho, o Signatário constatou que o estudante foi participativo e seguiu as instruções para redacção de trabalhos de pesquisa e monografias com o certo grau de comprometimento.

O trabalho acima referenciado é constituído por explicações teóricas e o desenvolvimento sobre as patologias mais frequentes em estradas não pavimentadas e um estudo de Estudo de Caso, cujos aspectos serviram bastante para suportar a presente pesquisa.

O presente trabalho constitui uma contribuição apreciável para área de Engenharia, sendo recomendável para consulta pública pelos académicos, profissionais de engenharia civil e estudantes que se dedicam às matérias relativas a avaliação de estradas não pavimentadas. Assim sendo, o mesmo tem meu parecer de **“Bom”**.

Estando conforme, recomendo que o trabalho do estudante **Alberto Domingos Mambirisse** para obtenção do grau de licenciatura em Engenharia Civil, seja aprovado pelo Júri da Universidade Politécnica, em Maputo.

Maputo, Data: 03/05/2020

Assinatura: _____

(Supervisor)

RESUMO

Moçambique é um país vasto cuja principal actividade económica é a agricultura. O transporte rodoviário para além de possibilitar o acesso aos restantes modos de transporte desempenha um papel importante no desenvolvimento económico e social do país, principalmente na melhoria da qualidade de vida das populações, devendo garantir condições aceitáveis a mobilidade de pessoas e de mercadorias.

O nosso país tem sido chamado a assumir novos desafios para evitar um decréscimo no que diz respeito as condições de transitabilidade em estradas de terra. Portanto, a presente monografia cujo tema “Metodologia de avaliação e medidas de mitigação/reparação de patologias em estradas não pavimentadas em Moçambique” é desenvolvido no âmbito da problemática “existência de defeitos nas estradas não pavimentadas” que dificultam a transitabilidade de veículos de um local para o outro e vice-versa, principalmente no período chuvoso ou quando há ausência de manutenção.

É neste contexto que se conduziu uma investigação do tipo descritivo, exploratório no âmbito do paradigma fenomenológico, que procurou identificar as principais patologias que ocorrem nas estradas de terra, suas causas e apresentou as medidas de mitigação ou reparação a propor para cada tipo de problema identificado.

O presente trabalho de pesquisa serviu para tipificar os defeitos que ocorrem nas estradas não pavimentadas moçambicanas, indicar as acções de mitigação e reparação de estradas de terra durante o período de vida da estrada, propor medidas de mitigação ou reparação para melhorar as condições de transitabilidade entre distritos, vilas e localidades, tendo em conta o aspecto redução de custos de manutenção.

Palavras-chave: Estradas não pavimentadas, Defeitos, Manutenção

ABSTRACT

Mozambique is a vast country whose main economic activity is agriculture. Road transport, in addition to providing access to other modes of transport, plays an important role in the economic and social development of the country, mainly in improving the quality of life of the population, and must guarantee acceptable conditions for the mobility of people and goods.

Our country has been called upon to take on new challenges in order to avoid a decrease in the conditions of transitivity on dirt roads. Therefore, the present monograph whose theme “Evaluation methodology and measures for mitigating / repairing pathologies on unpaved roads in Mozambique” is developed within the scope of the problem “existence of defects in unpaved roads” that hinder the transitivity of vehicles of one place to the other and vice versa, especially in the rainy season or when there is no maintenance.

It is in this context that a descriptive, exploratory investigation was carried out within the scope of the phenomenological paradigm, which sought to identify the main pathologies that occur on dirt roads, their causes and presented the mitigation or repair measures to be proposed for each type of problem identified.

The present research work served to typify the defects that occur in Mozambican unpaved roads, to indicate the mitigation and repair actions of dirt roads during the life of the road, to propose mitigation or repair measures to improve the conditions of transitivity between districts, towns and localities, taking into account the aspect of reducing maintenance costs.

Keywords: Unpaved Roads, Defects, Maintenance.

GLOSSÁRIO

Estradas Municipais: São estradas não classificadas, sujeita à jurisdição de uma autoridade municipal.

Estrada Classificada: é a estrada à qual haja sido atribuída uma classe.

Estradas Não Classificadas: São todas aquelas que não constam da lista do sistema de classificação de estradas, incluindo as estradas municipais.

Estrada Revestida: é a estrada cujo pavimento, recebeu um revestimento, que pode ser betuminosa ou de outro tipo.

Estrada Terraplenada: é a estrada cujas camadas resultam do processo de movimento de terras de uma câmara de empréstimo de boa qualidade.

Estrada Terra: é a estrada cujo pavimento é de terra natural.

Manutenção de Rotina: é um conjunto de trabalhos que tem lugar com uma periodicidade inferior a um ano, para evitar danos, deteriorações rápidas, constituídos fundamentalmente por corte de capim, limpezas, remoção de detritos, tapamento de buracos ou nivelamentos.

Manutenção Periódica: é aquela que é realizada em intervalos de vários anos, para conservar a integridade da camada de desgaste da estrada e integram a renovação da superfície e reparações limitadas, excluindo trabalhos de modificação substanciais da estrutura do pavimento.

Transitabilidade: é a capacidade da estrada de permitir ou não a passagem de viaturas durante os doze meses do ano, sem interrupções superiores a quinze dias.

Defeito numa estrada: qualquer alteração na superfície da estrada que influencia negativamente as suas condições de rolamento.

Severidade: é a dificuldade ou o volume de dificuldades que um tipo de defeito impõe ao movimento de veículos.

ÍNDICE

FOLHA DE APROVAÇÃO	i
DECLARAÇÃO DE HONRA.....	ii
DEDICATÓRIA	iii
AGRADECIMENTOS	iv
PARECER DO SUPERVISOR	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
GLOSSÁRIO	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABELAS.....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xv
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xvi
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO DO TRABALHO.....	1
1.2. PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO	2
1.3. PROBLEMA A SER INVESTIGADO.....	3
1.3.1. Formulação do problema a ser investigado	3
1.4. A PERGUNTA A INVESTIGAR E AS HIPÓTESES A CONSIDERAR.....	3
1.4.1. Formulação da pergunta a investigar	3
1.4.2. As Hipóteses H0 e H1	3
1.4.3. Perguntas investigativas.....	3
1.5. OBJECTIVOS	4
1.5.1. Objectivos gerais.....	4
1.5.2. Objectivos específicos	4
1.6. JUSTIFICATIVA.....	4
1.7. CONSTRANGIMENTOS PREVISTOS NA INVESTIGAÇÃO.....	5
1.7.1. As Limitações do trabalho	5
1.7.2. As Delimitações do trabalho.....	5
1.8. ESTRUTURA DO TRABALHO	5
CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7

2.2.	CONCEITOS BÁSICOS	8
2.2.1.	Estradas Não Pavimentadas	8
2.2.2.	Sistema de Classificação de Estradas	9
2.2.3.	Condições de Transitabilidade das Estradas em Moçambique	10
2.2.4.	Distribuição das Condições de Transitabilidade – Moçambique.....	11
2.3.	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ESSENCIAIS DAS ESTRADA NÃO PAVIMENTADAS	12
2.3.1.	Capacidade de Suporte.....	3
2.3.2.	Condições de Rolamento e Aderência	3
2.4.	ELEMENTOS NECESSÁRIOS PARA MELHORAR O DESEMPENHO DE UMA ESTRADA NÃO PAVIMENTADA	4
2.5.	DEFEITOS TÍPICOS EM ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS.....	6
2.5.1.	Tipos de Defeitos em Estradas Não Pavimentadas	7
2.5.1.1.	Secção transversal inadequada	8
2.5.1.2.	Drenagem lateral inadequada	9
2.5.1.3.	Corrugações/Ondulações	11
2.5.1.4.	Excesso de poeira	12
2.5.1.5.	Buracos	14
2.5.1.6.	Afundamento de trilhas de rodas	15
2.5.1.7.	Perda/Segregação de agregados.....	16
2.5.1.8.	Erosões.....	17
2.6.	MANUTENÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS	18
2.6.1.	Revestimento Primário.....	19
2.6.2.	Agulhamento.....	19
2.6.3.	Mistura de Areia e Argila	19
2.6.4.	Classificação de manutenção de estradas	20
2.7.	MÉTODO DE AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS	21
CAPÍTULO III – METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO		24
3.1.	ASPECTOS METODOLÓGICOS	24
3.1.1.	Enquadramento	24
3.1.2.	Tipo de Investigação	24
3.1.3.	Colecta de Dados	24
3.1.4.	Análise de Dados	25
3.1.5.	Processo de validação de dados	25

3.1.6. Procedimento Administrativo	25
CAPÍTULO IV – APRESENTAÇÃO, LEITURA E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS RECOLHIDOS	26
4.1. ESTUDO DE CASO: PROPOSTA DE REPARACAO E MITIGAÇÃO DA ESTRADA NÃO PAVIMENTADA QUE PARTE DA EN1 À PEDREIRA PICA PEDRA 26	
4.1.1. Localização da estrada	26
4.1.2. Clima.....	27
4.2. Geometria.....	27
4.3. Condições de Tráfego.....	28
4.4. Condições de Conservação da Estrada.....	28
CAPÍTULO V - DESCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	30
CAPITULO VI - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	43
6.1. CONCLUSÕES.....	43
6.2. RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	44
6.3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Perfil transversal de uma estrada. Fonte: (Baesso e Gonçalves, 2003).....	8
Figura 2: Boa capacidade de suporte Fonte: (Santos et al. 1988).....	2
Figura 3: Boas condições de rolamento e aderência Fonte: (Santos et al. 1988).....	2
Figura 4: Capacidade de Suporte Fonte: (Santos et al., 1988).....	3
Figura 5: Condições de Rolamento e Aderência Fonte: (Santos et al., 1988)	4
Figura 6: Perfil transversal ideal de uma estrada. Fonte: (Jóia, 2016).....	5
Figura 7: Seção Transversal Inadequada. Fonte: (Fontenele e Junior, 2013).....	8
Figura 8: Severidade Baixa Fonte: (Oda,1995)	8
Figura 9: Severidade Média Fonte: (Oda, 1995)	9
Figura 10: Severidade Alta Fonte: (Oda, 1995).....	9
Figura 11: Drenagem lateral inadequada Fonte: (Skorseth e Selim, 2000)	9
Figura 12: Severidade Baixa Fonte: (Oda, 1995)	10
Figura 13: Severidade Média Fonte: (Oda, 1995)	10
Figura 14: Severidade Alta Fonte: (Oda, 1995).....	10
Figura 15: Corrugações Fonte: (Skorseth e Selim, 2000).....	12
Figura 16: Severidade Baixa Fonte: (Oda, 1995)	13
Figura 17: Severidade Média Fonte: (Oda, 1995)	13
Figura 18: Severidade Alta Fonte: (Oda, 1995).....	13
Figura 19: Excesso de poeira e Culturas afectadas pela poeira Fonte: (MWTC, 2016).....	13
Figura 20: buracos Fonte: (Skorseth e Selim, 2000).....	14
Figura 21: Afundamento de Trilhas de rodas Fonte: (Santos et al., 1988)	16
Figura 22: Segregação de agregados. Fonte: (Santos et al., 1988)	17
Figura 23: Erosão Transversal e Longitudinal Fonte: (Skorseth e Selim, 2000).....	18
Figura 24: Localização do trecho em estudo. Fonte: Google Earth (adaptado pelo autor)	26
Figura 25: Presença de vegetação nas laterais da estrada. Fonte: (Autor, 2020).....	28
Figura 26: Condições de transitabilidade da estrada. Fonte: (Autor, 2020)	29
Figura 27: Secção da estrada. Fonte: (Autor, 2020)	29
Figura 28: Secção Transversal Inadequada Fonte: (Autor, 2020)	32
Figura 29: Drenagem Lateral Inadequada Fonte: (Autor, 2020)	33
Figura 30: Corrugações/trepidações Fonte: (Chale, 2020)	35
Figura 31: Perda/Segregação de Agregados Fonte: (Chale, 2020)	36
Figura 32: Buracos Fonte: (Chale, 2020).....	38

Figura 33: Excesso de Poeira Fonte: (Chale, 2020).....	39
Figura 34: Afundamento de Trilhas de Rodas Fonte: (Autor, 2020).....	41
Figura 35: Erosões Fonte: (Chale, 2020)	42

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Funções típicas de estrada e classificação. Fonte: (adaptado de SATCC, 2003)	9
Tabela 2: Resumo das Condições de Transitabilidade IIº Semestre de 2016	11
Tabela 3: Níveis de severidade para buracos Fonte: (Fontenele, 2001)	15
Tabela 4: Níveis de severidade para erosões Fonte: (Fontenele, 2001).....	18
Tabela 5: Tipos de defeitos e critério de medição Fonte: (Eaton et al 1987)	21
Tabela 6: Escala de classificação de estradas não pavimentadas - URCI Fonte: (Eaton et al 1987)	23
Tabela 7: Secção Transversal Inadequada	31
Tabela 8: Drenagem Lateral Inadequada	32
Tabela 9: Corrugações/Trepidações.....	33
Tabela 10: Segregação de Agregados	35
Tabela 11: Buracos	36
Tabela 12: Poeira	38
Tabela 13: Afundamento de Trilhas de Rodas.....	40
Tabela 14: Erosões	41

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Condições de Transitabilidade IIº Semestre de 2016 Fonte: (ANE, 2016)	11
Gráfico 2: Condições Estradas Não Revestidas – País	12
Gráfico 3: Rede Total – País	12

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials

ANE - Administração Nacional de Estradas

CBR - Califórnia Bearing Ratio

DOT - Department of Transportation

DNIT – Departamento Nacional de Infra-estruturas de transportes

DNEP-Direcção Nacional de Estradas e Pontes

EN1 – Estrada Nacional Numero 1

FHWA - Federal Highway Administration

ICV - Índice de Condição da Via

MWTC - Ministry of Works, Transport and Communication

MAI – Ministry of Administration and Interior (Romania)

OIT - Organização Internacional do Trabalho

PCI - Pavement Condition Index (Índice da Condição do Pavimento)

SATCC - Southern Africa Transportation and Communication Commission

SGV - Sistemas de Gerência de Vias

URCI - Unsurfaced Road Condition Index

VPD - Veículos Por Dia

VDT – Valor da Dedução Total

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

Neste capítulo são feitas as considerações iniciais, introdutórias que justificam o tema escolhido e expõem o processo de investigação, as hipóteses adoptadas, os objectivos, os constrangimentos previstos na investigação.

O presente trabalho trata de patologias em estradas de terraplenadas, designadas normalmente como estradas constituídas pelo pavimento primário mais encontradas no nosso país, e, por esse motivo, sendo fundamental o seu estudo com vista a melhorar a qualidade desse tipo de estradas que constitui a grande parte da rede de estrada de Moçambique, e por outro lado, devido o seu papel no intercâmbio de pessoas e bens entre a zona rural e cidade e vice-versa.

1.1. ENQUADRAMENTO DO TRABALHO

Moçambique possui uma rede de estradas classificadas com cerca de 30.000.00 km, onde aproximadamente 6,000 km são estradas pavimentadas o que representa cerca de 20% e 24,000 km de estradas não pavimentadas o que representa cerca de 80% (ANE, 2015). No sistema de classificação de estradas, as estradas primárias e secundárias são agrupadas no conjunto de estradas nacionais, enquanto as estradas terciárias e vicinais são designadas como estradas regionais.

As estradas não pavimentadas resultaram da evolução, ao longo dos tempos, dos caminhos de terra, e foram criadas com o propósito de permitir a ligação entre zonas rurais e urbanas, isto para proporcionar a acessibilidade da população a serviços e bens indispensáveis: hospitais, centros de saúde, escolas, centros comerciais, bem como troca de produtos: agrícolas, florestais, pecuários. Esta facilidade de acesso torna-se muito importante em termos económicos, sociais e culturais, ou seja, é de extrema importância para o bom desenvolvimento do país. É de salientar que a opção por este tipo de estradas resulta, essencialmente, do seu baixo custo de construção e tolerância a grandes deformações. (Rodrigues, 2015).

De acordo com Baesso e Gonçalves (2003), salientam que a grande maioria das estradas situadas nas zonas rurais evoluíram de pequenas trilhas e caminhos abertos por colonizadores de uma forma inadequada, tendo sido orientada basicamente pela estrutura fundiária e pelas facilidades apresentadas pelo terreno, isso resultou em traçados que desrespeitam fragilidades das terras e que, favorecem o desenvolvimento de processos erosivos prejudiciais à pista de

rolamento, áreas marginais e à sua plataforma como um todo em períodos de precipitação pluviométrica intensa.

Segundo Nunes (2003), a avaliação das condições do pavimento rodoviário de uma estrada de terra é feita por meio do levantamento dos defeitos no campo, e para fins de utilização de sistemas de gerência de vias, o levantamento envolve a seleção dos defeitos mais significativos com suas respectivas medidas, e a avaliação da extensão e severidade de cada um deles.

A avaliação das condições de uma estrada, seja de que material for, é essencial para uma boa gerência a fim de auxiliar o emprego dos recursos disponíveis a partir da conveniente selecção de actividades da manutenção, portanto, existe a necessidade de desenvolvimento de métodos que sejam de baixo custo, razoavelmente simples e confiáveis, ou seja, compatíveis com as condições do local de aplicação, (Fontenele, 2001).

De acordo com AASHTO (1993), define como rodovias de baixo volume de tráfego as vias que possuem para o período de projecto, no máximo, 10^6 repetições de carga equivalente ao eixo padrão de 82KN.

1.2. PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO

Muitas estradas não pavimentadas são projectadas com muito pouca contribuição científica e são construídas a partir do material disponível mais próximo, portanto, a elevada degradação e a falta de manutenção adequada nas estradas não pavimentadas do nosso país provocam enormes prejuízos, que afectam negativamente a mobilidade de pessoas e bens e o acesso à saúde, educação e alimentação, aumentando os custos operacionais dos veículos. Para o efeito o processo de investigação seguirá os seguintes passos:

- Identificação do tópico;
- Definição do problema a ser investigado;
- Identificação do paradigma de investigação e determinação da metodologia de investigação;
- Definição dos objectivos gerais e específicos a atingir com o trabalho;
- Determinação das limitações e delimitações da investigação;
- Colecta de materiais bibliográficos referentes ao tema;
- Análise e interpretação de dados;
- Redacção do relatório de investigação.

1.3. PROBLEMA A SER INVESTIGADO

1.3.1. Formulação do problema a ser investigado

A falta de recursos técnicos-financeiros é tido como um dos problemas significantes quanto as estradas não pavimentadas, estas requerem manutenção contínua e sua condição pode ser significativamente afectada por períodos de volumes excessivos de tráfego ou intempéries. No entanto, este trabalho surge na sequência das péssimas condições de transitabilidade nas estradas de terra entre pequenas cidades, vilas e localidades em Moçambique, facto que motiva a formulação do seguinte problema a investigar:

“A existência de patologias em estradas não pavimentadas dificulta a transitabilidade de veículos de um local para o outro”

1.4. A PERGUNTA A INVESTIGAR E AS HIPÓTESES A CONSIDERAR

1.4.1. Formulação da pergunta a investigar

Para uma melhor compreensão do problema a ser investigado, este trabalho visa responder à seguinte pergunta de investigação:

“Que medidas podem ser tomadas para melhorar a transitabilidade de veículos de um local para o outro através de estradas de terra?”

1.4.2. As Hipóteses H0 e H1

De acordo com o problema a ser investigado e em concordância com a pergunta a investigar, consideram-se as seguintes hipóteses:

H (0): “Não há medidas que possam ser tomadas para melhorar a transitabilidade de veículos de um local para o outro através de estradas de terra.”

H (1): “Há medidas que possam ser tomadas para melhorar a transitabilidade de veículos de um local para o outro através de estradas de terra.”

1.4.3. Perguntas investigativas

Para uma melhor compreensão da pergunta a investigar e as hipóteses colocadas, convém colocar se as seguintes perguntas a investigar:

- Quais são os métodos existentes para a identificação de defeitos e do estado das estradas não pavimentadas?

- Quais são os principais defeitos que ocorrem nas estradas não pavimentadas moçambicanas?
- Que medidas de mitigação ou reparação são adequadas para melhorar a transitabilidade de veículos em estradas não pavimentadas moçambicanas?

1.5. OBJECTIVOS

1.5.1. Objectivos gerais

- Identificar os mais comuns defeitos que surgem nas estradas não pavimentadas;
- Proceder um estudo das patologias de estradas de terra e propor medidas de mitigação ou reparação das patologias decorrentes nestas estradas.

1.5.2. Objectivos específicos

- Apresentar e analisar os defeitos típicos que ocorrem nas estradas não pavimentadas;
- Estruturar e caracterizar os defeitos identificados de acordo com o tipo e severidade de ocorrência;
- Propor opções para mitigar/reparar os defeitos de modo a melhorar a transitabilidade de veículos nas estradas de terra.

1.6. JUSTIFICATIVA

A escolha deste tema é pertinente devido à importância que as estradas não pavimentadas têm no desenvolvimento económico e social de um país, portanto, não recebem o devido tratamento que deveriam. Actualmente existem poucos manuais que tratam do tema em questão, porém alguns deles possuem limitações pelo facto de serem adaptações de obras desenvolvidas em outros países em que as características de suas estradas diferem muito das encontradas em Moçambique, principalmente no que diz respeito ao clima, tipo de solo e topografia.

Apesar de sua extensão e da grande importância económica e social, as estradas não-pavimentadas constituem um tema pouco estudado, facto este que despertou em mim o interesse de fazer um estudo sobre as patologias mais frequentes em estradas não pavimentadas e propor medidas de mitigação das patologias que ocorrem em estradas não pavimentadas.

1.7. CONSTRANGIMENTOS PREVISTOS NA INVESTIGAÇÃO

Como todos os trabalhos de investigação, o presente trabalho apresentará também alguns constrangimentos e restrições que poderão eventualmente surgir, sendo previstos os seguintes:

1.7.1. As Limitações do trabalho

- Alguns obstáculos no que se refere a procura e consulta da bibliografia relacionada com o tema em questão;
- Falta de informação especificamente para compilação do mesmo visto que existem poucos manuais físicos que tratam sobre o tema em estudo.

1.7.2. As Delimitações do trabalho

- O processo de investigação limitou-se em proceder o estudo na província de Inhambane, concretamente no distrito de Vilanculos, na localidade de Chiviho num trecho de 7km da estrada que parte da Pedreira Pica Pedra à EN1.

1.8. ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho de investigação será organizado em seis capítulos obedecendo a seguinte estrutura e composição:

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO: Apresenta a metodologia de investigação a ser conduzida, introduzindo a formulação do problema a ser investigado, da pergunta a investigar, das hipóteses à considerar, e das perguntas investigativas de suporte à pergunta a ser investigada. Faz-se também uma breve descrição da composição dos capítulos constituintes do presente trabalho.

CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: Apresenta a bibliografia consultada relacionada com o tema em estudo, como forma de introduzir e criar o conhecimento necessário ao autor para o desenvolvimento do presente trabalho. Citará autores que abordem o tema em estudo de forma a se compreender o seu pensamento em relação ao tema em estudo.

CAPÍTULO III – MÉTODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DAS ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS: Neste capítulo serão apresentados métodos e técnicas utilizados na pesquisa e por alguns autores no levantamento das patologias mais encontradas nas estradas não pavimentadas.

CAPÍTULO IV – APRESENTAÇÃO, LEITURA E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS RECOLHIDOS – ESTUDO DE CASO: Neste capítulo serão apresentadas as fotografias elucidativas tanto do acesso como dos próprios troços percorridos, indicando as patologias mais frequentes nas estradas de terra e são apresentados aspectos relevantes ao estudo de caso.

CAPÍTULO V – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS: Neste capítulo serão apresentadas as análises dos resultados obtidos no estudo de caso deste trabalho, tais como levantamento dos defeitos no campo de estudo, a descrição e explicação das principais intervenções que devem ser realizadas.

CAPÍTULO VI – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES: Neste capítulo são apresentadas as conclusões e as recomendações pertinentes, tendo em conta a validação dos resultados da investigação.

CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

De acordo com a OIT (2013:1), as estradas não pavimentadas em terra ou cascalho, que normalmente proporcionam acesso local, têm baixos volumes de tráfego, rondando menos de 200 veículos por dia. Porém, devido a outros factores não relacionados com o tráfego, tais como o clima, o terreno, as condições do solo e a falta de manutenção, estas estradas degradam-se rapidamente, o que resulta numa limitação do acesso e em elevados custos operacionais de transporte. Adicionalmente, devido à poluição por poeiras, estas estradas resultam numa degradação ambiental e colocam perigos para a saúde. A rápida diminuição dos materiais de construção não renováveis (cascalho) em alguns países torna a reabilitação e manutenção da rede rodoviária em expansão insustentável.

Grande parte da rede rodoviária na maioria dos países é constituída por estradas não pavimentadas, essas estradas geralmente se localizam em zonas rurais. No entanto, durante a estação chuvosa, mesmo com níveis de tráfego relativamente baixos (<50 VDP), as estradas de terra muitas vezes se tornam intransitáveis devido ao enfraquecimento do solo subjacente, juntamente com a erosão e erosão que pode impedir o acesso a qualquer forma de tráfego motorizado (MWTC, 2016).

As condições, boas ou más, da superfície de rolamento de uma estrada dependem de atributos relacionados com as especificidades de cada região, estes atributos, a dizer, tipo de solo, clima, topografia, tráfego, e frequência de manutenção, influenciam directamente no aparecimento de defeitos com graus de severidade maiores ou menores no leito das vias, o que acarreta problemas que usualmente, quando não reduzem a velocidade de tráfego, são os responsáveis pela interrupção da utilização da via (Nunes, 2003).

De acordo com o Manual da conservação Rodoviária DNIT (2005), as estradas de terra resultam da evolução de trilhas e caminhos precários remanescentes de época pioneiras e primitivamente construídas dentro de características técnicas bastante modesta. Tais rodovias, construídas dentro de enfoque de minimização de custos de construção, apresentavam, quando da sua implementação, traçados que buscavam evitar a construção de obras de arte especiais, envolvendo reduzido movimento de terra. Assim, frequentemente, os traçados são bastantes sinuosos, geralmente aproveitando a disponibilidade das curvas de nível do terreno e os divisores de água.

2.2. CONCEITOS BÁSICOS

2.2.1. Estradas Não Pavimentadas

Estrada – é uma faixa do terreno sistematizada, ou seja, é um caminho utilizado por veículos, homens e animais para a circulação e tráfego de um ponto para o outro.

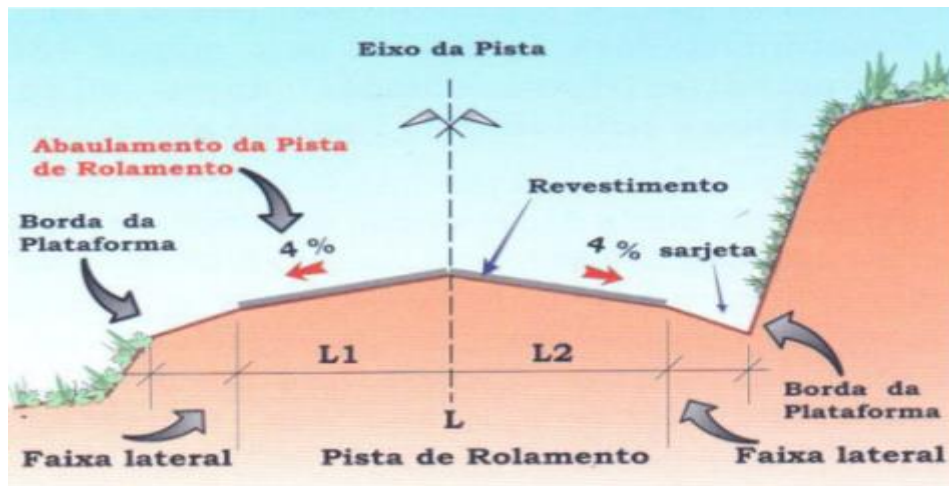


Figura 1: Perfil transversal de uma estrada. Fonte: (Baesso e Gonçalves, 2003)

De acordo com Nunes (2003) citando Eaton et al (1987), estradas não pavimentadas, também chamadas estradas de terra, são aquelas não revestidas por qualquer tipo de tratamento superficial, betuminoso ou cimento Portland, e têm, geralmente, sua camada superficial constituída apenas solo local, às vezes em mistura com agregado granular, decorrente da sua manutenção.

De acordo com Griebeler (2009:4), as estradas não pavimentadas permitem o acesso da população rural a serviços básicos, como saúde, educação, comércio e lazer, reduzindo o êxodo rural. Desta forma estradas em boas condições de tráfego são importantes para a economia agrícola, para a convivência social e o acesso a recursos fundamentais da sociedade.

Segundo DOT (1990), as estradas não pavimentadas podem ser divididas em três tipos de estradas:

- **Caminhos de terra** – são estradas de baixo volume de tráfego e, que servem de acesso a espaços rurais. Estas estradas não são obra da engenharia e não permitem, na maioria das vezes, a passagem de veículos em condições de piso molhado. Em condições normais de piso apenas passam 5 ou menos veículos por dia nestas estradas. Estas são normalmente usadas como estradas de acesso local, usadas por

proprietários de terrenos e por pequenas comunidades, e em regra não são construídas nem mantidas por uma autoridade rodoviária.

- **Estradas de terra** – são estradas construídas sem utilização de cascalho, sendo a vegetação removida e o solo ligeiramente compactado através da passagem de veículos. Muitas vezes o que existe é um reaproveitamento do solo, retirado da construção das valetas, para fins de ajustamentos na forma da estrada. Este tipo de estradas é geralmente construído por uma autoridade rodoviária e são consideradas importantes para o desenvolvimento económico e social da área. Contrariamente aos caminhos de terra, estas são sujeitas a manutenções periódicas.
- **Estradas de cascalho** – são estradas construídas com utilização de cascalho, tendo normalmente em consideração, para a sua concepção, um padrão e uma largura específicos. Os alinhamentos verticais e horizontais da estrada são normalmente feitos ou refeitos tendo em conta os padrões apropriados. Neste tipo de estrada a manutenção é feita de forma regular e sistemática, obtendo-se um melhor nível de serviço, embora a rigidez varie consideravelmente com o tempo e dependa muito das actividades de manutenção.

2.2.2. Sistema de Classificação de Estradas

Alguns dos países africanos como Angola, Lesotho, Malawi, Swazilândia, Tanzânia, Zâmbia, Moçambique, Namíbia, África do Sul, Botswana e Zimbabué, constituem a Southern Africa Transport and Communications Commission (SATCC). Com excepção da África do Sul, a maior parte dos países pertencentes à SATCC tem uma baixa utilização das suas estradas. A maior parte do tráfego nas estradas rurais é muitas vezes não motorizado, como por exemplo, bicicletas. A classificação das estradas é feita de acordo com a sua função e é apresentada na tabela a seguir.

Classe de Projecto	Função da Estrada	Fluxo de Tráfego (TMDA)	Tipo de superfície típica
A	Estruturante/Primária	> 2000	Revestida
B	Primária	500 - 2000	Revestida
C	Primária/Secundária	200 - 500	Revestida/Não Revestida
D	Secundária/Terciária/acessos	50 - 200	Não Revestida
E	Terciária/acessos	< 50	Não Revestida

Tabela 1: Funções típicas de estrada e classificação. Fonte: (adaptado de SATCC, 2003)

As estradas são um elemento vital para o desenvolvimento da economia moçambicana ligando os centros de produção e de consumo. Segundo a ANE (2016) estrutura da rede de estradas classificadas é a seguinte: as estradas primárias e secundárias são agrupadas no conjunto de estradas nacionais, enquanto as estradas terciárias e vicinais são designadas como estradas regionais. A definição funcional compreende as seguintes quatro classes:

- **Estradas primárias** - são a espinha dorsal da rede de estradas e ligam capitais provinciais, principais portos e postos fronteiriços;
- **Estradas Secundárias** são as que complementam a espinha dorsal da rede de estradas e ligam as estradas primárias, as cidades capitais aos portos marítimos e fluviais, centros económicos de elevada importância;
- **Estradas terciárias** são as que estabelecem a ligação entre estradas secundárias com estradas primárias, sedes distritais, postos administrativos e centros económicos de elevada importância.
- **Estradas vicinais** são as estradas que estabelecem a ligação entre estradas terciárias, postos administrativos e centros populacionais.

2.2.3. Condições de Transitabilidade das Estradas em Moçambique

Segundo o relatório da ANE (2016:7), expõe as estradas de terra como sendo aquelas cujo pavimento é de terra natural e as estradas terraplenadas aquelas cujas camadas resultam do processo de movimento de terras de uma câmara de empréstimo de boa qualidade, entretanto em termos de condições de transitabilidade classificam como: boa, razoável, má e muito má.

- **Boa** – estrada em boa forma, abaulamento em condição, boa drenagem, nenhuma situação crítica e boa forma em termos de geometria e quase nenhuma ondulações;
- **Razoável** – possui geometria da estrada em condições, cota da estrada situada acima do terreno natural, apresenta boa drenagem, em boa forma, mas com alguns defeitos superficiais tais como: rodeiras, ravinas e buracos pouco profundos; drenagem requerendo atenção especial, pavimento necessitando de recarga de solos.
- **Má** – há falta de forma, má drenagem, estrada com transitabilidade condicionada, apresenta grandes depressões e há ausência de abaulamento, perda de camada de desgaste.
- **Muito Má** - há perda total de geometria, a estrada tende a se transformar em picada e há maior severidade de defeitos superficiais, ausência total de abaulamento.

Estrada	REDE DE ESTRADAS CLASSIFICADAS										
	Extensão Total (Km)	BOA		RAZOÁVEL		MÁ		MUITO MÁ		INTRANSITÁVEL	
		(Km)	(Km)	%	(Km)	%	(Km)	%	(Km)	%	(Km)
Primárias	5916	3527	60	1623	27	644	11	108	2	15	0
Secundária	4886	2033	42	1631	33	969	20	182	4	71	1
Nacionais	10801	5560	51	3254	30	1613	15	289	3	86	1
Terciárias	12739	3419	27	4773	37	2696	21	1154	9	697	5
Vicinais	6716	1102	16	2282	34	1229	18	1364	20	739	11
Regionais	19455	4521	23	7055	36	3925	20	2518	13	1436	7
Total Geral	30256	10081	33	10308	34	5538	18	2807	9	1522	5

Tabela 2: Resumo das Condições de Transitabilidade IIº Semestre de 2016

2.2.4. Distribuição das Condições de Transitabilidade – Moçambique

O gráfico abaixo, mostra a distribuição das condições de transitabilidade das estradas classificadas por província, durante o IIº Semestre de 2016.

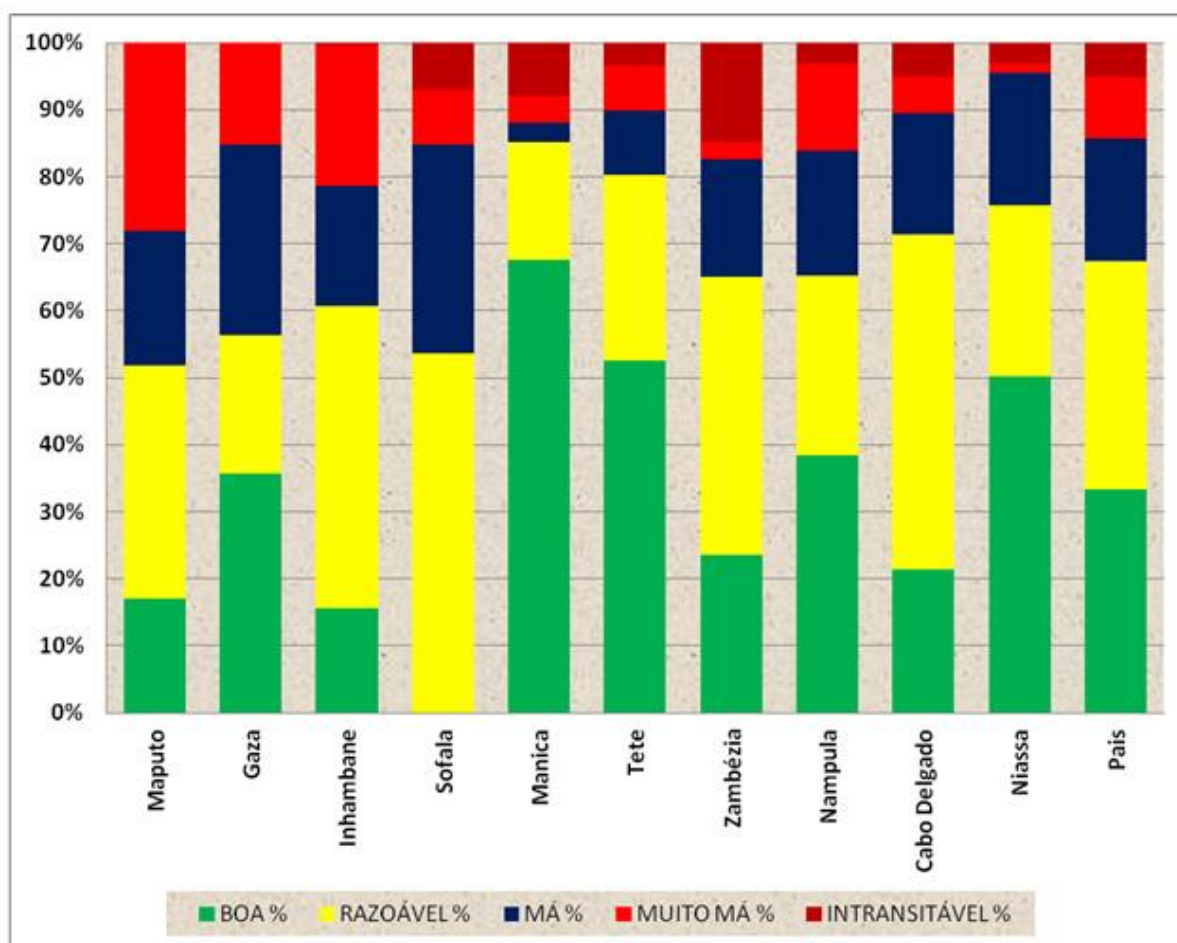


Gráfico 1: Condições de Transitabilidade IIº Semestre de 2016 Fonte: (ANE, 2016)

Estrada	PAÍS										
	Extensão Total	BOA		RAZOÁVEL		MÁ		MUITO MÁ		INTRANSITÁVEL	
		(Km)	(Km)	%	(Km)	%	(Km)	%	(Km)	%	(Km)
Revestida	7405	4709	64	1813	24	723	10	161	2	0	0
Não Revestida	22851	5372	24	8495	37	4815	21	2646	12	1522	7
Rede Total	30256	10081	33	10308	34	5538	18	2807	9	1522	5

Tabela 3: Condições de Transitabilidade IIº Semestre de 2016 Fonte: (ANE, 2016)

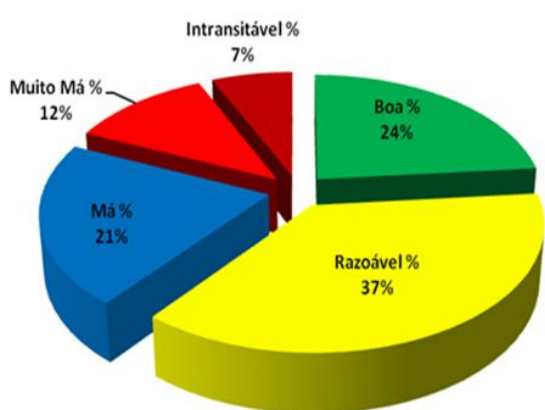


Gráfico 2: Condições Estradas Não Revestidas – País

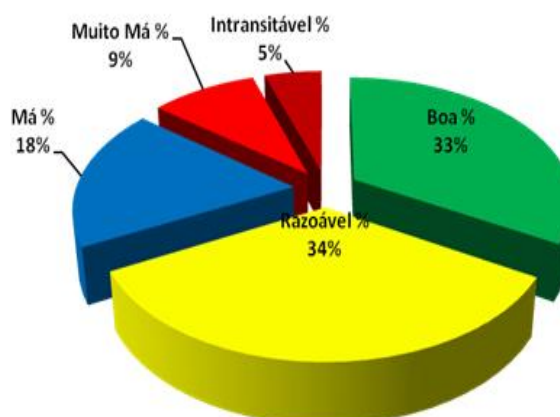


Gráfico 3: Rede Total – País

2.3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ESSENCIAIS DAS ESTRADA NÃO PAVIMENTADAS

De acordo com Baesso e Gonçalves (2003:9), a boa capacidade de suporte e as boas condições de rolamento e aderência são características fundamentais de resistências de uma estrada não pavimentada, tanto no material usado como revestimento quanto do subleito, para que estes possam se manter coesos frente às solicitações repetitivas do tráfego na medida em que ocorrem variações de teor de umidade, devido aos períodos secos e chuvosos, que ocorrem ao longo do ano.

Segundo Cruz (2005) citando ODA (1995) aponta que o tipo e a quantidade do material de superfície influem diretamente no desempenho das estradas, estando esse desempenho relacionado com o surgimento de defeitos que se agravam à medida que a estrada é mais solicitada pelo tráfego. Em estradas não pavimentadas, o tipo de revestimento habitualmente encontrado é o próprio solo local, conformado e nivelado.

Segundo o Manual Técnico de Conservação e Recuperação de Estradas Vicinais de Terra do IPT SANTOS *et al.*, (1988:19), existem duas características técnicas fundamentais que uma estrada de terra tem que apresentar para garantir condições de tráfego satisfatórias: a boa capacidade de suporte e as boas condições de rolamento e aderência aos veículos que trafegam pela via.

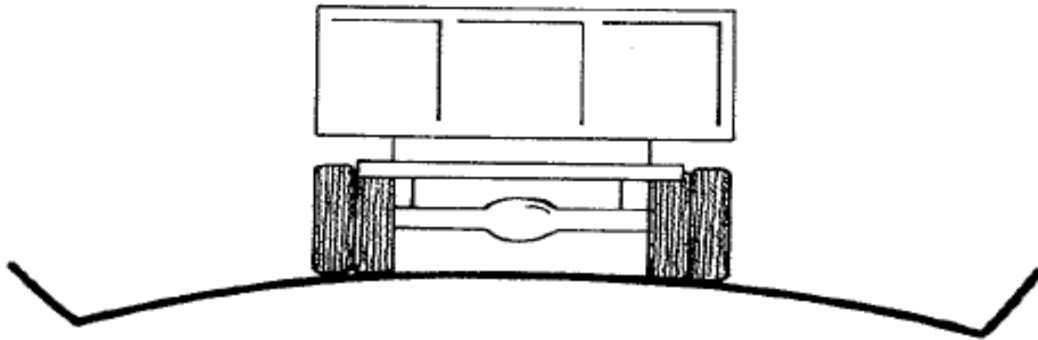


Figura 2: Boa capacidade de suporte Fonte: (Santos et al. 1988)

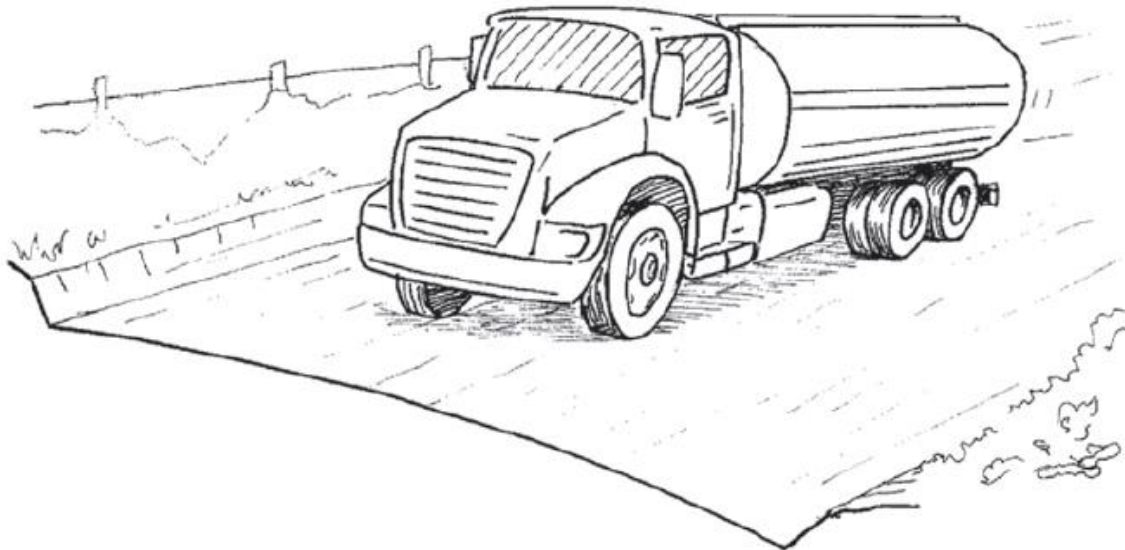


Figura 3: Boas condições de rolamento e aderência Fonte: (Santos et al. 1988)

2.3.1. Capacidade de Suporte

É a característica que confere à estrada sua capacidade maior ou menor de não se deformar frente às solicitações de tráfego. Os problemas típicos que surgem devido à falta de capacidade de suporte são: ondulações transversais e formação de rodadeiras, geralmente as estradas com baixa capacidade de suporte tendem a apresentar formação de lama em períodos de chuvas intensas.

Os problemas típicos devido à falta de capacidade de suporte devem-se a deficiências técnicas localizadas no subleito (terreno natural sobre o qual está implantada a estrada), ou camada de reforço, por outro lado os materiais granulares como areia, cascalho são os mais indicados para se garantir uma boa capacidade de suporte. Assim quando se fala de capacidade de suporte deve-se pensar imediatamente em dois aspectos: os materiais granulares e a compactação.

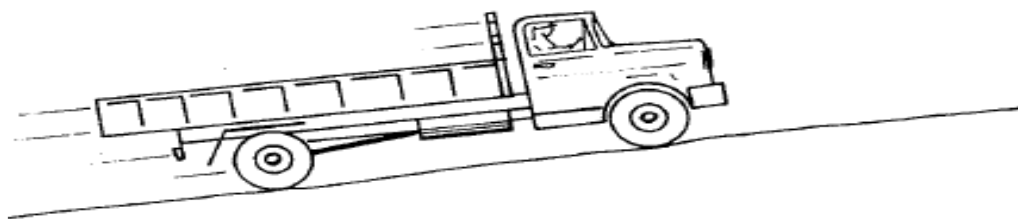


Figura 4: Capacidade de Suporte Fonte: (Santos et al., 1988)

2.3.2. Condições de Rolamento e Aderência

- **As condições de rolamento** – são características que dizem respeito às irregularidades da pista: buracos, corrugações, materiais soltos que interferem negativamente sobre o conforto e segurança aos veículos que trafegam pela via.
- **Aderência** – é a característica da pista que diz respeito às boas ou más condições de atrito, ou seja, uma boa aderência não permite a patinação das rodas dos veículos.

Os problemas mais típicos ligados às más condições de rolamento e aderência se localizam quase que exclusivamente na camada de revestimento, e são os seguintes: buracos, corrugações, materiais granulares soltos, pista escorregadia.

Os materiais granulares (especialmente areia e cascalho) são os responsáveis maiores pelas boas condições de atrito. Porém, isso não basta, pois se não houver um material ligante que aglutine fortemente os grãos do material granular, esses grãos ficam soltos e tendem a originar problemas para o tráfego: patinagem em rampas, formação de corrugações e de buracos.

O material ligante natural mais indicado é a argila, e as operações normais para se conseguir uma boa camada de revestimento são a mistura (da argila com o material granular) em percentagem adequada de cada material, e a compactação. Assim, quando se buscam boas condições de rolamento e aderência deve-se considerar quatro aspectos: material granular, material argiloso, mistura e compactação.

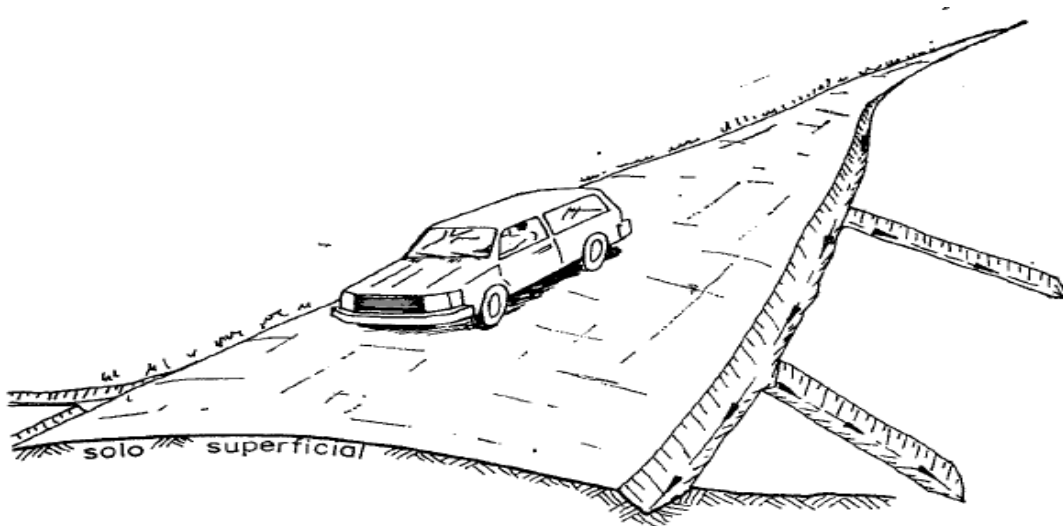


Figura 5: Condições de Rolamento e Aderência Fonte: (Santos et al., 1988)

2.4. ELEMENTOS NECESSÁRIOS PARA MELHORAR O DESEMPENHO DE UMA ESTRADA NÃO PAVIMENTADA

De acordo com Jóia (2016) a maioria das estradas de baixo custo, ou de terra não envolvem grandes movimentos de terra, preocupações de balanço deste movimento, seguindo a topografia, ou seja são desenvolvidas seguindo as curvas de nível com tendência a serem de cumeada ou mesmo de vale, o que agravam o problema nomeadamente de drenagem e qualidade do solo de fundação. Para melhorar o desempenho de uma estrada de terra em todas as estações do ano é necessário obter uma maior durabilidade, estabilidade e proporcionar boas condições de tráfego, as mesmas devem conter alguns elementos:

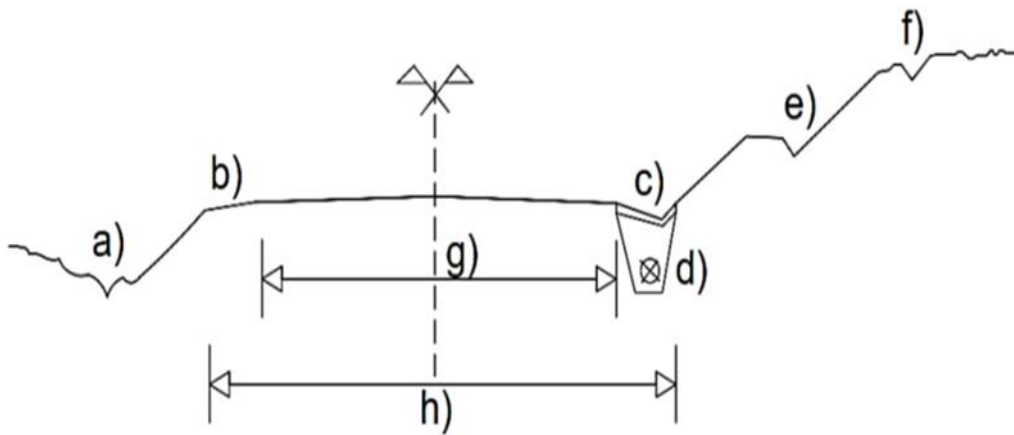


Figura 6: Perfil transversal ideal de uma estrada. Fonte: (Jóia, 2016)

Legenda:

- a) - Valeta de pé de talude de aterro
- b) - Berma
- c) - Valeta de plataforma
- d) - Dreno de intersecção longitudinal associado a valeta de plataforma
- e) - Valeta de banqueteta
- f) - Valeta de crista
- g) - Faixa de rodagem
- h) – Plataforma

- a) **Valeta de pé de talude de aterro** - é o ponto limite inferior que limita e tem como função garantir a estabilidade do aterro.
- b) **Berma (faixa lateral)** - é o espaço adjacente às faixas de circulação, destinado à paragem de emergência dos veículos.
- c) **Valetas de plataforma** - é o acréscimo à berma, fazem parte, as sarjetas e/ou alguma medidas adicionais dependentemente que se trate de secções de corte, de aterro ou mistas.
- d) **Dreno** - consiste num dispositivo de drenagem superficial que tem o objetivo de coletar as águas da superfície, conduzindo-as longitudinalmente para fora da estrada.
- e) **Valeta de banqueteta** - consiste na superfície (geralmente inclinada) que resulta da conformação de uma secção de aterro, a intersecção dessa superfície com o terreno

natural é denominada “pé do aterro”, sendo sua interseção com a plataforma denominada “valas de crista”.

- f) **Valeta de crista** - é definida como sendo um dispositivo de drenagem superficial disposto a montante das seções de corte, cujo objetivo é interceptar as águas superficiais que correm em direção à rampa do corte, conduzindo-as longitudinalmente para fora das seções de corte. Geralmente são pequenas valas simplesmente cavadas no terreno natural, sendo o material resultante da escavação depositado a jusante da valeta, construído um pequeno dique denominado “banqueta de proteção do corte” que tem como objetivo servir como barreira para prevenção quanto a eventuais extravasamentos da valeta.
- g) **Faixa de rodagem** - é definida como sendo o espaço destinado à passagem de um veículo por vez em cada sentido, pode ser revestida ou não, cujas larguras são ajustadas para as dimensões de roda/eixo dos veículos de projeto.
- h) **Plataforma** - está compreendida entre o exterior das bermas, acrescido as valetas e/ou larguras adicionais, conforme se trate de seções de corte ou mistas.

2.5. DEFEITOS TÍPICOS EM ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS

Segundo ODA (1995:59), entende por defeito qualquer alteração na superfície da estrada que influencia negativamente as suas condições de rolamento. Os maiores problemas surgem em razão de seção transversal inadequada e ausência ou deficiência do sistema de drenagem.

De acordo com Ferreira (2004), uma boa estrada de terra deve ter largura suficiente para acomodar o tráfego e capacidade de suportar as cargas das rodas dos veículos ao longo do tempo e sob diferentes condições climáticas. Deve, também, contar com um bom sistema de drenagem para evitar, dentre outros, problemas de erosão ou de perda de capacidade de suporte.

Os engenheiros, em geral, estimam que pelo menos 90% dos problemas das estradas são causados pela água. Os três primeiros caminhos para preservar a resistência das estradas e estender sua vida são : 1º Drenagem, 2º Drenagem e 3º Drenagem. A natureza e a extensão das instalações de drenagem a serem executadas variam com o tipo de solo local, a precipitação pluviométrica da zona e a topografia da região. Os problemas de erosão dependem dos mesmos fatores

O tráfego e a acção das intempéries acabam acelerando o processo de deterioração da superfície das estradas não-pavimentadas, principalmente quando não existe manutenção adequada. Geralmente, a secção transversal é inadequada devido ao nivelamento da superfície de rolamento sem acréscimo de material, ou seja, parte do material da superfície é retirado, deixando a estrada encaixada no terreno e em forma de calha, dificultando o escoamento de água para as laterais.

Os defeitos em estradas de terra causam irregularidades, provocando desconforto, e dependendo do nível de severidade, podem levar sérios riscos à segurança dos usuários, além de interferir na velocidade de operação e no custo operacional dos veículos.

As estradas não pavimentadas possuem vários problemas que acabam interferindo negativamente em sua estrutura, comprometendo a capacidade de suporte, a condição de rolamento, bem como a segurança e o conforto, aumentando o tempo de viagem e nos gastos com manutenção de veículos (Fatorri, 2007).

De acordo com Santos et al. (1988:65), defendem que os problemas mais comuns de uma estrada de terra têm como causas principais:

- A falta de capacidade de suporte do subleito;
- O mau desempenho da superfície de rolamento;
- A deficiência do sistema de drenagem.

Deve estar claro que as deficiências de drenagem sempre contribuem para o agravamento dos problemas nas estradas não pavimentadas, mesmo não sendo a sua causa original.

2.5.1. Tipos de Defeitos em Estradas Não Pavimentadas

Neste trabalho serão levados em consideração alguns defeitos identificados com base fundamental nos trabalhos publicados por DOT (1990) e ODA (1995), bem como algumas observações pertinentes apresentadas por Fontenele (2001) e Baesso e Gonçalves (2003),

A partir das afirmações ora apresentadas, será feita a descrição dos defeitos mais comuns em estradas não pavimentadas, principais causas, assim como o critério da classificação de severidade. Para cada patologia ou defeito serão apresentados alguns níveis de severidade tirados no trabalho do Eaton et al. (1987), ODA (1995) e Santos et al. (1988). As patologias mais frequentes em estradas não pavimentadas identificadas em diversas publicações literárias são: secção transversal inadequada, drenagem inadequada, excesso de poeira,

ondulações ou corrugação, buracos, afundamento nas trilhas de rodas, segregação de agregados e erosões.

2.5.1.1. Secção transversal inadequada

Segundo ODA (1995) refere que a secção transversal inadequada é o resultado de uma superfície sem declividade transversal para direccionar a água para as valetas. Esta condição é evidenciada pela água escoando ao longo da superfície de rolamento e conseqüentemente pela erosão causada pela intensidade da chuva. As condições da secção transversal são avaliadas pela facilidade de escoamento da água da superfície da estrada para um local que não influencie as condições de rolamento, isto é, para fora dela.



Figura 7: Secção Transversal Inadequada. Fonte: (Fontenele e Junior, 2013)

Segundo Eaton et al. (1987) classificam a qualidade da estrada de acordo com os níveis de severidade e extensão do defeito. Os níveis de severidade da secção transversal adequada são: baixa, média e alta.

- **Baixa:** superfície completamente plana (sem declividade transversal);

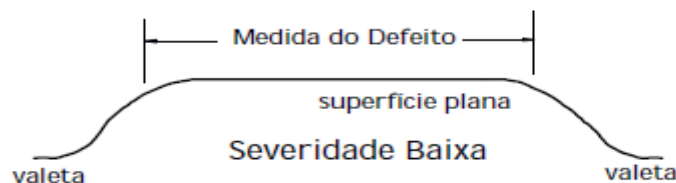


Figura 8: Severidade Baixa Fonte: (Oda,1995)

- **Média:** superfície em forma de bacia;

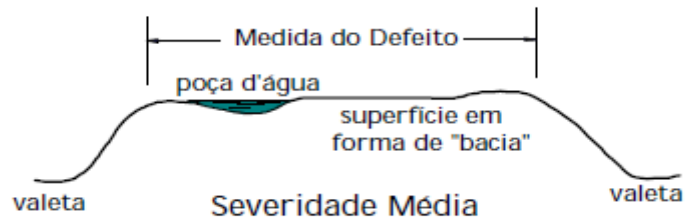


Figura 9: Severidade Média Fonte: (Oda, 1995)

- **Alta:** grandes depressões nas trilhas de rodas na superfície da estrada.

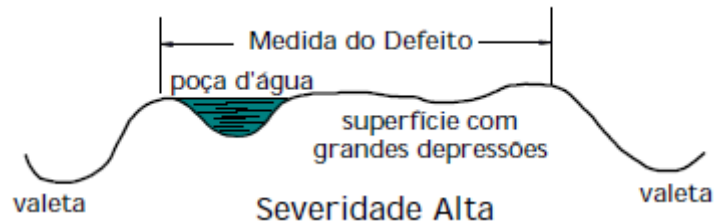


Figura 10: Severidade Alta Fonte: (Oda, 1995)

2.5.1.2. Drenagem lateral inadequada

A drenagem lateral inadequada é verificada pelas valetas cobertas de vegetação ou cheias de entulhos e que não estão em condições próprias para direccionar e transportar a água, provocando o seu empoçamento e o desenvolvimento de entulhos. Para Baesso e Gonçalves (2003), este tipo de defeito caracteriza se pelo acumulo de água na plataforma, ocasionado pelo mau funcionamento dos dispositivos de drenagem superficial, inexistência de elementos de drenagem profunda, como também pela falta de manutenção de obras, nos bueiros tubulares.



Figura 11: Drenagem lateral inadequada Fonte: (Skorsest e Selim, 2000)

Eaton et al. (1987), classificam a qualidade da estrada de acordo com os seguintes níveis de severidade: baixa, média e alta.

- **Baixa:** pequena quantidade de água empoçada nas valetas e valetas sem vegetação ou entulhos;

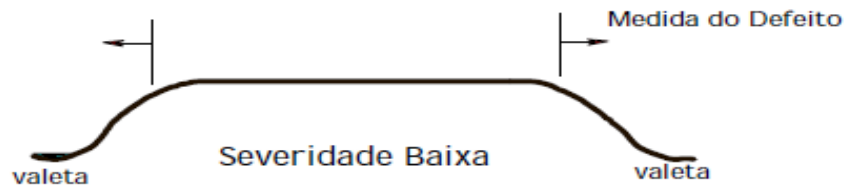


Figura 12: Severidade Baixa Fonte: (Oda, 1995)

- **Média:** quantidade moderada de água empoçada na valeta, valetas com quantidade de vegetação e entulhos, e evidência de erosão das valetas do lado de dentro da estrada;



Figura 13: Severidade Média Fonte: (Oda, 1995)

- **Alta:** grande quantidade de água nas valetas, valetas cobertas de vegetação e entulhos e erosão das valetas do lado de dentro da estrada.

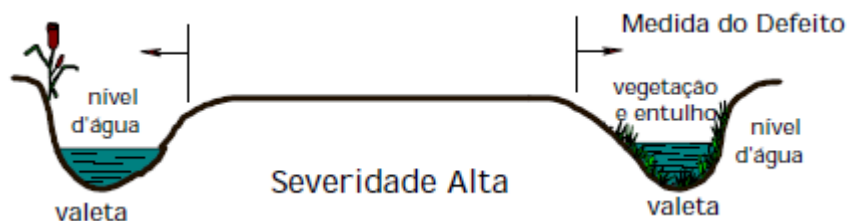


Figura 14: Severidade Alta Fonte: (Oda, 1995)

2.5.1.3. Corrugações/Ondulações

De acordo com ODA (1995:60), as ondulações ou Corrugações são ondas em intervalos regulares ou irregulares no sentido perpendicular à direcção do tráfego. Consiste de uma série de ondulações perpendiculares à direcção do tráfego, formadas, geralmente, em rampas ou curvas ou em áreas de aceleração ou desaceleração, causando grande desconforto para os usuários. Segundo Baesso e Gonçalves (2003), afirmam que as corrugações são deformações que aparecem na pista de rolamento em intervalos das estradas rurais, posicionadas em intervalos regulares, perpendicularmente ao sentido de fluxo do trafego, no entanto, constituem um grave problema na manutenção de estradas de terra, principalmente em épocas de seca, causando trepidação nos veículos e desconforto aos usuários.

O comprimento das ondulações é tal que o período de oscilações correspondente esta em ressonância com o de certas partes o veiculo que trafega na rodovia, fazendo que ao este passar pelas ondulações, sofra choques periódicos de período de amplitude crescente.

As ondulações são um dos defeitos mais perturbadores de estradas não pavimentadas, causando rugosidade excessiva e baixa estabilidade direccional do veículo. O comprimento de onda das ondulações depende da velocidade modal (ou seja, a velocidade que ocorre com mais frequência) dos veículos que usam a estrada, com comprimentos de onda mais longos formados por um tráfego mais rápido. Numerosas observações de toda a África Austral indicam que o comprimento de onda das ondulações em centímetros é aproximadamente numericamente igual à velocidade modal dos veículos em km / h (DOT, 1990).

De acordo com Fontenele (2001:11), são ondas ou sulcos em intervalos regulares ou irregulares no sentido perpendicular ao tráfego. A sua presença é evidenciada pelas trepidações do veículo causando grande desconforto ao usuário. Classifica a qualidade da estrada de acordo com os seguintes níveis de severidade:

- **Baixa:** sulcos com profundidade inferior a 2,5 cm;
- **Média:** sulcos com profundidade variando entre 2,5 a 7,5 cm;
- **Alta:** sulcos com profundidade superior a 7,5 cm.



Figura 15: Corrugações Fonte: (Skorseth e Selim, 2000)

2.5.1.4. Excesso de poeira

Segundo DOT (1990), as nuvens de poeira surgem do material fino liberto da superfície da estrada sob as rodas dos veículos em movimento e a turbulência causada pelos veículos. As partículas do tamanho de lodo (2 - 75 μm) são os elementos predominantes na poeira e a quantidade de poeira gerada por um veículo é uma função de sua forma aerodinâmica, velocidade de deslocamento e propriedades do material de superfície.

A poeira também é um grande problema em estradas de terra e cascalho e afecta adversamente outros usuários da estrada, pedestres, casas e lojas próximas, bem como plantações perto da estrada. Assim, a poeira pode apresentar consequências sociais (limpeza), saúde (riscos respiratórios e oculares) significativas e onerosas, ambientais: danos às culturas e ao habitat natural, e económicas, danos aos veículos e equipamentos, segurança de pedestres e veículos (MOWTC, 2016).

De acordo com Fontenele (2001:11) citando ODA (1995), a acção do tráfego em estradas não pavimentadas de solos com baixo teor de humidade faz com que as partículas mais finas deste solo se soltem da superfície, formando nuvens de poeira que representam perigos para os veículos e ao meio ambiente. Classifica a qualidade da estrada de acordo com os seguintes níveis de severidade:

- **Baixa:** nuvem pouco densa, não obstrui a visibilidade;



Figura 16: Severidade Baixa Fonte: (Oda, 1995)

- **Média:** nuvem moderadamente densa, obstrui parcialmente a visibilidade e torna o tráfego lento.

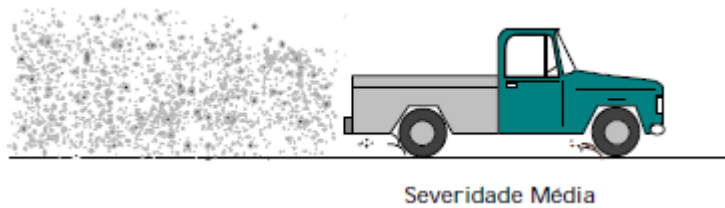


Figura 17: Severidade Média Fonte: (Oda, 1995)

- **Alta:** nuvem muito densa, obstrui severamente a visibilidade e torna o tráfego muito lento ou parado.

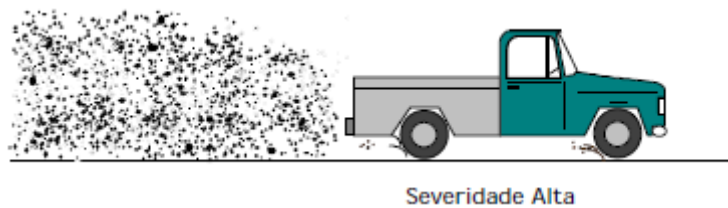


Figura 18: Severidade Alta Fonte: (Oda, 1995)



Figura 19: Excesso de poeira e Culturas afectadas pela poeira Fonte: (MWTC, 2016)

2.5.1.5. Buracos

De acordo com Baesso e Gonçalves (2003:84), varias são as causas da formação de buracos na superfície de rolamento das estradas, entre eles: inexistência de camada de revestimento primário ou deficiências quanto à composição de sua mistura; ausência de partículas aglutinantes na composição dos materiais da superfície ou camada; plataforma da estrada mal drenada e sem abaulamento transversal

Segundo Eaton et al. (1987), os buracos são depressões em forma de bacia na superfície de estrada, normalmente têm menos que 1 metro de diâmetro. Os buracos são produzidos quando o tráfego desgasta pequenos pedaços da superfície da estrada.

De acordo com Fontenele (2001:12), buracos são depressões em forma de bacia na superfície da estrada aumentam de tamanho rapidamente devido as intempéries e o tráfego. Os buracos surgem devido à deficiência de drenagem, provavelmente ocasionada pela falta de abaulamento transversal.



Figura 20: buracos Fonte: (Skorseth e Selim, 2000)

De acordo com ODA (1995:62), afirma que os níveis de severidade de buracos com diâmetro menor que 1 metro são baseados no diâmetro e na profundidade conforme ilustra a tabela abaixo:

Diâmetro Médio (m)	Profundidade Máxima (cm)			
	< 5	5 - 15	15 – 25	> 25
< 1,50	BAIXO	MÉDIO	MÉDIO	ALTO
1,50 – 2,50	BAIXO	MÉDIO	ALTO	ALTO
2,50 – 3,50	BAIXO	MÉDIO	ALTO	ALTO
> 3,50	BAIXO	MÉDIO	ALTO	ALTO

Tabela 3: Níveis de severidade para buracos Fonte: (Fontenele, 2001)

2.5.1.6. Afundamento de trilhas de rodas

Um afundamento de trilhas de rodas é uma depressão na superfície do pneu (caminho da roda). O afundamento é causado por uma deformação permanente em qualquer camada da estrada ou subleito, resultando de cargas repetidas de tráfego, especialmente quando a capacidade de suporte é baixa e em períodos de chuva (ODA, 1995).

Segundo Zoccal e Silva (2016:35), as trilhas de rodas surgem com a passagem persistente de pneus de veículos pesados, principalmente em época de chuva, pela mesma região da pista, diminuindo a capacidade de suporte do solo em todo o corpo do aterro.

De acordo com Baesso e Gonçalves (2003:85), comentam que trilha (caminho) de roda caracteriza-se por depressões que formam nas faixas de tráfego dos veículos, longitudinalmente ao longo da estrada. São originadas pela deformação permanente do subleito ou camada de revestimento, resultantes das repetidas passadas dos veículos, particularmente quando os materiais que os constituem possuem baixa capacidade de suporte ou quando a drenagem da plataforma é deficiente. Se não atacadas imediatamente após seu aparecimento podem até tornar a estrada intransitável.

De acordo com Fontenele (2001), afundamento de trilhas de rodas é uma depressão na superfície da estrada na trilha dos pneus do veículo. Este problema ocorre devido às cargas repetidas do tráfego em épocas de chuva, onde o solo fica com sua resistência diminuída pela saturação. Classifica a qualidade da estrada de acordo com os seguintes níveis de severidade:

- **Baixa:** trilhas com profundidade menor que 5cm;
- **Média:** trilhas com profundidade entre 5 e 10 cm;
- **Alta:** trilhas com profundidade maior que 10 cm.

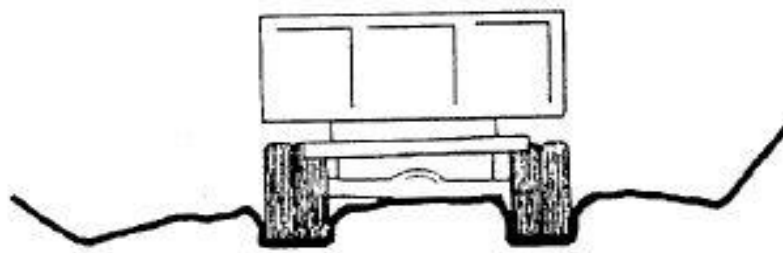


Figura 21: Afundamento de Trilhas de rodas Fonte: (Santos et al., 1988)

2.5.1.7. Perda/Segregação de agregados

A segregação de agregados ocorre em trechos de solo muito argiloso, com rampas acentuadas, em que foi acrescentado material granular sem compactação adequada. A acção abrasiva do tráfego solta as partículas granulares da superfície de rolamento e, com a passagem dos veículos, os agregados são jogados para fora das trilhas das rodas, formando bermas nas laterais e no centro, entre as trilhas (ODA, 1995).

Segundo Baesso e Gonçalves (2003:86), salientam que a intensa passagem dos veículos sobre a superfície de rolamento das estradas rurais provoca em muitos casos a segregação da fracção grossa de agregados, processos este que leva à formação de camadas delgadas de agregados que se posicionam junto às trilhas de roda ou mais frequentemente nas áreas próximas aa bermas da pista áreas não transitáveis).

De acordo com Zoccal e Silva (2016:36), a acção abrasiva do tráfego faz com que se soltem os agregados maiores, formando-se bermas nas laterais e no centro da estrada. Essa segregação de agregados decorre do tipo de material utilizado no revestimento da estrada, bem como da forma da sua aplicação, podendo ser agravado pela forma de manutenção da via.

Segundo Fontenele (2001), a acção do trafego provoca o lançamento de material granular para as laterais ou centro da estrada formando bermas. A segregação ocorre devido à adição de material granular para aumentar o atrito entre os pneus e a superfície de áreas argilosas, sem a adequada compactação. Devido à má compactação o material acaba desagregando e ficando solto, com a pesagem continua dos veículos e os agregados são jogados para fora do caminho das rodas. Eaton et al. (1987), classificam a qualidade da estrada de acordo com os seguintes níveis de severidade:

- **Baixa:** bermas menores que 0,05 m de altura;
- **Média:** bermas entre 0,05 m e 0,10 m de altura;
- **Alta:** bermas maiores que 0,10 m de altura.

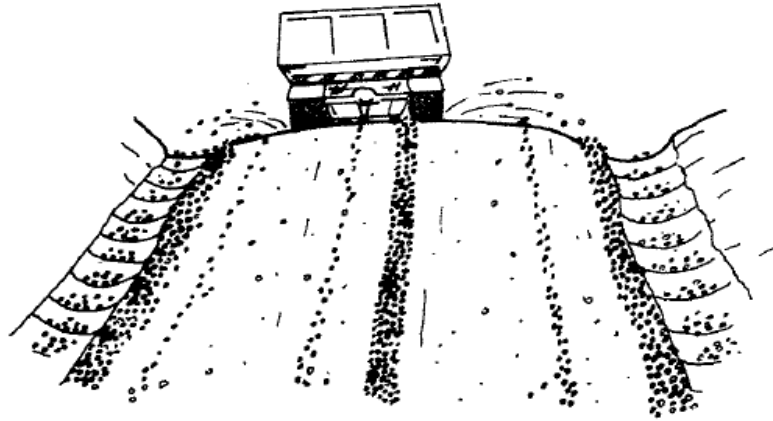


Figura 22: Segregação de agregados. Fonte: (Santos et al., 1988)

2.5.1.8. Erosões

Segundo MACHADO *et al.* (2014), as erosões são formadas em estradas com rampas acentuadas, de solo arenoso, sem declividade transversal adequada e com sistema de drenagem ineficiente. Em áreas com grandes precipitações o problema é mais grave, pois a água escoar através da superfície da estrada, formando sulcos que com a chuva vão aumentando, até formar grandes ravinas, geralmente em trechos com rampas superiores a 8%.

Santos et al. (1986), mostram também que a erosão representa um dos problemas mais sérios das estradas de terra, e sua causa está associada, basicamente à ausência de um sistema de drenagem.

Segundo Fontenele (2001), as erosões são sulcos formados pela ação da água encontradas em estradas com rampas acentuadas, sem declividade transversal adequada e drenagem insuficiente com a chuva, os sulcos formados vão aumentando até formar grandes ravinas.

Largura (m)	Profundidade Máxima (cm)		
	< 15	15 - 30	> 30
< 0,50	BAIXO	MÉDIO	ALTO
0,50 – 1,50	BAIXO	MÉDIO	ALTO
> 1,5	MÉDIO	ALTO	

Tabela 4: Níveis de severidade para erosões Fonte: (Fontenele, 2001)



Figura 23: Erosão Transversal e Longitudinal Fonte: (Skorseth e Selim, 2000)

2.6. MANUTENÇÃO DAS ESTRADAS NÃO-PAVIMENTADAS

Todas as estradas concebidas e construídas necessitam de manutenção para manter suas condições de transitabilidade operacionais, pois sofrem constante deterioração devido ao tráfego assim como a factores ambientais. Se pequenos defeitos forem reparados prontamente, a vida útil da estrada será prolongada e o investimento será protegido. Se as estradas não forem mantidas em boas condições de transitabilidade, elas irão se deteriorar rapidamente e será caro reabilitá-las.

Segundo DNEP (1998), a importância da manutenção de estradas em Moçambique tem em vista preservar o valor da construção ou reabilitação da estrada através da prorrogação da vida útil e adiar uma reconstrução completa.

Em muitos municípios, devido à falta de recursos, as estradas não-pavimentadas acabam servindo de acesso para o escoamento da produção agropecuária. Com isso, as solicitações de tráfego são maiores, o que acaba aumentando a deterioração da superfície dessas estradas e a necessidade de manutenção. Assim, para evitar custos onerosos ao Estado é necessário que a manutenção seja feita em tempo útil, assegurando desta forma, que a estrada continue oferecendo boas condições de circulação.

A reabilitação duma estrada de terra em Moçambique custa entre 50.000.000,00 e 140.000.000,00 MT por quilómetro, enquanto a manutenção custa cerca de 2.000.000,00 e 6.000.000,00 MT por quilómetro ano (JOSE, 2014).

Segundo SANTOS *et al.* (1988), as principais atividades manutenção que devem ser realizadas são: revestimento primário; agulhamento e mistura areia e argila.

2.6.1. Revestimento Primário

O Revestimento Primário constitui-se em uma camada colocada sobre o subleito, obtida pela compactação de uma mistura de material argiloso com material granular. A espessura dessa camada deve levar em conta o volume e tipo de tráfego do local e as condições de suporte do subleito variando, geralmente, entre 10 e 20 cm. Na mistura, o objetivo da adição de argila ao material granular é o de atuar como ligante e regularizar a superfície final de rolamento, enquanto que o objetivo do uso do material granular é aumentar o atrito da pista com as rodas dos veículos. Para a mistura ficar homogênea são necessárias as seguintes etapas: secagem e destorroamento da argila; cálculo das proporções em volume (geralmente 1 de argila: 2,5 de areia) e, mistura com grade de disco, motoniveladora, pá carregadeira.

2.6.2. Agulhamento

O Agulhamento consiste na operação de cravação, por compactação, de material granular diretamente no subleito, se este for argiloso, ou sobre uma camada argilosa colocada sobre o subleito. Os materiais granulares mais indicados para o agulhamento são os pedregulhos limpos, cascalhos e piçarras resistentes, com dimensão superior a 2,5 cm. Para execução do agulhamento devem ser executadas as seguintes etapas: regularização da pista; escarificação do subleito ou lançamento da camada de argila; lançamento e espalhamento do material granular; revolvimento conjunto dos materiais; umedecimento ou secagem (se necessário) e compactação.

2.6.3. Mistura de Areia e Argila

Esta mistura é utilizada quando o subleito é arenoso, ocorrendo o problema de "areião". A adição de argila propicia a formação de uma camada de boa qualidade como pista de rolamento, tornando coesivo o material que já apresenta boas condições de suporte. A mistura deve ser feita de modo que o volume de areia e argila esteja na relação 1:2,5 (argila-areia). As etapas de execução da mistura areia e argila são: regularização da pista; lançamento e espalhamento de argila seca e destorroada; mistura com grade disco; humedecimento e compactação.

2.6.4. Classificação de manutenção de estradas

De forma a garantir a manutenção de estradas e assegurar o nível de circulação de veículos por categorias é importante conhecer a classificação destas estradas.

De acordo com MAI (2005:6) para efeitos de gestão de manutenção, a forma mais usual de classificar as actividades de manutenção em termos de sua frequência, podendo distinguir-se quatro categorias:

- a) **Manutenção de rotina** – é aquela que deve ser realizada regularmente, a sua frequência não depende da natureza da estrada ou do volume de tráfego, embora possa ser dependente de condições climáticas e meteorológicas. Como exemplos de actividades de manutenção de rotina podem indicar-se: o corte de vegetação, a limpeza dos órgãos de drenagem, a regularização de valas, a reparação de elementos de controlo de erosão, a manutenção de aquedutos, a manutenção de sinalização e de outros equipamentos da estrada.
- b) **Manutenção recorrente** – é efetuada em intervalos de tempo durante o ano, com uma frequência que depende do volume de tráfego que utiliza a estrada. Esta é tratada como actividade de custo variável, pois a frequência é dependente das características e do tráfego de cada estrada. As actividades de manutenção recorrentes em estradas com pavimentos não revestidos incluem reparação de covas e sulcos, reperfilamento e regularização.
- c) **Manutenção periódica** – é efetuada apenas com intervalos de vários anos. Esta é tratada como uma actividade de custo variável e, geralmente, exige equipamentos de maior dimensão e mão de obra mais qualificada. A manutenção periódica em pavimentos não revestidos inclui recarga de material granular.
- d) **Manutenção urgente** – é necessária para lidar com emergências e problemas que exigem acção imediata quando uma estrada está intransitável. Pode envolver a remoção de detritos e outros obstáculos, a colocação de sinais de alerta e a execução de obras de desvio.

A aplicação da manutenção periódica tem em vista reduzir a taxa de deterioração e prolongar a vida da rodovia, bem como reduzir os gastos dos usuários através de uma boa superfície de rolamento.

2.7. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS

O método desenvolvido por EATON et al. (1987), consiste em um método de classificação das estradas não pavimentadas a partir do cálculo do índice das condições da superfície de rolamento (URCI), esse índice é obtido mediante o cálculo do valor de dedução, que varia com os níveis de severidade dos defeitos. Os níveis de severidade são classificados de acordo com as dimensões do defeito em relação a área do trecho analisado.

Um método de classificação objectiva e subjectiva e um manual de campo para a avaliação das condições da superfície e da drenagem de uma rede de estradas não pavimentadas foram desenvolvidos por EATON et al. (1987a), com o objectivo de auxiliar os municípios e órgãos rodoviários na manutenção de suas estradas não pavimentadas. O método Unsurfaced Road Condition Index (URCI), que corresponde ao PCI (Pavement Condition Index) do Sistema PAVER (Sistema de Gerência de Manutenção de Pavimentos). O URCI é um indicador numérico que varia numa escala de 0 a 100, baseado no cálculo dos valores-dedução, também apresentados em uma escala de valores de 0 a 100, onde o valor zero indica que um defeito em particular não tem impacto nas condições da estrada e o valor 100 indica um defeito extremamente comprometedor para o colapso da via.

A Tabela abaixo apresenta, de forma resumida, os tipos e defeitos considerados e a forma de medição.

Designação dos defeitos	Critério de medição
Seção transversal inadequada	Metro linear
Drenagem lateral inadequada	Metro linear
Ondulações/ Corrugações	Área
Perda/Segregação de agregados	Metro linear
Buracos	Número
Poeira	Altura e densidade da nuvem
Afundamento de Trilhas de roda	Área

Tabela 5: Tipos de defeitos e critério de medição Fonte: (Eaton et al 1987)

De acordo com ODA (1995) refere que uma avaliação das condições da superfície de rolamento das estradas não pavimentadas pode ser feita através da observação e do levantamento de seus defeitos no campo. Os defeitos causam irregularidades, provocando desconforto, e dependendo do nível de severidade, podem levar sérios riscos à segurança dos usuários, além de interferir na velocidade de operação e no custo operacional dos veículos

Segundo Hass et al. (1994), sustentam que em dados colectados a respeito dos defeitos existentes nos trechos da estrada a ser analisada, ou seja, os seus tipos, severidade e densidade. Para o levantamento dos defeitos na estrada, é necessário que os tipos a serem considerados sejam seleccionados e as definições de aparência sejam cuidadosamente estabelecidas. As definições devem estar escritas e acompanhadas por fotografias ou figuras que ajudem na sua identificação, incluindo critérios para avaliar o grau de severidade e medir a sua extensão.

A avaliação de estradas não pavimentadas pelo método descrito por Eaton et al (1987a) é baseada em dois tipos de inspecção. Um deles é a rápida vistoria subjectiva da estrada; o outro refere-se à medida detalhada dos defeitos em unidades amostrais representativas do trecho avaliado. A avaliação subjectiva consiste em percorrer a estrada a uma velocidade aproximadamente constante, em torno de 40 km/h, e verificar de dentro do veículo as condições da superfície e de drenagem. Após este primeiro contacto, são seleccionadas as unidades amostrais da estrada, com áreas variando de 150 m² a 350 m², nas quais serão medidos e quantificados os defeitos existentes, levando em consideração o seu nível de severidade, considerado as graduações Baixas, Médias e Altas, enquadrando-se, pois, em critério de avaliação objectiva.

Após a colecta de todos os dados obtidos, a densidade dos defeitos é calculada em função das suas incidências na área analisada, ou seja, pela razão entre a quantidade do defeito e a área da unidade da amostra. Com o valor da densidade, acha-se o valor dedução correspondente, a partir de curvas de níveis de severidade existentes para cada tipo de defeito. Após o cálculo, todos os valores-dedução individuais da unidade da amostra são somados, originando o valor-dedução total (TDV). A partir do gráfico com curvas de correcção para cada quantidade de defeitos com valor-dedução maior ou igual a 5 pontos na unidade da amostra, encontra-se o URCI. Através deste índice, as estradas não pavimentadas são classificadas com base em uma escala de valores que estão relacionados na Tabela 6.

URCI	Classificação
100 – 86	Excelente
85 – 71	Muito boa
70 – 56	Boa
55 – 41	Regular
25 – 11	Muito ruim
40 – 26	Ruim
10 – 0	Péssima

Tabela 6: Escala de classificação de estradas não pavimentadas - URCI Fonte: (Eaton et al 1987)

Este método fornece de forma simples e prática a classificação da condição das estradas não pavimentadas sem necessitar da utilização de instrumentos complexos, como qualquer outro método aqui apresentado, sofre com algumas limitações, principalmente provenientes da diferença de condições do país em que ele foi desenvolvido. A principal delas é com relação aos defeitos considerados no método que diferem daqueles encontrados na nossa região, pois o tipo de solo, relevo, clima e trafego influenciam muito na formação de defeitos.

CAPÍTULO III – METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

3.1. ASPECTOS METODOLÓGICOS

3.1.1. Enquadramento

Este trabalho de investigação foi desenvolvido no âmbito da problemática de patologias presentes nas estradas não pavimentadas moçambicanas, precisamente na estrada não pavimentada que parte da EN1 à Pedreira Pica Pedra.

3.1.2. Tipo de Investigação

Por forma a alcançar os objectivos do trabalho irá conduzir se uma investigação do tipo descritivo, exploratório no âmbito do paradigma fenomenológico, procurando identificar as principais patologias que ocorrem em estradas de terra, analisando a causa e efeito do problema.

Foram feitas observações e estudos de modo a perceber quais são os fenómenos que têm ocorrido na estrada, descrevendo e avaliando as causas e os efeitos para cada tipo de problema identificado e será com a ajuda da bibliografia disponível e experiencia de outros autores.

A investigação no âmbito do paradigma fenomenológico trata de colecta, tratamento e análise de dados qualitativos, para uma avaliação completa desse tipo de estradas, serão imprescindíveis conhecimentos básicos acerca dos materiais constituintes no leito da via, juntamente com noções de drenagem e terraplanagem para se ter uma objectiva análise crítica, incluindo os estudos laboratoriais que podem não ser realizados devido ao custo que poderia inviabilizar a pesquisa.

3.1.3. Colecta de Dados

O trabalho foi efectuado tendo em conta a visita prévia ao campo onde uma série de informação foi recolhida para suportar a pesquisa. Como critério de inclusão e exclusão foi feita a colecta de defeitos da estrada em estudo nomeadamente: as patologias mais encontradas; secção transversal inadequada, drenagem inadequada, ondulações/corrugações, segregação de agregados, buracos, poeira e erosões, foram também recolhidas as informações sobre o clima, precipitação.

3.1.4. Análise de Dados

A análise dos dados foi feita tendo em consideração os conteúdos que seriam apresentados no presente trabalho. Organizando-se de acordo com o objectivo que se pretendia alcançar com o trabalho.

3.1.5. Processo de validação de dados

A validação de dados será feita com base na proposta das medidas de mitigação/reparação realizadas para o trabalho, garantindo o melhor desempenho e durabilidade da estrada ao se submeter a condições climáticas. Entretanto, para uma análise mais superficial das patologias presentes e as respectivas medidas de mitigação parece ser mais aceitável e suficiente para garantir a elucidação do estudo proposto.

3.1.6. Procedimento Administrativo

Como procedimento administrativo todas as deslocações para a obtenção de dados foram custeadas pelo candidato.

CAPÍTULO IV – APRESENTAÇÃO, LEITURA E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS RECOLHIDOS

No presente capítulo pretende-se apresentar imagens da estrada do trecho percorrido referente a lista dos defeitos típicos que ocorrem em estradas de terra nomeadamente: (secção transversal inadequada, drenagem lateral inadequada, ondulações/corrugações, segregação de agregados, buracos, poeira e erosões).

Em Moçambique muitas estradas apresentam degradações visíveis devido a falta de manutenção, reduzindo assim a segurança e conforto para os utentes da via. Deste modo, no presente capítulo o autor irá apresentar a sua contribuição de modo a mitigar o problema.

4.1. ESTUDO DE CASO: PROPOSTA DE REPARAÇÃO E MITIGAÇÃO DA ESTRADA NÃO PAVIMENTADA QUE PARTE DA EN1 À PEDREIRA PICA PEDRA

4.1.1. Localização da estrada

O trecho da estrada em estudo localiza-se na província de Inhambane, concretamente no distrito de Vilanculos, na localidade de Chiviho. A estrada dá acesso a Pedreira Pica Pedra que dista 7km da EN1, com uma extensão de 7km percorridos pelo autor.



Figura 24: Localização do trecho em estudo. Fonte: Google Earth (adaptado pelo autor)

4.1.2. Clima

Em Moçambique, concretamente na província Inhambane, o clima predominante é tropical húmido e subtropical seco, no entanto, o troço em estudo atravessa uma região com uma grande percentagem de clima tropical seco. Este é caracterizado por ter duas estações do ano nomeadamente: a estação das chuvas e a estação seca. Entre Outubro e Abril temos estação das chuvas e a estação seca (fresca e seca) é a mais prolongada vai de Abril à Setembro, superando deste modo a quente e chuvosa. As temperaturas médias anuais variam entre 24°C e 26°C, a precipitação varia entre 1000 mm e 2000 mm. A estação chuvosa quente é mais longa que a estação seca.

De acordo com Jóia (2015) citando MINED (1985), um dos factores que afecta o desempenho de um pavimento é a duração de um determinado tipo de clima. Tal como já foi referido anteriormente a maior parte do território moçambicano localiza-se na zona intertropical, o que lhe confere um clima do tipo tropical com quatro variações: tropical húmido, tropical seco, tropical semiárido e climas modificados pela altitude.

4.2. Geometria

O troço da estrada em estudo atravessa uma região com relevo levemente ondulado. Em grande parte da extensão da estrada a faixa destinada à implantação da rodovia é confinada por vegetação, sem ter, uma largura de faixa de domínio definida, o que dificulta a implantação de dispositivos de drenagem.

As Figuras abaixo demonstram a proximidade da vegetação em relação as laterais da pista de rolamento, sem, portanto, apresentar faixa de domínio definida.



Figura 25: Presença de vegetação nas laterais da estrada. Fonte: (Autor, 2020)

4.3. Condições de Tráfego

A estrada em estudo é não revestida. A estrada facilita o escoamento da produção agrícola (milho, feijão, tomate, mandioca, batata doce, hortaliças), florestal (carvão vegetal) e facilita o transporte de agregados graúdos por se situar numa zona onde há uma pedreira. A estrada tem um tráfego abaixo da média, sendo esta, uma das razões que permitem o surgimento de defeitos como secção transversal inadequada, drenagem lateral ineficiente, afundamento de trilha nas rodas.

4.4. Condições de Conservação da Estrada

De salientar que o defeito “Poeira” não foi levado em consideração, tendo em vista que o período de realização do levantamento coincidiu com a época chuvosa, não havendo, portanto, poeira na via.

Não há dispositivos de sinalização na estrada estudada.



Figura 26: Condições de transitabilidade da estrada. Fonte: (Autor, 2020)

Conforme visto, o trecho da estrada em estudo é uma estrada de terra, cuja plataforma, não tem uma largura de faixa de domínio definida. A sua plataforma é constituída de revestimento de tipo terra natural com espessura variável.

Ao longo do trecho em estudo, não foi encontrado o defeito de perda de agregados, entretanto, certos trechos da estrada apresentam-se com secções transversais impróprias com declividade insuficiente para o escoamento das águas superficiais e por falta de abaulamento da plataforma como ilustrado nas figuras abaixo.



Figura 27: Secção da estrada. Fonte: (Autor, 2020)

CAPÍTULO V - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Nesse capítulo são apresentados os resultados obtidos no estudo de caso, que se analisou e se avaliou as condições de transitabilidade ao longo do trecho de uma estrada não pavimentada no distrito de Vilanculos, na localidade de Chiviho visando a descrição e explicação das principais intervenções que devem ser realizadas.

O candidato efectuou visita na estrada em estudo devido a sua localização e proximidade com a EN1. Por forma a complementar cada vez mais este trabalho e inteirar-se melhor dos defeitos que ocorrem em estradas não pavimentadas, procedeu o levantamento de campo dos tipos de defeitos mais frequentes da estrada em estudo. Entretanto, será desenvolvida uma folha de “Definição de Defeitos” por forma a fornecer uma definição e descrição uniformes de defeitos, relativa às estradas de terra. Far-se-á uma tabela para cada defeito, que contém os seguintes elementos:

Tipos e Elementos da estrada: que foram retirados da lista de defeitos típicos que ocorrem em estradas não pavimentadas descritos no capítulo II;

Sua descrição: A descrição serve para dar maior informação possível sobre cada defeito por forma a facilitar a identificação dos mesmos no campo, bem como a distinção entre eles;

As Possíveis Causas: para ajudar a identificar a provável causa ou causas dos defeitos. Isto é importante porque cada causa poderá necessitar de uma intervenção específica para a sua reparação. Tal é o caso particular de pavimentos saturados que podem necessitar de um trabalho de drenagem ou de uma manutenção, para além do trabalho de reparação.

O Efeito (se negligenciado): descreve o que pode acontecer se um defeito não for reparado. Isto ajuda o *staff* a apreciar o potencial perigo da deterioração do pavimento.

Fotografia: uma imagem de cada defeito é providenciada para clarificar completamente o nome de cada defeito.

Tabela 7: Secção Transversal Inadequada

Tipo de Defeito: Secção Transversal Inadequada	
Tipo de estradas: Estradas não Pavimentadas	Elemento de Estrada: Faixa de Rodagem
Descrição: O material granular sem ligante é lançado e acumulado nas laterais da pista, valas no leito da estrada, por causa de superfície sem inclinação para as laterais da pista, fazendo com que as águas das chuvas escoem para dentro da estrada (falta de um sistema de drenagem), somada a uma compactação insuficiente ou errada. Este tipo de defeito pode variar de leve até muito grave.	
Possíveis Causas: - Manutenção de rotina irregular; - Passagem de veículos numa só faixa de rodagem;	
Efeito (se negligenciado): - Aparecimento de rodeiras em consequência de falta de abaulamento; - Deterioração da estrada em consequência da estagnação da água na superfície.	
Medidas de mitigação/reparação: - Executar actividade de manutenção de rotina (passagem de niveladora) para restaurar o abaulamento, que geralmente deve ir até 4%;	

Imagens do defeito:



Figura 28: Seção Transversal Inadequada Fonte: (Autor, 2020)

Tabela 8: Drenagem Lateral Inadequada

Tipo de Defeito: Drenagem lateral Inadequada	
Tipo de estradas: Estradas não Pavimentadas	Elemento de Estrada: Faixa de Rodagem
<p>Descrição:</p> <p>A manutenção de estrada rural requer maior atenção com surgimento das valetas em ambos os lados da estrada, as quais não permitirão a drenagem das águas das chuvas, aparecendo o empoçamento, que espalhado na plataforma da estrada, dificulta o tráfego pelo acúmulo de água e excesso de humidade.</p>	
<p>Possíveis Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ausência de manutenção de rotina; - Estrada sem abaulamento; 	
<p>Efeito (se negligenciado):</p>	

- Deterioração da estrada, devido a acção do tráfego;

- Estagnação da água na superfície da estrada;

Medidas de mitigação/reparação:

- Executar actividade de manutenção de rotina (passagem de niveladora) para restaurar o abaulamento até 4%;

- Fazer a secagem do material do local afectado, regularizar e compactar, caso a plataforma tenha sido severamente afectada pela poça das águas.

- Reconstruir os dispositivos de drenagem superficial (valetas ou sarjetas);

Imagem do defeito:



Figura 29: Drenagem Lateral Inadequada Fonte: (Autor, 2020)

Tabela 9: Corrugações/Trepidações

Tipo de Defeito: Corrugações/Trepidações	
Tipo de estradas: Estradas não Pavimentadas	Elemento de Estrada: Faixa de Rodagem

Descrição:

Uma série de cristas e valas com espaçamentos próximos e com aparência da banca de um “lavador de roupa”. As corrugações/trepidações sempre ocorrem com ondulações perpendiculares ao sentido da via e mais acentuadas nos trilhos das rodas, embora elas por vezes cubram toda a secção da superfície do pavimento.

Possíveis Causas:

- Espessura estrutural do pavimento insuficiente (resistência do pavimento)
- Qualidade inadequada do material da base para as condições climáticas e de tráfego existentes. Muito comum em zonas secas (áridas).

Efeito (se negligenciado):

- Os veículos ressaltam quando passam pelas corrugações/trepidações criando desconforto aos usuários que trafegam pela via;
- Os veículos deslizam para os lados e o condutor precisará de segurar o volante com firmeza;
- Rugosidade excessiva e baixa estabilidade direccional do veículo.

Medidas de mitigação/reparação:

- Executar actividade de manutenção de rotina (passagem de niveladora)
- Em condições de clima seco o operador da niveladora deve simplesmente regularizar a pista.

Imagem do defeito:



Figura 30: Corrugações/trepidações Fonte: (Autor, 2020)

Tabela 10: Segregação de Agregados

Tipo de Defeito: Segregação de Agregados	
Tipo de estradas: Estradas não Pavimentadas	Elemento de Estrada: Faixa de Rodagem
Descrição: Material granular amontoado em cordões (leiras) no eixo da estrada junto aos trilhos das rodas, ou ao longo das bermas da estrada, paralelas à direcção do tráfego. A acção do tráfego também segrega o material grosso das partículas finas, onde as partículas soltas são retiradas dos trilhos das rodas para formar cordões (leiras) paralelos à direcção do tráfego na faixa menos movimentada.	
Possíveis Causas: - Compactação inadequada durante a construção ou durante a recarga da base; - Segregação entre o agregado grosso e as partículas finas devido à acção do tráfego.	

Efeito (se negligenciado):

- A estrada pode ser eventualmente fechada ao trânsito;
- O amolecimento da superfície pode tornar a estrada intransitável ao tráfego.

Medidas de mitigação/reparação:

- Escarificar a camada final na pista de rolamento;
- Regularizar a superfície da pista de rolamento escarificada, envolvendo a passagem da niveladora

Imagem do defeito:



Figura 31: Perda/Segregação de Agregados Fonte: (Autor, 2020)

Tabela 11: Buracos

Tipo de Defeito: Buracos	
Tipo de estradas: Estrada não Pavimentada	Elemento de Estrada: Faixa de Rodagem

Descrição:

Depressões com o formato de bacia/tigela na superfície do pavimento que podem ter um formato oval ou irregular.

Possíveis Causas:

- Estagnação de água;
- Enfraquecimento excessivo de camada devido à humidade e/ou acção do tráfego;
- Deficiência do revestimento primário;

Efeito (se negligenciado):

- Plataforma da estrada mal drenada e sem abaulamento transversal;
- Se não forem reparados, os danos podem expandir-se rapidamente;
- Criam uma baixa qualidade de condução aos motoristas, desconforto aos usuários da estrada e podem reduzir a velocidade do tráfego;
- Reduzem a vida útil dos veículos e se forem grandes, podem danificar os veículos;
- Podem aumentar o risco de acidentes.

Medidas de mitigação/reparação:

Havendo poucos buracos, pode-se proceder da seguinte forma:

- Rectificar, limpar e humedecer as cavidades, para em seguida, preenche-las compactando em camadas com o mesmo material usado para o revestimento primário;

Havendo excessivo número de buracos, proceder da seguinte forma:

- Executar um sistema de drenagem adequado;
- Aplicar um revestimento primário;

- Executar o abaulamento da pista de rolamento após a execução do revestimento primário;

Imagem do defeito:



Figura 32: Buracos Fonte: (Autor, 2020)

Tabela 12: Poeira

Tipo de Defeito: Excesso de Poeira	
Tipo de estradas: Estrada não Pavimentada	Elemento de Estrada: Faixa de Rodagem
Descrição: Perda da fracção fina de partículas da camada de base ou revestimento. A acção abrasiva do tráfego em estradas não-pavimentadas eventualmente faz com que as maiores partículas de solos aglutinantes se soltem da superfície de rolamento. Com a passagem de tráfego, formam-se nuvens de poeira que constituem um perigo para os veículos.	

Possíveis Causas:

- Excesso de material fino sobre a pista de rolamento que sobe em forma de nuvens, com a sucessiva passagem de pneus dos veículos;
- Abaulamento insuficiente;

Efeito (se negligenciado):

- Diminui a visibilidade dos automobilistas, aumentando a probabilidade de ocorrência de acidentes;
- Cria problemas de saúde às pessoas que vivem nas proximidades das estradas e causa danos às culturas;

Medidas de mitigação/reparação:

- Escarificar a camada de desgaste, regularizar e compactar convenientemente;
- Executar um revestimento primário com material ligante (argila).

Imagem do defeito:

Figura 33: Excesso de Poeira Fonte: (Autor, 2020)

Tabela 13: Afundamento de Trilhas de Rodas

Tipo de Defeito: Afundamento de Trilhas de Rodas	
Tipo de estradas: Estrada não Pavimentada	Elemento de Estrada: Faixa de Rodagem
Descrição: Depressões longitudinais que se formam na superfície de rodagem.	
Possíveis Causas: - Baixa capacidade de suporte do subleito; - Drenagem da plataforma deficiente;	
Efeito (se negligenciado): - Abre crateras longitudinais, tornando a estrada intransitável;	
Medidas de mitigação/reparação: - Regularizar a plataforma com uso da niveladora; - Executar um sistema de drenagem, fazer a recomposição do solo, seguida da compactação;	

Imagem do defeito:



Figura 34: Afundamento de Trilhas de Rodas Fonte: (Autor, 2020)

Tabela 14: Erosões

Tipo de Defeito: Erosões	
Tipo de estradas: Estrada não Pavimentada	Elemento de Estrada: Faixa de Rodagem
Descrição: São depressões longitudinais ou transversais na superfície de estrada que normalmente ocorrem ao longo da faixa de rodagem e nos lados de uma estrada.	
Possíveis Causas: <ul style="list-style-type: none"> - Águas pluviais que correm longitudinalmente ou transversalmente ao longo da faixa de rodagem e nos lados de uma estrada; - Falta de Abaulamento; - Fraca drenagem transversal ou inclinação acentuada da estrada; 	

Efeito (se negligenciado):

- Estagnação de água nos sulcos erosivos, o que pode levar ao amolecimento do pavimento e à criação de uma estrada intransitável;
- Reduz a velocidade de circulação dos veículos;

Medidas de mitigação/reparação:

- Executar actividade de manutenção de rotina;
- Regularização da plataforma pela passagem niveladora para aumentar a vida útil da superfície de rolamento;

Imagem do defeito:

Figura 35: Erosões Fonte: (Autor, 2020)

CAPITULO VI - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. CONCLUSÕES

A presente pesquisa realizada pelo candidato no âmbito da ocorrência de defeitos em estradas de terra demonstrou de uma forma geral, ser possível caracterizar, avaliar e estruturar os defeitos típicos presentes na estrada, tendo em vista que, esta não recebe a devida atenção por parte das autoridades responsáveis pela manutenção. Com base na análise feita neste trabalho, pode-se concluir que:

- O estudo de caso, permitiu obter informação suficiente para caracterizar o estado da estrada em estudo e tipificar os defeitos de forma a apresentar as necessárias medidas de mitigação ou reparação;
- A estrada em estudo não tem abaulamento mínimo recomendado de 4%, aliado a falta de drenagem lateral, motivo porque esta cria poças de água e quase não escoar a água, e por consequência apresentando se com muita água na estrada durante a época chuvosa dificultando a transitabilidade de pessoas e veículos;
- Tem falta da sinalização vertical próximo dos cruzamentos que dão acesso a pedreira que possam chamar atenção aos automobilistas.
- A secção da estrada em estudo, na localidade de Chiviho, apesar de apresentar certos defeitos na faixa de rodagem e nas bermas, no geral mantém um perfil transversal em estado mau;
- Os defeitos de tipo secção transversal inadequada e drenagem lateral inadequada na superfície da estrada foram os mais constatados, cuja origem, provavelmente, poderá ser motivada pela falta de abaulamento transversal adequado da pista de rolamento e um bom sistema de drenagem que permite o escoamento das águas nos referidos locais e da passagem do tráfego de veículos, justificando assim, os resultados encontrados;
- O levantamento de campo foi feito no período chuvoso, facto que dificultou a obtenção das imagens dos defeitos, sendo desejável que seja continuado o levantamento noutra época do ano.

6.2. RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

No presente trabalho de pesquisa recomenda-se para os projectos futuros:

- Conformar a plataforma, passar alisadora e construir dispositivos de drenagem (valetas) de modo que estes possibilitem o escoamento das águas superficiais para as bacias de retenção ou drenos secundários.
- Respeitar a norma, sendo uma largura mínima de 6m e possuir um abaulamento transversal de 4% para ajudar na drenagem da plataforma.
- As patologias em pavimentos de terra podem ser minimizadas, com realização de manutenção rotineira ou periódica das vias, consistindo na recarrega com saibro, nas áreas que apresentam o defeito de tipo afundamento de trilha nas rodas;
- Sinalizar devidamente, todos os cruzamentos que fazem a interface com a estrada em estudo, de forma a evitar a ocorrência de acidentes causados por entradas e saídas de veículos no interior para as machambas;
- Que as autoridades devem elaborar programas de manutenção de acordo com as particularidades e suas disponibilidades de recursos, lembrando que o agravamento dos defeitos varia de acordo com as características da região, como: clima, tipo de solo, tráfego e manutenção regular frequente;
- Efectuar a manutenção planeada e oportuna que minimizará a deterioração das estradas e ajudará a prevenir trabalhos de reabilitação caros.
- Ampliar e proceder a execução de uma camada de revestimento primário para garantir melhores condições de transitabilidade em distintas épocas do ano.
- A rede de estradas não revestidas deve ser gerida e adequadamente financiadas de modo que as populações rurais tenham acesso ininterrupto aos mercados e serviços através da manutenção rotineira, com o objetivo de aumentar vida útil destas;
- Que a ANE, financie projectos de pesquisa promovidos pelos estudantes finalistas de Engenharia Civil provenientes das Universidades do País;

6.3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO (1993) *Guide for Design of Pavement Structures*. AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, DC.
- ANE (2016) *Condições de transitabilidade de rede de estradas classificadas*. (Relatório).
- BAESSO, D. P.; GONÇALVES, F. L. R. (2003) *Estradas rurais: Técnicas Adequadas de Manutenção*. Florianópolis, DER, 236p.
- CHALE, D. C. (2020) *Manual de Manutenção de Estradas Terraplenadas para Moçambique*. Dissertação de Mestrado. Universidade Jean Piaget de Moçambique.
- CRUZ, A. V. (2005) *Estradas vicinais: abordagem pedológica, geotécnica, geométrica e de serventia de dois trechos rodoviários não pavimentados no campos da UFV-MG*. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- DOT, (1990). “*The structural design, construction and maintenance of unpaved roads*”. Pretoria: Department of Transport (Draft TRH 20).
- DNIT (2005) *Manual de Conservação Rodoviária*. Publicação IPR – 710, DNER, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 564 p.
- DNEP (1998) *Manutenção de Estradas de Terra - PROGRAMA DE FORMAÇÃO DE CURSO DE SUPERVISORES DE MANUTECÃO* – Chimoio – Moçambique.
- EATON, R. A.; GERARD, S.; DATILLO, R. S., (1987) *Rating Unsurfaced Roads – A Field Manual for Measuring Maintenance Problems*. Special report. 87 – 15 U.S. Army Corps of engineers. Cold Regions Research & Engineering Laboratory.
- EATON, R. A.; GERARD, S.; DATTILO, R. S. (1987) *A Method for Rating Unsurfaced Roads*. *Transportation Research Record* 1106, TRB. pp. 34-43.
- FATORRI, B. J. (2007). *Manual Para Manutenção de Estradas com Revestimento primário*. Monografia, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.
- FERREIRA, F. M. (2004) *Uma Aplicação Comparativa de Métodos de Avaliação das Condições Superficiais de Estrada Não Pavimentada*. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- FONTENELE, H. B. (2001) *Estudo para Adaptação de um Método de Classificação de Estradas Não Pavimentadas às condições do Município de São Carlos/SP*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

- 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> Acedido em: [05/07/2020]
- GRIEBELER, N. P, (2002) *Modelo para o dimensionamento de redes de drenagem e de bacias de acumulação de água em estradas não pavimentadas*. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa.
- HAAS, R.; HUDSON, W. R.; ZANIESWSKI, J. (1994) *Modern Pavement Management*. Krieger Publishing Co. Malamar, Flórida.
- JÓIA, C. L. S. (2016) *Dimensionamento da Espessura do Revestimento de Estradas de Terra – Pavimento Rodoviário de Baixo Custo*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil: Estruturas e Construção. Universidade da Beira Interior.
- JOSÉ, A. S. (2014) *Avaliação das Condições Superficiais em Estradas Não – Pavimentadas*, Caso de Vilankulo Madeira – Chibuene – Moçambique
- MACHADO, C. C.; LIMA, D. C.; CARVALHO, C. A. B. *Pavimentação*. In: MACHADO, C. C. *Construção e conservação de estradas rurais e florestais*. Viçosa: O Editor, 2013, p. 83-258.
- MAI (2005) *Maintenance Manual for Low Cost Rural Roads In Romania*. Ministry of Administration and Interior, Roménia.
- MWTC (2016) *Low Volume Roads Manual*. Roads Department. Ministry of Works, Transport and Communications, Tanzania.
- NUNES, T.V.L, (2003) *Método de previsão de defeitos em estradas vicinais de terra com base no uso das redes neurais artificiais: trecho de Aquiraz – CE*. (Dissertação Mestrado em engenharia de Transportes). Universidade federal de Ceará.
- RODRIGUES, N. C. M. (2015) *Reforço de Estradas Não Pavimentadas*. Dissertação (Mestrado). Universidade de Coimbra.
- ODA, S. (1995) *Caracterização de uma Rede Municipal de Estradas Não-Pavimentadas*. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- OIT. (2015) *Construção de Estradas Pavimentadas de Baixo Volume de Tráfego*.
- SATCC (2003) *Guideline on Low-volume Sealed Roads*. Southern Africa Transport and Communications Commission.

- SANTOS A. R. PASTORE, E. L.; AUGUTO JR, F.; CUNHA, M. A. (1988) *Estradas Vicinais de Terra – Manual Técnico para Conservação e Recuperação*, 2ª Edição, São Paulo.
- SKORSETH, K. e SELIM, A. A (2000) *Gravel Roads Maintenance and Design Manual*. South Dakota Local Technical Assistance Program (LTAP) and the Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington, DC. <http://www.mnltap.umn.edu/publications/videos/gravelroadmaintenance/documents/manual.pdf> Acedido em: [10/11/2020].
- Zoccal, J. C. e SILVA, P. A. R. (2016). Soluções cadernos de estudos em conservação do solo e água. *Adequação das erosões em estradas rurais: causas, consequências e problemas na manutenção e conservação de estrada rural*. CODASP.