



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

ESCOLA SUPERIOR DE DESENVOLVIMENTO RURAL

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL

**Avaliação do Estado da Superfície da Estrada Nacional 240**

**Pambara – Vilankulo (EN240)**

ENGENHARIA RURAL

Élio Gueva Alfeu

VILANKULO-2014

Élio Gueva Alfeu

**Avaliação do Estado da Superfície da Estrada Nacional 240**

**Pambara – Vilankulo (EN240)**

Trabalho de pesquisa aplicada submetido a Escola Superior de Desenvolvimento Rural, no Departamento de Engenharia Rural para obtenção do grau de licenciatura em Engenharia Rural.

**Supervisor:** Prof. Dr, Eng, René Garcia Depestre

### **Declaração de honra**

Eu, **Élio Gueva Alfeu**, declaro por minha honra que este trabalho é da minha autoria e nunca foi apresentado em nenhuma outra Instituição de Ensino Académico. Todas obras de autores, utilizadas neste trabalho foram devidamente citadas e listadas na lista de referências bibliográficas.

Vilankulo, 2014

---

**(Élio Gueva Alfeu)**

## **Dedicatória**

Aos meus pais Filipe José Alfeu e Carolina Felisberto Mupatse, por todo o apoio e confiança depositada em mim durante toda esta etapa de preparação; e aos principais autores em minha formação acadêmica, profissional e pessoal. A meus familiares e amigos que sempre me ofereceram seu apoio e carinho.

## **Agradecimento**

Meu sincero agradecimento aos meus docentes, em especial ao Prof. Dr. Eng. René Garcia Depestre por ter me guiado no desenvolvimento deste trabalho. Além disso, meu eterno agradecimento a meus pais e tios pelo apoio incondicional na concretização deste sonho, e por último agradecer a minhas irmãs, companheiros e leais amigos que sempre estiveram ao meu lado; muito obrigado.

## Lista de abreviaturas e símbolos

AASHTO	American Association of State Highways and Transportation Officials
ANE	Administração Nacional de Estradas
ASTM	American Society for Testing and Materials
CDV	Valor Deduzido Corrigido
CFM	Caminhos-de-ferro de Moçambique
DV	Valor Deduzido
EN	Estrada Nacional
FHWA	Federal Highway Administration
HDV	Maior Valor Deduzido
INVIAS	Instituto Nacional de Vías
LAM	Linhas Aéreas de Moçambique
LCPC	Laboratório Central de Pontes et Chaussés
N <sup>o</sup> .	Número
PIB	Produto Interno Bruto
PCI	Índice de Condição do Pavimento/Pavement Condition Index
SDPI	Serviço Distrital de Planeamento e Infra-estruturas
Unid.	Unidade
V. M.	Vilankulo Madeira
fig.	Figura
max.	Máximo
A	Área da parcela;
N	Número de unidades das amostras;
e	Erro admissível na estimativa do PCI da secção
<i>i</i>	Intervalo de amostragem
m	Número máximo admissível dos valores deduzidos;
n	Número mínimo de unidades da amostra a avaliar;
q	Numero deduzido
$\sigma$	Desvio padrão do PCI entre as unidades

<b>Lista de tabelas</b>	<b>Páginas</b>
<b>Tabela 1.</b> Estradas pavimentadas em Moçambique.....	5
<b>Tabela 2.</b> Quadro de classificação de PCI.....	12
<b>Tabela 3.</b> Defeitos em pavimento asfaltado.....	13
<b>Tabela 4.</b> Classificação das estradas do Distrito de Vilankulo.....	15
<b>Tabela 5.</b> Relação largura - longitude de unidade de amostra.....	18
<b>Tabela 6.</b> Parcelas com respectivas áreas e unidades amostrais .....	19
<b>Tabela 7.</b> Resumo relativo ao comprimento, largura, área e unidades amostral das parcelas pertencentes aos 21km da EN240.....	22
<b>Tabela 8.</b> Resumo de defeito e severidade correspondente a parcela Pambara – Ponte .....	28
<b>Tabela 9.</b> Resumo do PCI da parcela Pambara – Ponte.....	29
<b>Tabela 10.</b> Resumo de defeito e severidade correspondente a parcela Ponte – Faiquete.....	31
<b>Tabela 11.</b> Resumo do PCI da parcela Ponte – Faiquete .....	31
<b>Tabela 12.</b> Resumo de defeito e severidade correspondente a parcela Faiquete – Vilankulo Madeira.....	33
<b>Tabela 13.</b> Resumo do PCI da parcela Faiquete – Vilankulo Madeira.....	33
<b>Tabela 14.</b> Resumo de defeito e severidade correspondente a parcela Vilankulo Madeira – Monumento.....	35
<b>Tabela 15.</b> Resumo do PCI da parcela Vilankulo Madeira – Monumento.....	35
<b>Tabela 16.</b> Resumo de defeito e severidade correspondente a parcela com sentido Monumento – Praça.....	37
<b>Tabela 17.</b> Resumo do PCI da parcela com sentido Monumento – Praça.....	37
<b>Tabela 18.</b> Resumo de defeito e severidade correspondente a parcela com sentido Praça – Monumento .....	39
<b>Tabela 19.</b> Resumo do PCI da parcela com sentido Praça – Monumento .....	39
<b>Tabela 20.</b> Resumo de Defeitos, Severidade correspondente a EN240 (Pambara - Vilankulo).....	40
<b>Tabela 21.</b> Resumo do PCI correspondente a EN240 (Pambara - Vilankulo).....	40

<b>Lista de figuras</b>	<b>Páginas</b>
<b>Figura 1.</b> Secção de um pavimento flexível.....	7
<b>Figura 2.</b> Secção de um pavimento simi-rígido.....	7
<b>Figura 3.</b> Secção de um pavimento rígido.....	7
<b>Figura 4.</b> Secção de um pavimento articulado .....	8
<b>Figura 5.</b> Exemplo de tabela e curva de um dos defeitos para determinação do valor deduzido.....	24
<b>Figura 6.</b> Exemplo de cálculo de PCI para pavimentos com superfície asfaltada.....	26
<b>Figura 7.</b> Elevação de pista .....	27
<b>Figura 8.</b> Rachadura de borda .....	27
<b>Figura 9.</b> Inchaço .....	27
<b>Figura 10.</b> Rachadura de borda .....	30
<b>Figura 11.</b> Elevação de berma.....	30
<b>Figura 12.</b> Exsudação .....	30
<b>Figura 13.</b> Rachadura de borda.....	32
<b>Figura 14.</b> Elevação de berma.....	32
<b>Figura 15.</b> Rachadura em bloco .....	32
<b>Figura 16.</b> Rachadura de borda .....	34
<b>Figura 17.</b> Elevação de berma.....	34
<b>Figura 18.</b> Inchaço .....	34
<b>Figura 19.</b> Rachadura de borda .....	36
<b>Figura 20.</b> Elevação de pista .....	36
<b>Figura 21.</b> Agregados polidos .....	36
<b>Figura 22.</b> Elevação de pista .....	38
<b>Figura 23.</b> Rachadura de borda .....	38
<b>Figura 24.</b> Rachadura em bloco .....	38

#### **Lista de anexo**

Formulário para avaliação de pavimentos asfaltados.....	I
---	---



## Glossário

**Bermas** – superfície da via pública não especialmente destinada ao trânsito de veículos e que ladeia a faixa de rodagem;

**Borda** – extremidade de uma superfície;

**Defeito** – alteração da ordem regular das partículas;

**Faixa de rodagem** – parte da via pública destinada ao trânsito de veículos;

**Parcela** – cada um dos elementos pertencentes a uma secção;

**Perfil** – desenho que representa o corte perpendicular dum objecto;

**Pista** – via pública destinada de acordo com a sinalização ao trânsito de peões, de animais ou de certa categoria de veículo;

**Plataforma** – parte das arestas internas das valetas laterais da estrada;

**Rodovia** – via destinada ao tráfego de veículos automóveis que se deslocam sobre rodas;

**Segmento** – porção de um todo;

**Trânsito** – movimentação e imobilização de veículos, pessoas, e animais nas vias de comunicação rodoviária;

**Veículo** – qualquer meio utilizado para o transporte de pessoas ou objectos de um lugar para o outro;

**Via** – sentido de comunicação terrestre destinada ao trânsito público;

## **Resumo**

O objectivo deste trabalho de licenciatura foi de avaliar o estado da superfície do pavimento da estrada nacional 240 (EN240), de pista simples e sentido duplo, com base na característica física do pavimento. O trabalho de campo foi desenvolvido num período de três dias correspondentes ao mês de Outubro do ano 2013, tendo iniciado no dia 9 e terminou no dia 11 de Outubro do mesmo ano. O método desenvolvido fundamentou-se na investigação do perfil e característica física da rodovia a partir da experiência prática e conhecimento de profissionais que actuam na área de estradas. O método proposto denomina-se índice da condição do pavimento (PCI), que tem a finalidade de reflectir a condição oculta da condição de segmentos rodoviários. Como resultado da aplicação do método proposto, tem-se o perfil das parcelas rodoviárias, através do qual é possível identificar aquelas parcelas que apresenta maior deficiência na condição de segurança de tráfego, e chegou-se a conclusão de que as parcelas mais críticas da EN240 são: Ponte – Faiquete; Faiquete – Vilankulo Madeira e Vilankulo Madeira – Monumento com 82,2 %; 85,9 % e 84,9 % do pavimento defeituoso respectivamente, apresenta 33,3 % dos defeitos de severidade média e 26,9 % de alta severidade.

## Índice

Dedicatória .....	i
Agradecimento .....	ii
Lista de abreviaturas e símbolos .....	iii
Lista de tabelas .....	iv
Lista de figuras .....	v
Lista de anexos .....	v
Glossário .....	vi
Resumo .....	vii
I. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. Problema de estudo .....	2
1.2. Justificativa.....	2
1.3. Objectivos.....	3
1.4. Hipóteses.....	3
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	5
2.1. Generalidades .....	5
2.2. Pavimento .....	6
2.3. Avaliação dos pavimentos .....	8
2.4. Inspeção visual.....	9
2.5. Avaliação da condição de um pavimento.....	10
2.6. Índice de Condição do Pavimento (PCI – Pavement Condition Index) .....	11
III. MATERIAL E MÉTODO.....	15
3.1. Descrição Da Área Em Estudo .....	15
3.2. Amostra da população.....	17
3.3. Colecta de dados .....	18
3.4. Análise e interpretação dos resultados.....	22
IV. RESULTADO E DISCUSSÃO .....	26
4.1. Resultados.....	26
4.2. Discussão dos resultados .....	37
V. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO.....	39
5.1. Conclusão .....	39
5.2. Recomendação .....	39
VI. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....	40
ANEXO.....	42

## **I. INTRODUÇÃO**

Actualmente os países tendem cada vez mais a intensificar o uso dos transportes rodoviários em suas actividades, e Moçambique não está excluído desta análise, visto que é um país extenso, cuja principal actividade económica é a agricultura. O transporte rodoviário é o principal modo de transporte terrestre, garantindo a mobilidade de passageiros e cargas, e constitui também o meio de acesso aos restantes modos de transporte. Por tanto as estradas são vias para transporte que suportam um dos principais esforços de investimento, constituindo um factor decisivo para o desenvolvimento económico do país (ANE, 2009).

O presente trabalho, relacionado a avaliação do estado superficial da estrada nacional 240 (EN240), mostra de forma detalhada a condição física do pavimento da EN240, visto que a EN240 é a via principal que dá acesso à vila do município de Vilankulo, por onde têm-se verificado elevados volumes de tráfego de viaturas com tonelagem diferente entrando e saindo pela mesma via.

Este trabalho está subdividido em cinco capítulos nomeadamente: introdução; revisão bibliográfica; material e método; resultado e discussão e por último a conclusão e recomendação, onde a cada um deles consta informação referente ao mesmo capítulo.

Na introdução consta o problema de estudo, justificativa, os objectivos e as hipóteses do tema em estudo.

Na revisão bibliográfica verifica-se de modo generalizado aspectos relacionados com a extensão e hierarquização das vias nacionais; definição do pavimento e aspectos relacionados com o mesmo; avaliação do pavimento; noção da inspeção visual; avaliação da condição de um pavimento e o índice de condição do pavimento (PCI).

No capítulo referente a material e método, consta a descrição da área em estudo; amostra da população por estudar; o método de colecta de dados e por último análise e interpretação dos resultados obtidos.

No resultado e discussão abordou-se de modo parcial e em seguida de modo geral aspectos relacionados aos tipos, severidade e extensão dos defeitos para cada parcela criada ao longo da EN240.

No último capítulo referente a conclusão e recomendação, constam aspectos relacionados aos objectivos traçados e opiniões capazes de conduzir à minimização ou estancamento do problema.

Por fim, a revisão bibliográfica onde constam as literaturas dos manuais usados como auxílio na elaboração do presente trabalho.

### **1.1.Problema de estudo**

As mudanças na composição das camadas, o aumento do volume de tráfego e o desenvolvimento das actividades locais alteram significativamente as condições de operação e de segurança das rodovias. Muitas das rodovias encontram-se hoje abaixo dos padrões desejáveis para acomodar as novas condições impostas pelo crescimento e pelas mudanças na circulação de veículos e pedestres, necessitando assim de uma avaliação superficial.

É necessário fazer a avaliação da característica superficial da estrada EN240, embora que para garantir uma boa circulação e aspecto físico superficial da estrada em um sistema de rodovias rurais de pista simples que possibilite um elevado volume de tráfego, é um grande desafio que tem demandado esforços de projectistas, operadores e pesquisadores empenhados na busca de um ambiente rodoviário mais seguro (NODARI, 2003).

MACUÁCUA (15 de Outubro de 2013, cp.) disse que Vilankulo é um distrito em via de desenvolvimento, e actualmente têm-se desenvolvido esforços tendentes a categoria de cidade. A Estrada Nacional (EN), “Pambara - Vilankulo” (EN240) é a via principal que liga a vila municipal de Vilankulo e a localidade de Pambara intercetando a EN1. A EN240 possibilita a entrada e saída de produtos externos e internos, assim como de pessoas vindo de diferentes partes do mundo, necessitando para tal efeito o condicionamento estrutural deste pavimento de modo a garantir a circulação segura e confortável para os que se fizerem presentes nesta via.

### **1.2.Justificativa**

O tema proposto está relacionado com a avaliação do estado físico superficial da rodovia, com o intuito de conhecer os principais defeitos, severidade e extensão dos mesmos, visto que veículos de transporte público e de mercadoria locais não resistem as condições físicas do pavimento devido ao estado em que ele se encontra.

O método de avaliação da característica física superficial dos sistemas rodoviários rurais em pavimentos de pista simples, com base nas características físicas das rodovias, visa auxiliar na identificação sistemática de locais potencialmente perigosos do ponto de vista da segurança e conforto rodoviária, possibilitando que operadores rodoviários actuem preventivamente na melhoria da segurança e conforto das mesmas. MACUÁCUA (15 de Outubro de 2013, cp.) afirmou que a vila municipal de Vilankulo tem mostrado um desenvolvimento económico e social positivo, prevê-se um aumento de circulação de viaturas de diferentes tonelagens, entrando e saindo da mesma vila que concorre a categoria de cidade.

Segundo OGDEN (1996), o tratamento das questões de engenharia das rodovias são capazes de produzir bons resultados na melhoria da segurança, uma vez que influenciam significativamente no comportamento dos motoristas. Dessa forma, o tratamento da característica física rodoviárias caracteriza-se numa fonte de melhoria do ambiente rodoviário, tornando as vias mais seguras para todos que nela se fizerem presente.

### **1.3.Objectivos**

#### **1.3.1. Geral**

- Avaliar o estado da superfície do pavimento da estrada nacional 240 Pambara - Vilankulo.

#### **1.3.2. Específico**

- Fazer o levantamento da condição física da estrada em questão;
- Classificar tipos de defeitos encontrados por unidade de amostra;
- Avaliar a gravidade dos defeitos encontrados;
- Determinar a condição da superfície da estrada, dividida em parcelas.

### **1.4.Hipóteses**

#### **1.4.1. Hipótese nula ( $H_0$ )**

Não avaliar o estado da superfície do pavimento da estrada nacional 240 “Pambara - Vilankulo”, não permite saber da condição física da estrada, os tipos de defeitos, sua gravidade e extensão dos mesmos defeitos para determinar a condição da superfície da estrada dividida em parcelas e auxiliar na tomada de decisão.

**1.4.2. Hipótese alternativa ( $H_1$ )**

Avaliar o estado da superfície do pavimento da estrada nacional 240 “Pambara - Vilankulo”, permite saber da condição física da estrada, os tipos de defeitos, sua gravidade e extensão dos mesmos defeitos para determinar a condição da superfície da estrada dividida em parcela e auxiliar na tomada de decisão.

## **II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Generalidades**

Segundo a Administração Nacional de Estradas (ANE, 2009), A rede de estradas classificadas em Moçambique é constituída por cerca de 30.056 quilómetros de estradas, dos quais apenas 6.286 quilómetros são pavimentados correspondente a 20,9 % das estradas existentes a nível nacional. Esta rede de estrada obedece a seguinte hierarquia: estrada primária, estradas secundárias, estradas terciárias e estradas vicinais conforme a tabela 1.

**Tabela 1. Estradas pavimentadas em Moçambique**

<b>Estradas pavimentadas classificadas (km)</b>	
<b>Primaria</b>	4.728
<b>Secundaria</b>	838
<b>Terciária</b>	667
<b>Vicinal</b>	54
<b>Total</b>	6.286

*Fonte: ANE, 2009*

Esta hierarquia foi implementada em 2000, seguindo os critérios estabelecidos no Decreto-Lei nº 50/2000. Segundo este decreto-lei, este sistema de classificação de estradas tem como grande objectivo promover a funcionalidade das mesmas. Deste modo, cada tipo de estradas obedece a objectivos específicos (ANE, 2009):

- Estradas primárias, constituem a espinha dorsal da rede de estradas, estabelecendo a ligação entre as capitais provinciais e outras cidades, principais portos e postos fronteiriços.
- Estradas secundárias, são as que complementam a espinha dorsal da rede de estradas estabelecendo ligação entre as estradas primárias e centros económicos de elevada importância e postos fronteiriços. Por outro lado também permitem ligação entre as capitais provinciais e portos fluviais ou marítimos.
- Estradas terciárias, ligam as estradas secundárias a outras estradas secundárias ou primárias. Por sua vez, também estabelecem ligação entre as sedes distritais e postos administrativos e centros económicos de elevada importância.
- Estradas vicinais, estabelecem a ligação entre as próprias estradas terciárias, e permitem também a ligação dos postos administrativos a outros centros populacionais. Isto implica que estas estradas estão localizadas em áreas sob jurisdição dos postos administrativos.

Estrada é definida como a faixa de terreno com características adequadas para permitir o deslocamento de pessoas e veículos, onde a composição da sua superfície de rolamento



geralmente denomina-se por pavimento (GUIMARES *et al.*, 2004).

## **2.2. Pavimento**

Segundo SALINAS (2009), os pavimentos são desenhados de tal forma a absorverem os esforços causados pela acção da circulação de veículos durante o período de tempo pelo qual foi desenhado. Quando regista-se um aumento do tráfego de viaturas com tonelagem superando a pré-definida pelos projectistas, e associados a outros factores, é aí que se verificam as primeiras deteriorações que podem ser muito diversificadas, geralmente apresentam-se pela perda de elasticidade dos pavimentos. Desta maneira é necessário ter uma ideia clara do que é pavimento.

### **2.2.1. Conceito de Pavimento**

Pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços resultantes do tráfego de veículos e da variação climática, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, conforto, economia e segurança (BURNUCCI *at al.*, 2008).

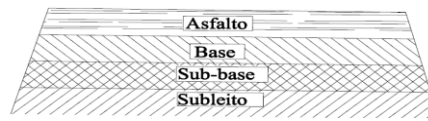
### **2.2.2. Classificação dos pavimentos**

Segundo SALINAS (2009), o pavimento rodoviário classificava-se tradicionalmente em dois tipos básicos: *rígidos* e *flexíveis*. Mais recentemente há uma tendência de usar-se a nomenclatura pavimentos de concreto de cimento Portland (simplesmente concreto-cimento) e pavimentos asfálticos, para indicar o tipo de revestimento do pavimento, e o pavimento rodoviário passou a classificar-se em:

- Pavimentos flexíveis;
- Pavimentos semi-rígidos;
- Pavimentos rígidos;
- Pavimentos articulados e
- Pavimento de terra.

**Pavimentos flexíveis**, são pavimentos que têm em sua parte superior uma pasta betuminosa, apoiada sobre duas capas granular, denominadas base e sub-base. Estes pavimentos são compostos por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos, e formados geralmente por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito. O revestimento asfáltico pode ser composto por camada de rolamento, em

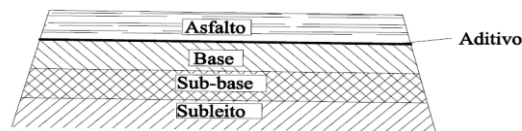
contacto directo com as rodas dos veículos e por camadas intermediárias ou de ligação (figura 1).



**Figura 1. Secção de um pavimento flexível**

*Fonte: INVÍAS, 1997*

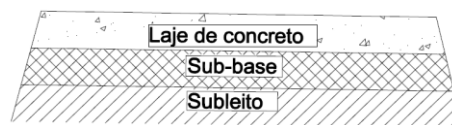
**Pavimento simi-rígido**, contém a mesma estrutura de um pavimento flexível, com a variação de que uma de suas capas se encontra artificialmente endurecida com alguns aditivos que podem ser: asfalto, cal, cimento, emulsão ou químicos; os quais permitem incrementar a capacidade de suporte do chão durante a circulação (figura 2).



**Figura 2. Secção de um pavimento simi-rígido**

*Fonte: INVÍAS, 1997*

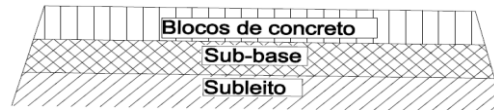
**Pavimentos rígidos**, são pavimentos dos quais a sua capa superior está composta por uma laje de cimento hidráulico, a qual se encontra apoiada sobre uma capa de material denominada base ou sobre a sub-base. Neste tipo de pavimentos se podem distinguir alguns tipos que são: concreto simples com juntas ou sem barras de transferência de carga, concreto reforçado com juntas e barras de transpasse de cargas e concreto continuamente reforçado (figura 3).



**Figura 3. Secção de um pavimento rígido**

*Fonte: INVÍAS, 1997*

**Pavimentos articulados**, são pavimentos cujas capas de rodagem se encontram conformadas por blocos de concreto pré-fabricados, que se denominam pavês, são iguais entre si e de uma espessura uniforme; e que se colocam sobre uma capa magra de areia, a qual se encontra sobre uma capa granular denominada base ou sub-base (figura 4).



**Figura 4. Seção de um pavimento articulado**

*Fonte: INVÍAS, 1997*

**Pavimento de terra**, são pavimentos revestidos de solo local (revestimento mais comum), devidamente compactado e nivelado, a qualidade do revestimento depende do tipo de solo. Contém sobre o leito da estrada uma camada de pedra ou material granular de espessura adequada, este deve conter uma quantidade suficiente de solos aglutinantes de grãos finos como silte e argila, para ligar o material no acto da compactação da superfície da estrada.

### **2.3. Avaliação dos pavimentos**

Segundo AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAYS AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO, 1993), a avaliação de pavimentos consiste em um relatório, no qual apresenta o estado actual da superfície rodoviária em questão, para desta maneira poder adoptar as medidas adequadas de reparação e manutenção, com as quais se pretende prolongar a vida útil dos pavimentos, por isso é de grande importância escolher e realizar um método que seja objectivo e vá de acordo ao meio em que se encontra.

#### **2.3.1. Importância de avaliação de pavimentos**

A avaliação de pavimentos é importante, pois permite conhecer as deteriorações presentes na superfície e desta maneira realizar as correcções possíveis, conseguindo com isso dar ao usuário segurança e conforto quanto a circulação. Com a realização de uma avaliação periódica do pavimento poderá predizer-se o tempo de vida de uma rede ou um projecto rodoviário (AASHTO, 1993).

A avaliação de pavimentos, também permite otimizar os custos de manutenção ou reabilitação, pois trata-se de uma deterioração de forma temporária, prolonga sua vida de funcionalidade, economizando desta maneira gastos elevados (SOLMINIHAC, 2005).

#### **2.3.2. Objectivo da avaliação de pavimentos**

A avaliação de pavimento necessita de pessoas capacitadas e de confiança para que realizem esta actividade, se assim não for, os resultados a obter podem perder credibilidade com o tempo e não poderão ser comparados. Além disso, é importante que se escolha um modelo de

avaliação que se encontre padronizado para poder dizer que se realizou uma avaliação verdadeiramente objectiva.

Segundo (SOLMINIHAC, 2005), nem sempre se podem obter medições ou índices que cumpram com a condição para comparar dois projectos devido as condições para tomada de decisões, produzindo uma separação entre a realidade e o representado pelas amostras.

#### **2.4. Inspeção visual**

A inspeção visual (auscultação), se define como um processo de duas fases, que permite mediante um processo sistemático, tomar dados de estado de um pavimento e sintetizá-los em indicadores ou índices objectivos. A auscultação classifica-se em auscultação estrutural e funcional (SOLMINIHAC, 2001).

Dentro das características funcionais, agrupam-se a rugosidade, resistência ao deslizamento, em quanto que nas estruturais se conta fundamentalmente a capacidade estrutural (RITCHIE *et al.*, 1986). Outro indicador, que agrupa a condição estrutural e funcional de um pavimento são os defeitos superficiais, classificam-se em três grupos: rachadura, deterioração superficial e distorção. A forma de medição de tipo severidade e extensão, varia segundo as características do mesmo (GRAMLING, 1994). Estes se obtêm através de indicadores avaliados de forma manual mediante a inspeção visual.

Existem diversas técnicas de inspeção visual, as mais usadas são:

- **VIZIR** - Este índice foi desenvolvido pelo Laboratório Central de Pontes et Chaussés (LCPC) em France. O sistema VIZIR, é um sistema de simples compreensão e aplicação que estabelece uma distinção clara entre as falhas estruturais e as falhas funcionais e que foi adoptado em países em via de desenvolvimento e em especial em zonas tropicais.
- **Federal Highway Administration (FHWA) / OH99 / 004** - Este índice apresenta uma alta claridade conceptual e é de simples aplicação, pondera os factores dando maior ênfase a certas deteriorações que são muito abundantes ou importantes em regiões onde há estações muito marcadas mas não em áreas tropicais.
- **American Society for Testing and Materials (ASTM) D 6433-99** - Também conhecido como Present Condition Index (PCI). Este índice serve para representar as degradações superficiais que se apresentam nos pavimentos flexíveis e de concreto. O seu maior uso mundialmente por algumas entidades encarregadas de realizar a quantificação das deteriorações na superfície de pavimentos (AASHTO, 1993).

Na “Guia Metodológica para o desenho de obras de reabilitação de pavimentos asfálticos de estradas” do INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVÍAS) de Colômbia, indica que este método (PCI), apresenta um grau de complexidade adequado na determinação do índice, por envolver uma correcção no valor da densidade de uma deterioração (SALINAS, 2009).

Segundo documento fornecido pelo SERVIÇO DISTRITAL DE PLANEAMENTO E INFRA-ESTRUTURAS (SDPI) mostra que a técnica de inspeção visual usada em Moçambique assemelha-se bastante com a técnica do PCI, pelo método de recolha e processamento dos dados do campo. Esta metodologia fornecida pelo SDPI para inspecionar as estradas revestidas é feita mediante uma ficha técnica de inspeção das condições de estradas revestidas, contendo o nome da província, nome do distrito, as datas da inspeção, a designação da estrada, o ponto de partida e de terminação, o tráfego estimado em veículos por dia, distancia entre os marcos (parcelas), e os respectivos defeitos marcados mediante uma codificação, simbolizando a extensão e severidade dos mesmos. Também é envolvida na mesma metodologia a velocidade média de tráfego em km/h, sem deixar de lado os comentários sobre os defeitos para que a planificação das obras seja feita da melhor maneira possível (JOÃO, 15 de Dezembro de 2013, cp.).

## **2.5. Avaliação da condição de um pavimento**

Visto que todo material ou estrutura é degradável, é necessário manter-se em alerta, observando e analisando paulatinamente os aspectos físicos estruturais dos pavimentos (MONTEJO, 2006).

### **2.5.1. Os defeitos em pavimentos**

Os defeitos nos pavimentos informam sobre a condição actual do pavimento e as possíveis causas do seu surgimento. O inventário dos defeitos de um pavimento traz com si uma informação fundamental no processo de avaliação do estado do pavimento.

Segundo SHAHIN (2005), existem múltiplos catálogos de defeitos que apresentam metodologias para estabelecer um diagnóstico sobre a modificação estrutural dos pavimentos; alguns têm sistemas de qualificação quantitativa do estado do pavimento permitindo estabelecer índices.

Ao estabelecer os tipos de defeitos se podem determinar as causas possíveis e as soluções para a condição de deterioração. Os defeitos se podem hierarquizar de acordo com a

prioridade da reparação e com seu efeito sobre a comodidade e segurança para o usuário e sobre o estado do pavimento, o qual permite planejar os recursos e as soluções (VALENCIA, 2007).

A informação obtida dos inventários permite estabelecer ocorrências homogêneas da via de acordo com o estado do pavimento e a solução de reparação, e calcular as quantidades de material correspondentes ao trabalho. Os defeitos têm possíveis causas que devem confirmar-se para determinar as reparações necessárias e para realizar um bom inventário de defeitos se requer um catálogo de defeitos que permita realizar uma avaliação do estado do pavimento (VARELA, 2002).

## **2.6. Índice de Condição do Pavimento (PCI – Pavement Condition Index)**

Conforme a explicação anterior, o método normatizado pela ASTM, que foi desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros da Armada dos Estados Unidos (SHAHIN, 1976 – 1994); utilizado para a avaliação de aeroportos, rodovias e área de estacionamento. Esta é uma das mais completas metodologias de avaliação por envolver os dois tipos de pavimentos mais utilizados nas cidades e vilas municipais, que são os pavimentos asfálticos e os pavimentos de concreto.

Segundo VARELA (2002), o Índice de Condição do Pavimento (PCI) é uma das metodologias mais completa para a avaliação e qualificação de pavimentos flexíveis e rígidos, dentro dos modelos de Gestão Rodoviária disponíveis na actualidade. A metodologia é de fácil implementação e não requer de ferramentas especializadas além das que constitui o sistema para a sua concretização, apresenta na totalidade os defeitos durante a formulação do PCI, mas eventualmente se farão as observações de rigor sobre as modificações estruturais, que devem ser consideradas devido a diversos factores locais que contribuiram para o seu surgimento.

O PCI é um índice numérico, desenvolvido para obter o valor da irregularidade da superfície do pavimento e a condição operacional do mesmo. O PCI varia entre (0 - 100), 0 para pavimentos falhados e 100 para pavimentos em excelente condição.

Na tabela 2 constam os intervalos do PCI com as correspondentes classificações qualitativa da condição de um pavimento.

**Tabela 2. Quadro de classificação de PCI**

<b>Intervalo</b>	<b>Classificação</b>
<b>100 – 85</b>	Excelente
<b>85 – 70</b>	Muito bom
<b>70 – 55</b>	Bom
<b>55 – 40</b>	Regular
<b>40 – 25</b>	Mal
<b>25 – 10</b>	Muito mal
<b>10 – 0</b>	Falhado

*Fonte: SALINAS, 2009*

O cálculo do PCI se fundamenta nos resultados de uma pesquisa visual da condição do pavimento no qual se estabelece a **classe, severidade e extensão** que cada defeito pode apresentar. O PCI se desenvolveu para obter um índice da integridade estrutural do pavimento e da condição operacional da superfície. A informação dos defeitos obtida como parte do inventário oferece uma percepção clara das causas dos danos e sua relação com as cargas ou com o clima (VARELA, 2002).

#### **2.6.1. Procedimento de avaliação da condição de um pavimento**

O procedimento para a avaliação de um pavimento compreende uma etapa de trabalho de campo no qual se identificam os defeitos tendo em conta sua **classe, severidade e extensão** de cada um deles. Esta informação regista-se em formatos adequados para avaliação de superfícies asfaltadas (VALENCIA, 2007). Veja o formulário em **ANEXO A**.

A **classe** está relacionada com o tipo de degradação que se apresenta na superfície de um pavimento (ver tabela 3), entre elas temos a pele de crocodilo, exsudação, rachadura em bloco, abaulamento, ondulação, depressão, rachadura de borda, rachadura reflexa de junção, entre outros, cada um deles se descreve no apêndice C do Manual de danos para Avaliação da Condição de Pavimentos (SALINAS, 2009).

**Tabela 3. Defeitos em pavimento asfaltado**

Número do defeito	Designação do defeito
1	Pele de crocodilo
2	Exsudação
3	Rachadura em bloco
4	Abaulamento e subsidência
5	Ondulação
6	Depressão
7	Rachadura de borda
8	Rachadura de flexão de junta
9	Elevação de pista/berma
10	Rachadura longitudinal e transversal
11	Remendo
12	Agregados polidos
13	Buracos
14	Cruzamento de ferrovias
15	Trilho de rodas
16	Deslocamento
17	Rachaduras parabólicas/deslizamento
18	Inchaço
19	Agregados dispersos

*Fonte: VARELA, 2002*

A **severidade** representa o estado crítico da deterioração em termos de sua progressão; entre mais severo seja o defeito, mais importantes deverão ser as medidas para sua correção. Desta maneira, deverá valorizar-se a qualidade da viagem, a percepção que tem o usuário ao transitar em um veículo a velocidade normal (SALINAS, 2009).

Segundo VARELA (2002), uma guia geral de ajuda para estabelecer o grau de **severidade** e qualidade de trânsito em vias pavimentadas é descrita da seguinte maneira:

- **Baixo, (B):** percebem-se vibrações no veículo (por exemplo, por ondulações), mas não é necessária a redução de velocidade devido a baixa severidade em estas áreas. Os abaulamentos e afundamentos individuais causam um ligeiro salto do veículo mas não provoca desconforto.
- **Médio, (M):** as vibrações do veículo são significativas e se requer uma redução da velocidade; os abaulamentos ou afundamentos individuais causam um salto significativo criando desconforto.
- **Alto, (A):** as vibrações nos veículos são tão excessivas que devem reduzir a velocidade de forma considerável; os abaulamentos ou afundamentos individuais causam um excessivo salto do veículo criando desconforto ou uma elevada possibilidade de perigo ou dano severo ao veículo.



A **extensão** tem-se considerado como último factor a ser descrito, refere-se a área ou longitude que se encontra afectada por cada tipo de defeito sobre dado pavimento (SALINAS, 2009).

De acordo ao tipo de pavimento ao qual se esteja realizando a avaliação, ira contar-se com um formato adequado no qual se registam os defeitos de campo (VARELA, 2002).

### III. MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1. Descrição Da Área Em Estudo

O distrito de Vilankulo, com sede na vila do mesmo nome, fica situado a norte da província de Inhambane, tendo como limites a norte com o distrito de Inhassoro, a sul com o distrito de Massinga, a oeste com os distritos de Mabote e Funhalouro e a este com o Oceano Indico.

O sistema de transporte neste distrito é constituído por transportes rodoviários, marítimos e aéreos; sendo atravessado pela principal estrada do país (EN1), que o liga aos restantes pontos do país. O sector de estradas subdivide-se em estradas primárias, secundárias, terciárias e vicinais formando a rede do distrito (ver tabela 4).

**Tabela 4. Classificação das estradas do Distrito de Vilankulo**

<b>Estrada</b>	<b>Designação</b>	<b>Início</b>	<b>Terminação</b>	<b>Comprimento (km)</b>
<b>Primaria</b>	EN1	Nhachengue	Chimanjane	123
<b>Secundaria</b>	EN240	Pambara	Vilankulo cede	21
<b>Terciária</b>	EN222	Mapinhane	Macomene	58
<b>Terciária</b>	ER904	Pambara	Madade	99
<b>Vicinais</b>	-	Vilankulo	Chichocane	36
<b>Vicinais</b>	-	Mavanza	Belane	17
<b>Vicinais</b>	-	Vilankulo	Macunhe	32
<b>Vicinais</b>	-	Chichocane	Chiculecule	76
<b>Vicinais</b>	-	Vilankulo	Chipongo	40
<b>Vicinais</b>	-	Mavanza	Quewene	80
			<b>Total</b>	<b>582</b>

*Fonte: Governo do distrito de Vilankulo (GDV, 2005).*

A EN1 é a primeira com 123 km que atravessa o distrito, esta é a espinha dorsal da rede de estradas nacional, interligando diferentes pontos tais como: capitais provinciais, cidades, principais portos e principais postos fronteiriços; a EN240 é a segunda com 21 km, complementa a espinha dorsal da rede de estradas e liga a EN1 da vila municipal; a EN222 e a ER904 são terciárias, ambas tem 58 e 99 km respectivamente no interior do distrito, são as que estabelecem a ligação entre a estrada secundária dos centros económicos de elevada importância e postos administrativos; as restantes são vicinais com 459 km dos quais 214 km localizam-se na costa, onde se nota o desenvolvimento rápido do turismo, são elas que estabelecem a ligação das estradas terciárias, postos administrativos e outros centros populacionais.

De salientar que o sector de transporte tem contribuído bastante para o desenvolvimento distrital, e a destacar o valioso trabalho dos transportadores semi-colectivos, vulgo chapa

“100”, que fazem ligações com outros pontos da província, e com aumento de serviços de táxi ao nível interno do distrito, pagam com seus serviços as taxas fixas para garantir a manutenção e reabilitação destas vias de acesso como forma de assegurar o transporte de mercadorias e de passageiros dentro do Distrito.

A estrada em estudo no presente trabalho é a EN240 que liga a localidade de Pambara à vila municipal de Vilankulo, classificada como estrada secundária com 21 km de extensão iniciando no cruzamento de Pambara e finda na praça dos heróis (vila de Vilankulo), com 7,5 metros de largura da plataforma e 5,5 metros de largura da faixa de rodagem revestida de asfalto em toda faixa de rodagem, sendo ela uma pista simples com duplo sentido de trânsito, excepto a parcela que parte do Monumento à Praça que contém pista dupla com duplo sentido de trânsito.

### **3.1.1. Geometria da estrada nacional 240 (EN240)**

O desenho geométrico da EN240 está composto por duas partes, o desenho em planta e o desenho em perfil. O primeiro é formado por cinco curvas circulares com raio médio de 120 metros e rectas tangentes entre elas, o desenho de perfil é desenvolvido sobre a topografia natural do terreno e formam tangentes em sete curvas verticais.

### **3.1.2. Estrutura do pavimento**

A capa de rodagem é feita de asfalto com 5,08 centímetros de espessura a qual se encontra assentada sobre uma camada de 15 centímetros de solo-cimento (base), e esta sobre a sub-base de solo emprestado de cor amarelado devidamente compactado com 20 centímetros de espessura.

### **3.1.3. Meio ambiente e drenos**

Nas laterais da EN240 pode-se verificar obras residenciais em construção, outras já acabadas e até algumas abandonadas; estabelecimentos comerciais e estâncias turísticas, árvores de grande e pequeno porte, e em zonas mais baixas encontram-se lagos de regime sazonal. A estrada atravessa dois rios designados por Chicome e Govuro.

Os drenos estão danificados em certos locais ao longo da estrada e outros praticamente já não existem devido à falta de manutenção, contribuindo para o desaparecimento físico dos mesmos, proporcionando a rápida destruição das bermas em épocas chuvosas.

### **3.1.4. Obras adicionais**

A EN240 carece de sinalização vertical assim como horizontal ao longo da estrada, esta conta com iluminação nocturna somente na vila municipal, partindo de Vilankulo Madeira à Praça. Também carece de material de defesa nas pontes e nas proximidades das mesmas.

### **3.2. Amostra da população**

A recolha da amostra foi feita com auxílio dos dados fornecidos pela SDPI, relacionados com o comprimento e largura da faixa de rodagem, com estes dados deu-se o ponto de partida, criando parcelas com as respectivas dimensões para melhor controlo das actividades de campo e escritório.

Os procedimentos usados para levar a cabo a pesquisa usando a metodologia do PCI, varia de acordo ao tipo de pavimento a ser inspeccionado. Para todos os tipos de superfícies pavimentadas, a secção do pavimento deverá ser dividida em parcelas e unidades de amostra e escolher as unidades de amostra a ser inspeccionadas.

O procedimento de inspeção para pavimentos com superfícies de asfalto, realizou-se preenchendo os espaços em branco do formulário em **ANEXO A** e com auxílio do *Manual de Danos para Avaliação de Pavimento*, foi possível seguir precisamente a definição dos defeitos nele descrito com a finalidade de obter um tamanho de amostra e PCI confiável.

Segundo VARELA (2002), Estradas com capa de rodagem asfáltica e largura menor ou igual a 7,30 m, a área da unidade de amostra deve estar aos 229,95 m<sup>2</sup> à 230,1 m<sup>2</sup>, e 230,0 m<sup>2</sup> tem sido o valor mais usado por aproximação. Neste trabalho assume-se 230 m<sup>2</sup> como área de cada unidade de amostra.

Na tabela 5, consta a relação largura da faixa de rodagem – longitude da unidade de amostra, para clarificar o surgimento do valor 230 m<sup>2</sup>, que é o produto aproximado da multiplicação da largura da faixa e longitude da unidade de amostra.

**Tabela 5. Relação largura - longitude de unidade de amostra**

<b>Largura da faixa (m)</b>	<b>Longitude da unidade de amostra (m)</b>
<b>5,0</b>	46,0
<b>5,5</b>	41,8
<b>6,0</b>	38,3
<b>6,5</b>	35,4
<b>7,3 (máximo)</b>	31,5

Fonte: *Pavement Condition Index (PCI) Para Pavimentos Asfálticos e de Concretos em Estradas.*

### 3.2.1. Divisão das parcelas em unidades de amostra

Neste trabalho foi possível dividir a EN240 em cinco parcelas/segmentos nomeadamente: Pambara - Ponte; Ponte - Faiquete; Faiquete - Vilankulo Madeira; Vilankulo Madeira - Monumento; Monumento - Praça, com 3.000 m; 8.000 m; 6.800 m; 3.665,5 m; 334,4 m de longitude respectivamente.

Uma unidade de amostra é convenientemente definida por uma porção de um pavimento de secção escolhida somente para a inspeção do pavimento (SALINAS, 2009).

Visto que a EN240 contém 21.000 m de longitude e 5,5 m de largura para a parcela que parte de Pambara à Monumento com a classificação de pista simples de sentido duplo, e Monumento à praça com 6,3 m de largura para cada pista, visto que é uma pista dupla de duplo sentido de trânsito, correspondendo na totalidade uma área de 115.767,52 m<sup>2</sup> (ver tabela 6). Pela longitude que a EN240 possui demandaria muito tempo e recursos, portanto foi necessário aplicar-se um sistema de amostragem para tornar o tempo curto e tornar possível a concretização do mesmo consoante os recursos existentes. As seguintes equações matemáticas 1 e 2, ajudam na determinação das unidades de amostra para cada parcela/segmento:

$$A = \text{Longitude} \times \text{Largura} \quad \text{Equação 1}$$

$$N = \text{Longitude da parcela} / \text{longitude da unidade} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

A – Área da parcela em metros;

N – Número de unidade das amostras.

**Tabela 6. Parcelas com respectivas áreas e unidades amostrais**

Parcela	Longitude (m)	Largura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	N (Unid.)	N <sup>o</sup> . Pista
<b>Pambara – Ponte</b>	3.000,00	5,5	16.500,00	72	1
<b>Ponte – Faiquete</b>	8.000,00	5,5	44.000,00	192	1
<b>Faiquete – Vilankulo Madeira</b>	6.000,00	5,5	33.000,00	163	1
<b>Vilankulo Madeira – Monumento</b>	3.665,60	5,5	20.160,80	88	1
<b>Monumento – Praça</b>	334,40	6,3	2.106,72	8	2
<b>Total</b>	21.000,00	-	115.767,52	523	-

*Fonte: autor, 2014*

### 3.3. Colecta de dados

#### 3.3.1. Procedimento de avaliação da superficial de estrada

Para a concretização desta actividade (avaliação da condição de pavimento), condicionou-se o seguinte:

a) Equipamentos:

- Régua de madeira de dois metros de comprimento;
- Fita-métrica metálica de 30 cm;
- Manual de danos do PCI;
- Formulários em quantidade suficiente (ver o formulário em **ANEXO A**).
- Corda com 41,8 m de comprimento.

Para além dos materiais mencionados, são tomadas todas as medidas de segurança para o deslocamento na via em destaque, tais como dispositivos de sinalização e advertência para o pessoal em actividade de levantamento de dados na via.

b) Procedimentos:

- Inspecciona-se uma unidade da amostra para medir o tipo, quantidade e severidade dos defeitos de acordo com o Manual de Danos, e registar-se toda a informação no respectivo formulário. Devem-se conhecer e seguir exactamente as definições e procedimentos de medida dos defeitos. Usa-se um formulário ou “folha de informação de exploração da condição” para cada unidade amostral e cada uma das linhas do formulário usa-se para registar um defeito de cada vez, sua extensão e nível de severidade.

O processo de colecta de dados decorreu em três fases compreendidas pela revisão bibliográfica, trabalho de campo e finalmente trabalho de escritório que compreende o processamento de toda informação colhida no local de estudo.

- 1) Revisão bibliográfica: Nesta fase de trabalho foi necessário o uso de varias literatura relacionadas ao tema em destaque para ganhar noção das palavras-chaves e conceitos que possam ajudar no desenvolvimento do tema, e certas literaturas foram fonte de inspiração visto que os temas se assemelham ao do presente trabalho. Depois de várias leituras e comparação de metodologias diferentes foi possível identificar uma metodologia capaz de guiar-nos para o alcance dos objectivos proposto neste tema.
- 2) Trabalho de campo: para a realização desta fase foi possível através da informação fornecida pela SDPI, informação relacionada com o nome da estrada e as respectivas dimensões para a distinção do número de unidades e número mínimo de unidades por se avaliar. Com o modelo escolhido durante a revisão de literaturas foi possível recolher toda informação necessária referente ao tipo, extensão e nível de severidade

dos defeitos para dar início a terceira fase. De salientar que nesta fase a recolha de dados é feita mediante os equipamentos mencionados em **3.3.1.a**).

- 3) Trabalho do escritório: esta última fase consistiu em organizar dos dados e implementar métodos estatísticos e matemáticos para alcançar os objectivos traçados neste trabalho consoante o método escolhido na revisão literária.

### **3.3.2. Determinação das unidades de amostra para avaliação**

Segundo VARELA (2002), na “**Avaliação de um Projecto**” se devem inspecionar todas as unidades, para casos com número muito grande das unidades torna-se quase impossível, por isso o número mínimo de unidades de amostra ( $n$ ) que devem ser avaliadas obtém-se mediante a Equação 3, a qual produz um valor aproximado do PCI da parcela do pavimento, com uma confiança de 95%.

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4}(N-1) + \sigma^2} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

$n$  - número mínimo de unidades da amostra a avaliar;

$N$  - número de unidades da amostra na secção do pavimento;

$e$  - erro admissível na estimativa do PCI da secção ( $e = 5\%$ )

$\sigma$ : desvio padrão do PCI entre as unidades.

Durante a inspeção inicial assume-se um desvio padrão ( $\sigma$ ), devido a norma do método PCI de 10 para pavimento asfáltico e de 15 para pavimentos de concreto, um erro admissível ( $e$ ) de cinco por cento (5 %), estes valores são frutos de dados obtidos em vários trabalhos de pesquisa. Quando o número mínimo de unidades a ser avaliadas é menor que cinco ( $n < 5$ ), recomenda-se avaliar todas as unidades (VARELA, 2002).

Para primeira parcela (Pambara - Ponte), com 3.000 m de comprimento e 5,5 m de largura, aplicando-se a ela as equações 1; 2; e 3 tem-se o seguinte:

<b>A = Longitude x Largura</b>	$N = \frac{\text{Longitude da parcela}}{\text{longitude da unidade}}$	$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4}(N-1) + \sigma^2}$
<b>A = 3000 m × 5,5 m</b>	$N = \frac{3000 \text{ m}}{41,8 \text{ m}}$	$n = \frac{72 \times 10^2}{\frac{5^2}{4}(72-1) + 10^2}$
<b>A = 16500 m<sup>2</sup></b>	<b>N = 71,77 ≈ 72</b>	<b>n = 13,24 ≈ 13</b>

Esta parcela contém uma área de 16.500 m<sup>2</sup>, um valor aproximado total de 72 unidades e um mínimo de 13 unidades por se avaliar.

### **3.3.3. Selecção das unidades de amostra para inspecionar**

Recomenda-se que as unidades escolhidas estejam igualmente espaçadas ao longo da secção do pavimento e que a primeira por se inspecionar seja escolhida por sorteio casual um numero (amostragem sistemática) através da equação seguinte:

$$i = \frac{N}{n} \qquad \text{Equação 4}$$

Onde:

**n** - número mínimo de unidades da amostra a avaliar;

**N** - número total de unidades da amostra na parcela do pavimento;

*i* - Intervalo de amostragem, arredonda-se ao número inteiro inferior (por exemplo, 3,7 arredonda-se por defeito à 3).

No início do sorteio casual é seleccionado um valor entre a unidade da amostra (1) e o intervalo de amostragem (*i*). Entretanto, se registam quantidades de danos exactos para folhas de defeitos (inventario de defeitos). Cada uma das unidades de amostragem devera ser inspeccionadas mediante a equação 4 (VARELA, 2002).

Dando continuidade a parcela anterior (Pambara – Ponte), obteve-se o seguinte:

$$i = \frac{72}{13}$$
$$i = 5,53 \cong 5$$

Portanto o intervalo entre as amostras por inspecionar será igual a 5, como explicado anteriormente será escolhido um número dentro do intervalo [1-5], e 5 é o número escolhido para esta parcela. Deste modo as unidades subsequentes para a avaliação tendo em conta que o intervalo entre as unidades por se avaliar é de 5, logo 10; 15; 20; ...; 75, são unidades por inspecionar nesta parcela.

Prosseguindo com o descrito em 3.3.2. e 3.3.3., para as restantes parcelas pertencentes a EN240 obteve-se a tabela 7.



**Tabela 7. Resumo relativo ao comprimento, largura, área e unidades amostral das parcelas pertencentes aos 21km da EN240.**

Parcela	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	N (Unid.)	n (Unid.)	i (Unid.)
Pambara – Ponte	3.000,00	5,5	16.500,00	71	13	5
Ponte – Faiquete	8.000,00	5,5	44.000,00	191	15	12
Faiquete – V.M	6.800,00	5,5	33.000,00	162	15	10
V.M – Monumento	3665,60	5,5	20.160,80	87	14	6
Monumento – Praça	334,40	6,3	1839,20	8	6	1
Praça - Monumento	334,40	6,3	1839,20	8	6	1

Fonte: autor, 2014

### 3.3.4. Inspeção das unidades de amostra

A Inspeção das unidades amostrais em pavimento asfáltico procede mediante o registo da extensão e grão de severidade dos defeitos efectuado em cada unidade amostral escolhida, e todo este processo é antecedido do conhecimento adquirido com ajuda do guião de inspeção (Manual de Danos para a Avaliação de Pavimento com Superfícies Asfaltadas). O Manual de Danos para a Avaliação de Pavimento com Superfícies Asfaltadas, detalha a técnica de medição e a descrição dos defeitos na superfície e berma do pavimento.

## 3.4. Análise e interpretação dos resultados

### 3.4.1. Cálculo de PCI das unidades de amostra por parcela

Completado o processo de inspeção de cada unidade da amostra selecionada, a informação sobre os defeitos registados num formulário (ver ANEXO A), são utilizados para calcular o PCI. O cálculo pode ser manual ou computadorizado e apoia-se nos “Valores Deduzidos” de cada defeito de acordo com a quantidade e severidade reportada.

#### 3.4.1.1. Determinação do valor deduzido (DV)

- Totalizados cada tipo e nível de severidade de defeito e registados na coluna de “Total” do formulário, os defeitos podem medir-se em área, longitude ou por seu número conforme for o tipo.
- A quantidade total de cada tipo de defeito em cada nível de severidade é dividida pela área da unidade de amostragem (230 m<sup>2</sup>), e o resultado é expresso em percentagem. Esta é a “densidade” do defeito, com o nível de severidade especificado, dentro da unidade em estudo.
- O “Valor Deduzido” para cada tipo de defeito e seu nível de severidade, determina-se mediante a interpolação dos valores retirados das tabelas ou curvas denominadas “valor deduzido do defeito”, que se encontra na figura 5, e depois totalizados.

Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
0.10	3.10	6.40	11.80
0.20	3.80	9.30	15.60
0.30	4.60	11.60	18.40
0.40	5.30	13.50	20.60
0.50	6.10	15.30	22.60
0.60	6.90	16.80	24.30
0.70	7.60	18.30	25.90
0.80	8.40	19.70	27.30
0.90	9.10	20.90	28.60
1.00	9.90	22.00	29.90
2.00	16.70	28.20	40.05
3.00	20.70	32.50	45.50
4.00	23.60	35.60	49.30
5.00	25.80	38.00	52.20
6.00	27.60	39.90	54.60
7.00	29.10	41.60	56.70
8.00	30.50	43.00	58.40
9.00	31.60	44.30	60.00
10.00	33.00	45.60	61.30
20.00	40.80	55.40	70.40
30.00	45.90	60.90	75.80
40.00	49.50	64.80	79.50
50.00	52.40	67.80	82.50
60.00	54.70	70.20	84.90
70.00	56.60	72.30	86.90
80.00	58.30	74.10	88.60
90.00	59.80	75.70	90.20
100.00	61.10	77.10	91.60

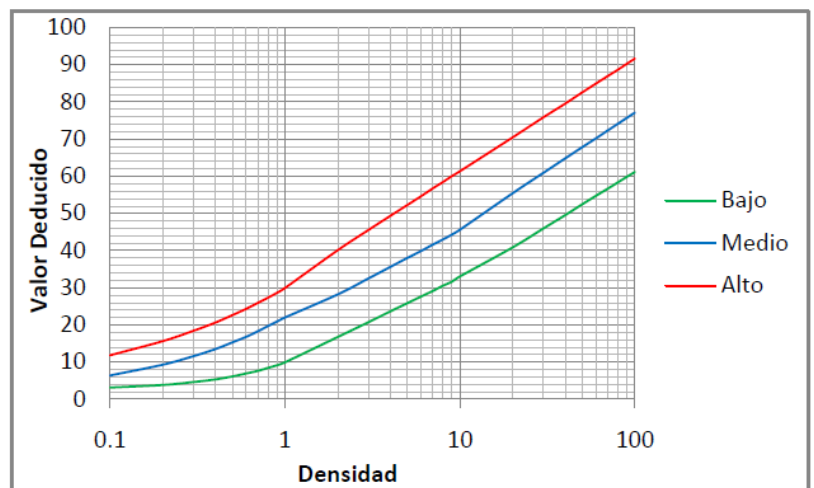


Fig. B.1 Valores deducidos para pavimentos asfálticos. Piel de Cocodrilo

Figura 5. Exemplo de tabela e curva de um dos defeitos para determinação do valor deduzido.

Fonte: SALINAS, 2009

#### 3.4.1.2. Determinação do número máximo admissível dos valores deduzidos (m)

- a) Se nenhum dos “valores deduzidos” é maior que 2, usa-se o “valor deduzido total” no lugar do “valor deduzido corrigido” (CDV), obtido no passo 3.4.1.1; caso contrário, devendo seguir os passos subsequentes das alinhas b e c.
- b) Determine o “Número Máximo admissível dos Valores Deduzidos” (m), utilizando a seguinte equação, para estradas pavimentadas:

$$m = 1 + \frac{9}{98} * (100 - HDV) \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

**m** - Número máximo admissível dos valores deduzidos;

**HDV** - Maior valor deduzido para a unidade de amostragem.

De acordo com exemplo da figura 5, temos o seguinte:

$$m = 1 + \frac{9}{98} * (100 - 35,36)$$

$$m = 6.93 \cong 6$$

O número máximo admissível dos valores deduzidos se aproxima ao valor imediatamente inferior.

#### 3.4.1.3. Determinação do valor deduzido corrigido (CDV).

Este passo o realiza mediante um processo iterativo que o descreve a seguir:

- a) Determine o *número do valor deduzido* ( $q$ ) maiores que 2. No exemplo da figura 6,  $q = 2$ ; mais pela equação 5 provou-se que o número máximo admissível dos valores deduzidos é  $m = 6$ , logo o número do valor deduzido ( $q$ ) permanece dois porque não excede o máximo admissível.
- b) Determine do *valor deduzido total* somando todos os valores deduzidos individuais. Seguindo o exemplo, soma-se os valores 31,12; 0,64 e 35,36; que dá um total de 67,12.
- c) Determine o CDV com o  $q$  e o “*valor deduzido total*” na curva ou tabela valores deduzidos corrigidos. Neste exemplo em que o número do valor deduzido ( $q$ ) é igual a dois, portanto, o valor lido na curva/pranchas será 49,26.
- d) Reduza a duas unidades o menor dos valores deduzidos individuais, que seja maior a dois, e repita as etapas a, b e c. Este processo se repete até que se cumpra a condição que “ $q$ ” seja igual a uma (1).
- e) O “máximo CDV” é o maior valor dos CDV obtidos no processo de reiteração indicado. Prosseguindo com o exemplo de figura 5, o máximo valor do CDV é 49,26.

#### 3.4.1.4. Calculo do PCI, subtraindo o “máximo CDV” de 100.

$$PCI = 100 - \text{max. CDV} \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

**PCI** - Índice da condição do pavimento;

**max. CDV** – máximo valor deduzido corrigido.

Seguindo o exemplo teremos:

$$PCI = 100 - max. CDV$$

$$PCI = 100 - 49,26$$

$$PCI = 50,74$$

Portanto, a classificação de PCI para o exemplo da figura 6 é **regular**, segundo a tabela 2.

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA															
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA															
Nombre de la vía:		Ejemplo								Esquema:					
Evaluado por:		Tesisista													
Fecha:		dia/mes/año													
Abscisa inicial=		0+035.40				Tramo:		2							
Abscisa final=		0+070.80				Área muestra=		230.1							
TIPOS DE FALLAS															
1 Piel de cocodrilo.							11 Parqueo.								
2 Exudación.							12 Pulimiento de agregados.								
3 Agrietamiento en bloque.							13 Huecos.								
4 Abultamientos y hundimientos.							14 Cruce de vía férrea.								
5 Corrugación.							15 Ahuellamiento.								
6 Depresión.							16 Desplazamiento.								
7 Grieta de borde.							17 Grieta parabólica (slippage).								
8 Grieta de reflexión de junta.							18 Hinchamiento.								
9 Desnivel carril / berma.							19 Desprendimiento de agregados.								
10 Grietas longitudinal y transversal.															
FALLAS EXISTENTES															
Falla	Severidad	Cantidades Parciales								Total	Densidad %	Valor Deducido			
1	B	9.40	8.80	1.50						19.70	8.56	31.12			
3	M	1.52								1.52	0.66	0.64			
10	A	16.17	8.37							24.54	10.66	35.36			
Número de deducidos > 2 (q) :										2.00		Total VD =		67.12	
Valor deducido más alto (HDVi) :										35.36					
Número admisible de deducidos (mi) :										6.94					
CÁLCULO DEL PCI															
#	Valores Deducidos								TOTAL	q	CDV				
1	35.36	31.12	0.64						67.12	2	49.26				
2	35.36	2.00	0.64						38.01	1	38.01				
										máx. CDV=		49			
$PCI = 100 - máx. CDV$ $PCI = 62$												<u>BUENO</u>			

Figura 6. Exemplo de cálculo de PCI para pavimentos com superfície asfaltada

Fonte: SALINAS, 2009

## **IV. RESULTADO E DISCUSSÃO**

### **4.1. Resultados**

De acordo com a metodologia indicada neste trabalho, os resultados mostrados de seguida representam as parcelas inspeccionadas pela EN240.

#### **4.1.1. Parcela Pambara – Ponte**

Nesta parcela ilustrada pelas tabelas 8 e 9, estão presentes os seguintes defeitos: pele de crocodilo, exsudação, rachadura em bloco, abaulamento e subsidência, ondulação, rachadura de borda, rachadura de flexão de junta, elevação de pista/berma, agregados polidos, buracos, inchaço e agregados dispersos tal como mostra a tabela 8. Os defeitos mais frequentes são, elevação de pista/berma com 32,4 %, seguido de rachadura de borda com 28,5 % e inchaço com 4,8 % (ver figuras abaixo).



**Figura 7. Elevação de pista**

*Fonte: autor, 2014*



**Figura 8. Rachadura de borda**

*Fonte: autor, 2014*



**Figura 9. Inchaço**

*Fonte: autor, 2014*

Os defeitos acima mencionados e mais outros menos destacados abrangem 35,9 % do pavimento em baixas severidade, 31,4 % do pavimento em severidade média e 12 % do pavimento em alta severidade num universo de 3.450 m<sup>2</sup> da área inspeccionada, correspondente a 20,9 % da mesma parcela. Com isto, 79,3 % da área inspeccionada com 15 unidades de amostra para uma longitude de 3.000 m, correspondente a 14,3 % da EN240 e largura de 5,5 m, encontra-se danificada requerendo a intervenção dos agentes responsáveis pela manutenção da mesma.

O desvio padrão calculado para esta parcela é igual a 9,79, comparando com o desvio padrão assumido (10), nota-se que  $9,79 \leq 10$ , logo a quantidade de amostra escolhida para a avaliação do estado da superfície do pavimento é significativa.

O índice da condição do pavimento por unidade inspecionada variou de acordo ao tamanho e severidade dos defeitos nela encontrada (ver tabela 8), como media de 49,49, o que significa que, o pavimento correspondente a parcela Pambara – Ponte encontra-se em estado **regular** permitindo um tráfego moderado e cauteloso de modo a preservar o estado físico e mecânico dos automóveis.

**Tabela 8. Resumo de defeito e severidade correspondente a parcela Pambara – Ponte**

Defeito	Severidade						Total	
	Baixa		Media		Alta		Quantidade (m <sup>2</sup> )	%
	Quantidade (m <sup>2</sup> )	%	Quantidade (m <sup>2</sup> )	%	Quantidade (m <sup>2</sup> )	%		
1	3	0,0877	-	-	-	-	3	0,087
2	85	2,464	30	0,870	-	-	115	3,333
3	8,97	0,260	-	-	-	-	8,97	0,260
4	16	0,464	10	0,290	-	-	26	0,754
5	38	1,101	19,25	0,558	-	-	57,25	1,659
7	<b>376,2</b>	<b>10,904</b>	<b>212,2</b>	<b>6,151</b>	<b>395,8</b>	<b>11,472</b>	<b>984,2</b>	<b>28,528</b>
8	25	0,725	-	-	-	-	25	0,725
9	<b>393,4</b>	<b>11,403</b>	<b>710,6</b>	<b>20,597</b>	<b>15</b>	<b>0,435</b>	<b>1119</b>	<b>32,435</b>
12	65	1,884	90	2,609	-	-	155	4,493
13	40	1,159	2	0,058	4	0,116	46	1,333
18	<b>158,8</b>	<b>4,603</b>	<b>8</b>	<b>0,232</b>	-	-	<b>166,8</b>	<b>4,835</b>
19	28	0,812	-	-	-	-	28	0,812
<b>Total</b>	<b>1.237,37</b>	<b>35,866</b>	<b>1.082,05</b>	<b>31,364</b>	<b>414,8</b>	<b>12,023</b>	<b>2.734,22</b>	<b>79,253</b>

Fonte: autor, 2014

**Tabela 9. Resumo do PCI da parcela Pambara – Ponte**

Unidades	Abcissa inicial	Abcissa final	PCI	Classificação	
# Por inspecionar					
1	5	167,2	209	50	Regular
2	10	376,2	418	32,11	Mal
3	15	585,2	627	58,34	Bom
4	20	794,2	836	61,21	Bom
5	25	1.003,2	1.045	70	Bom
6	30	1.212,2	1.254	53,64	Regular
7	35	1.421,2	1.463	51,19	Regular
8	40	1.630,2	1.672	33,86	Mal
9	45	1.839,2	1.881	53,21	Regular
10	50	2.048,2	2.090	50,76	Regular
11	55	2.257,2	2.299	45,94	Regular
12	60	2.466,2	2.508	43,82	Regular
13	65	2.675,2	2.717	47,41	Regular
14	70	2.884,2	2.926	40,81	Regular
15	75	3.093,2	3.135	50,01	Regular
		<b>PCI Médio</b>		<b>49,49</b>	<b>Regular</b>
		<b>Desvio padrão calculado (S) = 9,79</b>			

Fonte: autor, 2014



#### **4.1.2. Parcela Ponte – Faiquete**

A parcela Ponte – Faiquete, com 8.000 m de comprimento equivalente a 38,1 % da EN240 com 5,5 m de largura, apresenta 10 defeitos nomeadamente exsudação, rachadura em bloco, ondulação, rachadura de borda, elevação de pista, remendo, agregados polidos, buracos, trilho de roda e inchaço com forme a tabela 10.

Esta parcela apresenta com maior frequência a rachadura de borda com 35,1 %, elevação de pista /berma com 29,9 % e exsudação com 3,7 % (veja figuras 10; 11 e 12), estes e mais outros defeitos de menor frequência, extensão e severidade abrangem a superfície do pavimento em 37,6 % pertencentes a alta severidade, 26,5 % da superfície do pavimento em severidade média e 18,1 % da superfície do pavimento em baixa severidade, num universo de 15 unidades inspecionadas correspondentes a 3.450 m<sup>2</sup> de área pertencente 44.000 m<sup>2</sup> da parcela (Ponte - Faiquete).



**Figura 10. Rachadura de borda**

*Fonte: autor, 2014*



**Figura 11. Elevação de berma**

*Fonte: autor, 2014*



**Figura 12. Exsudação**

*Fonte: autor, 2014*

Com isto, 82,2 % da superfície do pavimento inspecionada encontra-se danificada, requerendo a intervenção dos agentes responsáveis pela manutenção da mesma (ver a tabela 10).

O desvio padrão calculado para esta parcela é igual a 8,30, comparando com o desvio padrão assumido (10), nota-se que  $8,30 \leq 10$ , logo a quantidade de amostra escolhida para a avaliação do estado da superfície do pavimento é significativa.

O índice da condição do pavimento por unidade inspecionada variou de acordo ao tamanho e severidade dos defeitos nela encontrado (ver tabela 11), como media de 42,5, o que significa que, o pavimento correspondente a parcela Ponte - Faiquete encontra-se em estado **regular**

permitindo um tráfego moderado e cauteloso de modo a preservar o estado físico e mecânico dos automóveis e garantir a segurança dos bens em trânsito.

**Tabela 10. Resumo de defeito e severidade correspondente a parcela Ponte – Faiquete**

Defeito	Severidade						Total	
	Baixa		Media		Alta		Quantidade (m <sup>2</sup> )	%
	Quantidade (m <sup>2</sup> )	%	Quantidade (m <sup>2</sup> )	%	Quantidade (m <sup>2</sup> )	%		
2	50	1,449	78	2,261	-	-	128	3,710
3	49	1,420	45	1,304	-	-	94	2,725
5	17	0,493	27	0,783	-	-	44	1,275
7	-	-	-	-	1.212,2	35,136	1.212,2	35,136
9	2.32,2	6,730	717,8	20,806	83,6	2,423	1.033,6	29,959
11	22	0,638	-	-	-	-	22	0,638
12	76	2,203	36	1,043	-	-	112	3,246
13	55	1,594	-	-	-	-	55	1,594
15	54	1,565	-	-	-	-	54	1,565
18	69	2,000	12	0,348	-	-	81	2,348
<b>Total</b>	624,2	18,093	915,8	26,545	1.295,8	37,559	2.835,8	82,197

Fonte: autor, 2014

**Tabela 11. Resumo do PCI da parcela Ponte – Faiquete**

Unidades	Abcissa inicial	Abcissa final	PCI	Classificação	
# Por inspecionar					
1	6	3.344	3.385,8	31,72	Mal
2	18	3.845,6	3.887,4	42,24	Regular
3	30	4.347,2	4.389	38,94	Mal
4	42	4.848,8	4.890,6	45,92	Regular
5	54	5.350,4	5.392,2	50,46	Regular
6	66	5.852	5.893,8	43,91	Regular
7	78	6.353,6	6.395,4	47,69	Regular
8	98	6.855,2	6.897	27,68	Mal
9	102	7.356,8	7.398,6	49,63	Regular
10	114	7.858,4	7.900,2	50,62	Regular
11	126	8.360	8.401,8	26,49	Mal
12	138	8.861,6	8.903,4	47,42	Regular
13	150	9.363,2	9.405	37,71	Mal
14	162	9.864,8	9.906,6	46,51	Regular
15	174	10.366,4	10.408,2	51,22	Regular
		<b>PCI Médio</b>		<b>42,544</b>	<b>Regular</b>
		<b>Desvio padrão calculado (S) = 8,30</b>			

Fonte: autor, 2014

#### 4.1.3. Parcela Faiquete – Vilankulo Madeira

Esta parcela conta com 6.800 m de comprimento e 5,5 m de largura, representando 32,4 % da EN240, ela apresenta 13 defeitos (ver tabela 12), entre eles o que se apresenta com maior frequência são a rachadura de borda com 36,3 %, seguido da elevação de pista/berma com 35,0 % e rachadura em bloco com 5,0 % (veja figuras 13; 14 e 15).





**Fig. 13. Rachadura de borda**   **Fig. 14. Elevação de berma**   **Fig. 15. Rachadura em bloco**

*Fonte: autor, 2014*

*Fonte: autor, 2014*

*Fonte: autor, 2014*

Quanto a severidade, os defeitos acima mencionados e mais outros de menor frequência, extensão e severidade estende-se pela superfície do pavimento em 10,6 % de baixa severidade, 41,4 % de média severidade e 33,9 % de alta severidade, totalizando 85,9 %. Com isto, da superfície do pavimento inspecionada nesta parcela, 85,9 % encontra-se defeituosa, numa área de 3.450 m<sup>2</sup> inspecionada com 15 unidades.

O desvio padrão calculado para esta parcela é igual a 8,29, comparando com o desvio padrão assumido (10), nota-se que  $8,29 \leq 10$ , logo a quantidade de amostra escolhida para a avaliação do estado da superfície do pavimento é significativa.

O índice da condição do pavimento por unidade inspecionada variou de acordo ao tamanho e severidade dos defeitos nela encontrada (ver tabela 13), como média de 42,8, o que significa que o pavimento correspondente a parcela/segmento Faiquete – Vilankulo Madeira encontra-se em **regular** estado, permitindo um tráfego moderado e cauteloso de modo a preservar o estado físico e mecânico dos automóveis e garantir a segurança dos bens em trânsito.

**Tabela 12. Resumo de defeito e severidade correspondente a parcela Faiquete – Vilankulo Madeira**

Defeito	Severidade						Total	
	Baixa		Media		Alta		Quantidade (m <sup>2</sup> )	%
	Quantidade (m <sup>2</sup> )	%	Quantidade (m <sup>2</sup> )	%	Quantidade (m <sup>2</sup> )	%		
2	25	0,725	18	0,522	-	-	43	1,246
3	31	<b>0,899</b>	143	<b>4,145</b>	-	-	174	<b>5,043</b>
4	-	-	6	0,174	-	-	6	0,174
5	-	-	8	0,232	-	-	8	0,232
7	-	-	<b>83,6</b>	<b>2,423</b>	<b>1.170,4</b>	<b>33,925</b>	<b>1.254</b>	<b>36,348</b>
8	-	-	15	0,435	-	-	15	0,435
9	<b>179,6</b>	<b>5,206</b>	<b>1.029,3</b>	<b>29,835</b>	-	-	<b>1.208,9</b>	<b>35,041</b>
11	20	0,580	15	0,435	-	-	35	1,014
12	19	0,551	53	1,536	-	-	72	2,087
13	33	0,957	6	0,174	-	-	39	1,130
15	18	0,522	12	0,348	-	-	30	0,870
18	40	1,159	35	1,014	-	-	75	2,174
19	-	-	5	0,145	-	-	5	0,145
<b>Total</b>	<b>363,6</b>	<b>10,539</b>	<b>1.428,9</b>	<b>41,417</b>	<b>1.170,4</b>	<b>33,925</b>	<b>2.962,9</b>	<b>85,881</b>

Fonte: autor, 2014

**Tabela 13. Resumo do PCI da parcela Faiquete – Vilankulo Madeira**

Unidades	Abcissa inicial	Abcissa final	PCI	Classificação
# Por inspecionar				
1	5	10.575,4	58,09	Bom
2	15	10.993,4	45,48	Regular
3	25	11.411,4	42,10	Regular
4	35	11.829,4	52,00	Regular
5	45	12.247,4	42,61	Regular
6	55	12.665,4	32,59	Mal
7	65	13.083,2	30,15	Mal
8	75	13.501,2	28,52	Mal
9	85	13.919,2	51,16	Regular
10	95	14.337,2	42,56	Regular
11	105	14.755,2	49,76	Regular
12	115	15.173,2	43,55	Regular
13	125	15.591,2	44,71	Regular
14	135	16.009,2	43,25	Regular
15	145	16.427,2	36,04	Mal
		<b>PCI Médio</b>	<b>42,838</b>	<b>Regular</b>
		<b>Desvio padrão calculado (S) = 8,29</b>		

Fonte: autor, 2014

#### 4.1.4. Parcela Vilankulo Madeira – Monumento

a parcela Vilankulo Madeira – Monumento, com 3.665,5 m de comprimento correspondente a 17,5 % da EN240 e 5,5 m de largura, contem 11 defeitos (ver tabela 14), e apresenta com maior frequência a rachadura de borda com 36,3 %, elevação de pista/berma com 35,1 % e inchaço no pavimento com 5,1 % (ver figuras abaixo).



**Fig. 16. Rachadura de borda**

*Fonte: autor, 2014*



**Fig. 17. Elevação de berma**

*Fonte: autor, 2014*



**Figura 18. Inchaço**

*Fonte: autor, 2014*

Dos 11 defeitos de frequência, extensão e severidade diversa, prolongam-se pela superfície do pavimento em 12,1 % de baixa severidade, 42,2 % de média severidade e 30,6 % de alta severidade, totalizando 84,9 % da superfície do pavimento avaliada em defeituosas condições, com 3.450 m<sup>2</sup> de área inspecionada pertencente a 20.160,8 m<sup>2</sup> da área total da mesma parcela com 15 unidades inspecionadas.

O desvio padrão calculado para esta parcela é igual a 6,39, comparando com o desvio padrão assumido (10), nota-se que  $6,39 \leq 10$ , logo a quantidade de amostra escolhida para a avaliação do estado da superfície do pavimento é significativa.

O índice da condição do pavimento por unidade inspecionada variou de acordo ao tamanho e severidade dos defeitos nela encontrada (ver tabela 15), como média igual a 47,5, o que significa que o pavimento correspondente a parcela Vilankulo Madeira – Monumento encontra-se em **regular** estado, permitindo um tráfego moderado e cauteloso.

**Tabela 14. Resumo de defeito e severidade correspondente a parcela Vilankulo Madeira – Monumento**

Defeito	Severidade						Total	
	Baixa		Media		Alta		Quantidade (m <sup>2</sup> )	%
	Quantidade (m <sup>2</sup> )	%	Quantidade (m <sup>2</sup> )	%	Quantidade (m <sup>2</sup> )	%		
1	-	-	4	0,116	-	-	4	0,116
3	4	0,116	95	2,754	-	-	99	2,870
5	-	-	22	0,638	-	-	22	0,638
7	-	-	<b>585,2</b>	<b>16,962</b>	<b>668,8</b>	<b>19,386</b>	<b>1.254</b>	<b>36,348</b>
9	<b>167,2</b>	<b>4,846</b>	<b>659</b>	<b>19,101</b>	<b>386,2</b>	<b>11,194</b>	<b>1.212,4</b>	<b>35,142</b>
11	54	1,565	-	-	-	-	54	1,565
12	-	-	65	1,884	-	-	65	1,884
13	17	0,493	1	0,029	-	-	18	0,522
15	-	-	15	0,435	-	-	15	0,435
18	<b>176</b>	<b>5,101</b>	-	-	-	-	<b>176</b>	<b>5,101</b>
19	-	-	10	0,290	-	-	10	0,290
<b>Total</b>	<b>418,2</b>	<b>12,122</b>	<b>1.456,2</b>	<b>42,209</b>	<b>1.055</b>	<b>30,580</b>	<b>2.929,4</b>	<b>84,910</b>

Fonte: autor, 2014

**Tabela 15. Resumo do PCI da parcela Vilankulo Madeira – Monumento**

#	Unidades Por inspecionar	Abcissa inicial	Abcissa final	PCI	Classificação
1	3	16.552,6	16.594,4	47,20	Regular
2	9	16.803,4	16.845,2	49,94	Regular
3	15	17.054,2	17.096	33,79	Mal
4	21	17.305	17.346,8	46,46	Regular
5	27	17.555,8	17.597,6	50,00	Regular
6	33	17.806,6	17.848,4	47,49	Regular
7	39	18.057,4	18.099,2	41,25	Regular
8	45	18.308,2	18.350	52,54	Regular
9	51	18.559	18.600,8	41,42	Regular
10	57	18.809,8	18.851,6	57,95	Bom
11	63	16.060,6	19.102,4	39,23	Mal
12	69	19.311,4	19.353,2	55,33	Bom
13	75	19.562,2	19.604	52,09	Regular
14	81	19.813	19.854,8	50,74	Regular
15	87	20.063,8	20.105,6	47,41	Regular
<b>PCI Médio</b>				<b>47,523</b>	<b>Regular</b>
<b>Desvio padrão calculado (S) = 6,39</b>					

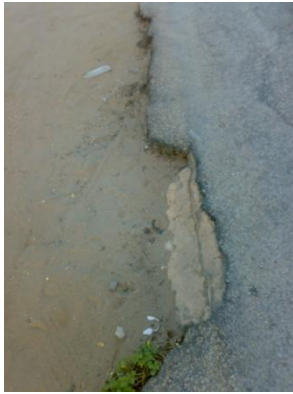
Fonte: autor, 2014

#### 4.1.5. Parcela Monumento – Praça

A parcela Monumento – Praça é composta por duas pistas de sentidos opostos de trânsito, com 334,4 m de comprimento correspondente a 1,6 % do comprimento da EN240 e 6,3 m de largura para cada pista, com 6 unidades de 263,34 m<sup>2</sup> para cada unidade inspecionada em cada pista, totalizando 12 unidades por inspecionar na parcela em destaque.

#### **4.1.5.1.Sentido Monumento – Praça**

O sentido Monumento - Praça, apresenta em sua superfície 10 defeitos (ver tabela 16), e os de maior frequência são rachadura de borda em 15,9 %, elevação de pista/berma com 15,8 %, agregados polidos com 14,9 % e rachadura em bloco com 13,3 % (ver figuras abaixo).



**Fig. 19. Rachadura de borda**

*Fonte: autor, 2014*



**Fig. 20. Elevação de pista**

*Fonte: autor, 2014*



**Fig. 21. Agregados polidos**

*Fonte: autor, 2014*

Dos 10 defeitos com frequência e extensão diferente prolongam-se pela superfície do pavimento em 11,4 % de baixa severidade, 32,5 % de severidade média e 23,0 % de alta severidade, totalizando 66,9 % da superfície do pavimento em defeituosas condições para esta pista com 1.580,04 m<sup>2</sup> de área inspecionada com 6 unidades inspecionadas.

O desvio padrão calculado para esta parcela é igual a 9,2, comparando com o desvio padrão assumido (10), nota-se que  $9,2 \leq 10$ , logo a quantidade de amostra escolhida para a avaliação do estado da superfície do pavimento é significativa.

O índice da condição do pavimento por unidade inspecionada variou de acordo ao tamanho e severidade dos defeitos encontrados nesta pista de sentido Monumento à Praça (ver tabela 17), tem como média igual a 59,22, o que significa que o pavimento correspondente a esta pista encontra-se em **bom** estado, permitindo um tráfego livre e obediente aos sinais verticais e ao código de estrada em vigor, de modo a preservar o estado físico do pavimento e garantir a segurança dos bens em trânsito.



**Tabela 16. Resumo de defeito e severidade correspondente a parcela com sentido Monumento – Praça**

Defeito	Severidade						Total	
	Baixa		Media		Alta		Quantidade (m <sup>2</sup> )	%
	Quantidade (m <sup>2</sup> )	%	Quantidade (m <sup>2</sup> )	%	Quantidade (m <sup>2</sup> )	%		
3	20	1,266	190	12,025	-	-	210	13,291
4	7	0,443	-	-	-	-	7.0	0,443
5	10	0,633	-	-	-	-	10	0,633
7	83,6	5,291	167,2	10,582	-	-	250,8	15,873
9	-	-	29,8	1,886	219,2	13,873	249	15,759
11	14	0,886	20	1,266	-	-	34	2,152
12	-	-	90	5,696	145	9,177	235	14,873
13	1	0,063	1	0,063	-	-	2	0,127
15	24	1,519	-	-	-	-	24	1,519
18	21	1,329	15	0,949	-	-	36	2,278
<b>Total</b>	180,6	11,430	513	32,468	364,2	23,050	1.057,8	66,948

Fonte: autor, 2014

**Tabela 17. Resumo do PCI da parcela com sentido Monumento – Praça**

Unidades	Abcissa inicial	Abcissa final	PCI	Classificação	
#	Por inspecionar				
1	1	20.105,6	20.147,4	64,17	Bom
2	2	20.147,4	20.189,2	60,11	Bom
3	4	20.231	20.272,8	56,30	Bom
4	5	20.272,8	20.314,6	66,14	Bom
5	7	20.356,4	20.398,2	60,41	Bom
6	8	20.398,2	20.440	48,17	Regular
			<b>PCI Médio =</b>	<b>59,22</b>	<b>Bom</b>
<b>Desvio padrão calculado (S) = 9,20</b>					

Fonte: autor, 2014

#### 4.1.5.2.Sentido Praça – Monumento

O sentido Praça – Monumento, conta com nove defeitos (ver tabela 18), e apresenta com maior frequência elevação de pista/berma em 15,9 %, rachadura de borda em 8,2 % e rachadura em bloco com 5,7 % (veja figuras 22; 23 e 24).



**Fig. 22. Elevação de pista**

Fonte: autor, 2014



**Fig. 23. Rachadura de borda**

Fonte: autor, 2014



**Fig. 24. Rachadura em bloco**

Fonte: autor, 2014

Estes nove defeitos, entre eles os de maior ou menor frequência e extensão, prolongam-se pela superfície do pavimento em 10,4 % de baixa severidade, 15,2 % de severidade média e 17,1 % de alta severidade, totalizando 42,7 %. Com isto, 42,7 % da superfície do pavimento encontra-se em defeituosas condições, pertencente a 1.580,04 m<sup>2</sup> de área inspecionada no universo de 2.106,72 m<sup>2</sup> da mesma pista com 6 unidades inspecionadas.

O desvio padrão calculado para esta parcela é igual a 6,56, comparando com o desvio padrão assumido (10), nota-se que  $6,56 \leq 10$ , logo a quantidade de amostra escolhida para a avaliação do estado da superfície do pavimento é significativa.

O índice da condição do pavimento por unidade inspecionada variou de acordo ao tamanho e severidade dos defeitos encontrados nesta pista (ver tabela 19), como média igual a 52,90, o que significa que este pavimento pertencente a parcela com sentido Praça – Monumento encontra-se em **regular** estado, permitindo um tráfego moderado e cauteloso de modo a preservar o estado físico e mecânico dos automóveis e garantir a segurança dos bens em trânsito.

**Tabela 18. Resumo de defeito e severidade correspondente a parcela com sentido Praça – Monumento**

Defeito	Severidade						Total	
	Baixa		Media		Alta		Quantidade	%
	Quantidade (m <sup>2</sup> )	%	Quantidade (m <sup>2</sup> )	%	Quantidade (m <sup>2</sup> )	%	Quantidade (m <sup>2</sup> )	%
<b>3</b>	70	4,430	20	1,266	-	-	90	<b>5,696</b>
<b>5</b>	10	0,633	6	0,380	-	-	16	1,013
<b>7</b>	<b>45</b>	<b>2,848</b>	<b>65</b>	<b>4,114</b>	<b>20</b>	<b>1,266</b>	<b>130</b>	<b>8,228</b>
<b>9</b>	-	-	-	-	<b>250,8</b>	<b>15,873</b>	<b>250,8</b>	<b>15,873</b>
<b>11</b>	14	0,886	15	0,949	-	-	29	1,835
<b>12</b>	-	-	62	3,924	-	-	62	3,924
<b>13</b>	5	0,316	-	-	-	-	5	0,316
<b>15</b>	20	1,266	26	1,646	-	-	46	2,911
<b>18</b>	-	-	46	2,911	-	-	46	2,911
<b>Total</b>	164	10,379	240	15,189	270,8	<b>17,139</b>	674,8	<b>42,708</b>

*Fonte: autor, 2014*

**Tabela 19. Resumo do PCI da parcela com sentido Praça – Monumento**

Unidades		Abcissa inicial	Abcissa final	PCI	Classificação
#	Por inspecionar				
1	1	20.398,2	20.440	57,82	Bom
2	2	20.356,4	20.398,2	53,34	Regular
3	4	20.272,8	20.314,6	67,98	Bom
4	5	20.231	20.272,8	47,79	Regular
5	7	20.147,4	20.189,2	49,51	Regular
6	8	20.105,6	20.147,4	40,96	Regular
<b>PCI Médio =</b>				<b>52,90</b>	<b>Regular</b>
<b>Desvio padrão calculado (S) = 6,56</b>					

Fonte: autor, 2014

#### 4.2. Generalidade dos resultados

Com base na metodologia usada para avaliar o estado físico da superfície da estrada, foi possível saber da real condição física da estrada em avaliação, como prova do referido nas hipóteses, vejamos a tabela 20 que mostra claramente os resultados obtidos pela aplicação do método para obtenção da severidade, extensão dos defeitos e classificação da condição do pavimento em avaliação.

**Tabela 20: Resumo de Defeitos, Severidade correspondente a EN240 (Pambara - Vilankulo)**

Defeito	Severidade						Total	
	Baixa		Media		Alta		Quantidade (m <sup>2</sup> )	%
	Quantidade (m <sup>2</sup> )	%	Quantidade (m <sup>2</sup> )	%	Quantidade (m <sup>2</sup> )	%		
1	3	0,018	4	0,024	-	-	7	0,041
2	160	0,943	126	0,743	-	-	286	1,686
3	182,97	1,079	493	2,907	-	-	675,97	3,986
4	23	0,136	16	0,094	-	-	39	0,230
5	75	0,442	84,25	0,497	-	-	159,25	0,939
7	<b>504,8</b>	<b>2,976</b>	<b>1.113,2</b>	<b>6,564</b>	<b>3.467,2</b>	<b>20,443</b>	<b>5.085,2</b>	<b>29,983</b>
8	25	0,147	15	0,088	-	-	40	0,236
9	<b>972,4</b>	<b>5,733</b>	<b>3.146,5</b>	<b>18,552</b>	<b>954,8</b>	<b>5,630</b>	<b>5.073,7</b>	<b>29,916</b>
11	124	0,731	50	0,295	-	-	174	1,026
12	160	0,943	396	2,335	145	0,855	701	4,133
13	151	0,890	10	0,059	4	0,024	165	0,973
15	116	0,684	79	0,466	-	-	195	1,150
18	464,8	2,741	116	0,684	-	-	580,8	3,425
19	28	0,165	-	-	-	-	28	0,165
<b>Total</b>	<b>2.989,97</b>	<b>17,629</b>	<b>5.648,95</b>	<b>33,307</b>	<b>4.571</b>	<b>26,952</b>	<b>13.209,92</b>	<b>77,888</b>

Fonte: autor, 2014

A tabela 20, mostra-nos que dos 16.960,08 m<sup>2</sup> do pavimento inspecionado da EN240, 17,6 % do pavimento inspecionado é de baixa severidade, 33,3 % é de média severidade e 26,9 % é de alta severidade, no total 77,8 % do pavimento inspecionado encontra-se defeituoso, com



60,3 % da estrada em severidade média e alta, e os principais defeitos nela encontrados são: rachadura de borda e elevação de pista/berma.

Feita a media das parcelas para a classificação do índice da condição do pavimento da estrada em avaliação, verificou-se que é de 47,69, mostrando que o índice da condição do pavimento da EN240 é **regular** embora tenha 77,9 % da superfície asfaltada defeituosa (ver tabela 21).

**Tabela 21. Resumo do PCI correspondente a EN240 (Pambara - Vilankulo)**

<b>Parcela</b>	<b>PCI Médio</b>	<b>Classificação</b>
<b>Pambara – Ponte</b>	49,49	Regular
<b>Ponte – Faiquete</b>	42,54	Regular
<b>Faiquete – vilankulo Madeira</b>	42,84	Regular
<b>Vilankulo Madeira – monumento</b>	47,52	Regular
<b>Monumento – Praça</b>	56,06	Bom
<b>Media Geral =</b>	<b>47,69</b>	<b>Regular</b>

*Fonte: autor, 2014*

## **V. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO**

### **5.1. Conclusão**

Foi possível avaliar o estado da superfície do pavimento da estrada “Pambara – Vilankulo” usando o método para avaliação da superfície de pavimento asfaltado de pista simples.

Pudera fazer o levantamento da condição física da estrada e classificar os tipos de defeitos encontrados por unidade de amostra, através da revisão bibliográfica e do formulário presente em **ANEXO A**, por onde são registados todos os defeitos com as respectivas extensões e severidade.

A EN240 apresenta defeitos de severidade média e severidade alta com 33,3 % e 26,9 % respectivamente, podendo-se sentir vibrações excessivas que causam o desconforto e criam danos severos aos veículos durante o trânsito.

Foi possível determinar a condição da superfície da estrada dividida em parcela, destacando-se que as parcelas mais críticas da EN240 são: Ponte – Faiquete; Faiquete – Vilankulo Madeira e Vilankulo Madeira – Monumento com 82,2 %; 85,9 % e 84,9 % do pavimento defeituoso respectivamente.

Por fim, o método PCI escolhido para avaliar o estado da superfície do pavimento da estrada “Pambara – Vilankulo”, aponta que 77,9 % da superfície do pavimento da estrada encontra-se defeituosa, necessitando da intervenção das entidades competentes, para reaver a situação vivida pelos automobilistas usuários desta via.

### **5.2. Recomendação**

Recomenda-se que sejam apresentados os resultados deste trabalho ao Serviço Distrital de Planeamento e Infra-estruturas do distrito para que estejam cientes da condição em que se encontra a EN240.

Criação de um calendário de fiscalização semestral e manutenção sempre que necessário, de modo a mitigar a propagação dos defeitos.

Uso dos resultados obtidos no presente trabalho para tomada de decisão (reabilitação ou manutenção), pelas entidades competentes.

## VI. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AASHTO, "AASHTO Guide for Design of Pavement Structures", American Association of State Highways and Transportation Officials, Washington D.C., 1993
- ANE, *Caderno do Sistema Administrativo de Moçambique*, Portal da Administração Nacional de Estradas, 2009. Disponível em <http://ane.gov.mz>;
- BURNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B.; Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros, 3<sup>a</sup> Edição, Rio de Janeiro, PETROBRAS, 2008
- FIEGE, K.; BERLING, S.; CUMBANA, I.; KILWING, M.; MAAß, G.; QUITZOW, L.; Contribuição da Construção de Estradas Rurais na Redução da Pobreza?: Análise de Impacto na Província de Sofala, Moçambique. 1<sup>a</sup> Edição, Beira/Berlin, 2006
- GRAMLING, W. "Current Practices in Determining Pavement Condition": NCHRP Synthesis of Highway Practices. Vol. 203, Estados Unidos. 1994.
- GUIMARÃES, C. J. DROPA, M. M. JORGE, M. A. P. Dos caminhos de circulação às rodovias de integração. Ponta Grossa-PR, 2004.
- [http://pt.m.wikipedia.org/wiki/transporte\\_rodoviario](http://pt.m.wikipedia.org/wiki/transporte_rodoviario) ; acessado em 8 de junho de 2013, as 16h18min.
- INVÍAS. Manual Para Diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de transito. Colombia, 1997.
- MATE, FILIPE. Rede de Transportes em Moçambique 2010, (Artigo) (<http://www.webartigos.com/autores/matefilipesilvestregmailcom/#content-top-list>);
- MONTEJO, F. ALONSO. Ingeniería de Pavimentos: fundamentos, estudios básicos y diseño. 3<sup>o</sup> edición. Bogotá 2006.
- NODARI, C. T.; LINDAU, L. A. Auditoria de Segurança Viária: Transportes; Vol. 9, 2<sup>a</sup> Edição, 2001.
- NODARI, C. T.; MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA POTENCIAL DE SEGMENTOS RODOVIÁRIOS RURAIS DE PISTA SIMPLES, Porto Alegre, Agosto de 2003
- OGDEN, K.W.; Safer roads: a guide to road safety engineering. Ashgate Publishing limited, University Press, Cambridge, 1996.
- República de Moçambique. Governo Distrital de Vilankulo. Plano Estratégico de Desenvolvimento do Distrito – PEDD (2011-2015). Vilankulo, 2011

- RITCHIE, S.; Yeh, C.; Mahoney, J. y Jackson, N. (1986) “Surface Condition Expert System for Pavement Rehabilitation Planning”. Vol. 113,
- SALINA, C. R. A.; EVALUACIÓN SUPERFICIAL DE ALGUNAS CALLES DE LA CIUDAD DE LOJA, Loja, Outubro 2009
- SHAHIN, M. Y, Pavement Management for Aiports Roads anad Parkink Lots. Springer Science + Bussiness Media. LLC. 2<sup>a</sup> edición. 2005
- SOLMINIHAC, H. “Gestión de Infraestructura Vial”. 2<sup>a</sup> Ed. Universidade Católica de Chile. 2001.
- SOLMINIHAC, HERNAN. Gestion de infraestructura vial. 3<sup>o</sup> edición. Alfaomega. Colombia 2005.
- SORAYA, (2008) – Impacto dos Transportes em Moçambique (<http://pt.scribd.com/soraya> ;
- VARELA, L. R. V. PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI): PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO EN CARRETERAS, Manizales, Febrero de 2002.
- VALENCIA, J. A. P.; “AUSCULTACIÓN, CALIFICACIÓN DEL ESTADO SUPERFICIAL Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA CARRETERA SECTOR PUENTE DE LA LIBERTAD – MALTERIA DESDE EL K0+000 HASTA EL K6+000 (CÓDIGO 5006)”, Universidad Nacional De Colombia Sede Manizales, 2007

# **ANEXO**

