



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA CIVIL

Trabalho de Licenciatura

**AVALIAÇÃO DO PAVIMENTO ASFÁLTICO PELO MÉTODO DE
ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO (PCI)**

**Estudo de Caso: Início da Rua Mário Coluna (R4816) até Bombas da Total
(Av. Julius Nyerere (R4001))**

Michella Clarisse Bonifácio Mutisse

Supervisor:

Prof. Doutor Eng^o. José Francisco Rufino Diogo (UEM)

Maputo, Agosto de 2023

Michella Clarisse Bonifácio Mutisse

**AVALIAÇÃO DO PAVIMENTO ASFÁLTICO PELO MÉTODO DE
ÍNDICE DE CONDIÇÃO DO PAVIMENTO (PCI)**

**Estudo de Caso: Início da Rua Mário Coluna (R4816) até Bombas da Total
(Av. Julius Nyerere (R4001))**

Trabalho de Licenciatura submetido ao
Departamento de Engenharia Civil para
obtenção do grau de **Licenciatura em
Engenharia Civil**

Supervisor:

Prof. Doutor Eng^o. José Francisco Rufino Diogo (UEM)

Maputo, Agosto de 2023

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, **Michella Clarisse Bonifácio Mutisse**, declaro que este trabalho de licenciatura foi exclusivamente realizado por mim. O mesmo é agora submetido de acordo com os requisitos e exigências para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Civil pela **Universidade Eduardo Mondlane**.

Michella Clarisse Bonifácio Mutisse

DEDICATÓRIA

Á minha avó (*em memória*):

“Seja forte e persistente”

Elizabeth Chabana

Aos meus pais e irmãos:

“Desistir...eu já pensei seriamente nisso, mas nunca me levei realmente a sério; é que tem mais chão nos meus olhos do que cansaço nas minhas pernas, mais esperança nos meus passos, do que tristeza nos meus ombros, mais estrada no meu coração do que medo na minha cabeça”

Cora Coralina

AGRADECIMENTOS

Alcançar essa etapa é sem dúvida, o resultado da manifestação da grandeza de Deus na minha vida. Portanto, expresso a minha gratidão á Deus, por mais uma vez atender as minhas orações e me conceder essa conquista. O meu agradecimento é extensivo:

Ao meu supervisor, José Diogo, pelos ensinamentos, paciência, dedicação e orientação para a realização deste trabalho de licenciatura;

A minha avó, Elizabete Chabana, onde quer que esteja espero que sinta a minha gratidão pelos ensinamentos, amor e incentivo para que eu me tornasse na Engenheira que tanto anseiava e acima de tudo, na minha melhor versão como ser humano;

Aos meus pais, Bonifácio Mutisse e Clara Tivana, pelo amor, sacrifício, orações e suporte, não restam dúvidas que têm desempenhado com mestria a vossa missão;

Aos meus irmãos, Denisse Mutisse, Edylson Mutisse e Henriques Mabone, pelo apoio, motivação, compreensão e companheirismo em todos momentos;

Aos meus tios, Emídio Mabone e Virgínia Tivana, pelos ensinamentos, apoio e acolhimento;

Ao meu companheiro, Nélio Chiau, pelo amor, amizade e suporte, priorizando sempre os meus estudos e nunca me deixar desistir;

Ao Engenheiro Lucas Chiau, pelos conselhos, críticas e boa vontade em ajudar;

Aos meus colegas e amigos, Milena Fé, Pietra Paliche, Eliane Tembe, Victor Benhane, Tarékh Impuia, Cláudio Venancio, Ronaldo Josine, Tinkler Nhantumbo, Hélder Simões, Victorino Xavier, Gabriel Comé, Selmo Piargy, Davis Sasabo e Erik Ferreira pelos momentos de aprendizado e amizade ao longo do curso.

RESUMO

Índice de Condição do Pavimento (PCI) é um método de avaliação funcional do pavimento que permite caracterizar e registrar os diferentes tipos de defeitos, sua extensão e severidade. Actualmente, o troço Rua Mário Coluna (R4816) até Bombas da Total (Av. Julius Nyerere (R4001)) apresenta-se em estado muito degradado devido ao elevado número de defeitos existentes no pavimento, o que afecta negativamente na sua funcionalidade. Devido a sua importância na distribuição do tráfego para Av. Julius Nyerere, a candidata elegeu o mesmo para estudo de caso do presente trabalho de licenciatura, aplicando o método moderno de avaliação da condição do pavimento (PCI), visando apresentar uma solução de melhoramento através de uma proposta de reparação. Na avaliação do troço obteve-se um resultado de PCI igual a 51, correspondente a uma classificação de Mau Pavimento. Ademais, foram apresentadas as conclusões e recomendações, sendo a solução mais assertiva, a execução de um Reforço Estrutural.

Palavras-chave: Pavimento asfáltico; Índice de Condição de Pavimento; Defeitos.

ABSTRACT

Pavement Condition Index (PCI) is a method of functional evaluation of the pavement that allows to characterize and record the different types of defects, their extension and severity. Currently, the section Rua Mário Coluna (R4816) to Bombas da Total (Av. Julius Nyerere) is in a very degraded state due to the high number of defects in the pavement, which adversely affects its functionality. Due to its importance in the distribution of traffic to Av. Julius Nyerere, the candidate chose the same for case study of the present degree work, applying the modern method of evaluation of the condition of the pavement (PCI), aiming to present a solution of improvement through a proposal of repair. In the evaluation of the section, a PCI result equal to 51 was obtained, corresponding to a classification of Bad Pavement. In addition, the conclusions and recommendations were presented, with the most accurate solution, the implementation of a Structural Reinforcement.

Keywords: Asphalt pavement; Floor Condition Index; Defects.

ÍNDICE

DEDICATÓRIA	I
AGRADECIMENTOS.....	II
RESUMO	III
ABSTRACT	IV
LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABELAS.....	VII
ESTRUTURA DO TRABALHO.....	VIII
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Justificativa	2
1.3. Formulação do problema	2
1.4. OBJECTIVOS.....	3
1.4.1. Geral.....	3
1.4.2. Específicos	3
CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA.....	4
2.1. Pavimento.....	4
2.2. Classificação dos Pavimentos.....	4
2.2.1. Estrutura do Pavimento	6
2.3. Avaliação dos Pavimentos	8
2.3.1. Serventia do Pavimento	8
2.3.2. Desempenho do Pavimento.....	8
2.4. Avaliação Funcional do Pavimento.....	8
2.5. Defeitos nos Pavimentos.....	9
2.5.1. Trincas (ou fendas) e subdivisões	9
2.5.2. Defeitos semelhantes (remendos e buracos)	15
2.5.3. Deformação Permanente, Corrugação (ou escorregamento).....	17
2.5.4. Exsudação, Agregados Polidos e Desgaste	19
2.5.5. Desnível entre Pista/Acostamento.....	22
2.6. Método do PCI	23
2.7. Classificação da condição do pavimento em função do valor de PCI	24
2.8. Definição das estratégias de manutenção e reabilitação.....	26
2.8.1. Manutenção Preventiva.....	26
2.8.2. Manutenção Correctiva.....	26
2.8.3. Reforço do Pavimento	26
2.8.4. Reconstrução Parcial do Pavimento	26

2.8.5. Reconstrução Total do Pavimento.....	26
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA	27
3.1. Local de estudo.....	27
3.2. Aplicação do método do PCI	27
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS	30
4.1. RESULTADOS.....	30
4.1.1 Secção 1	30
4.1.2. Secção 2	31
4.1.3. Secção 3	31
4.1.4. Secção 4	32
4.1.5. Troço Rua Mário Coluna até Bombas da Total	33
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDACÕES	34
5.1. CONCLUSÕES.....	34
5.2. RECOMENDACÕES.....	35
6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
7. ANEXOS.....	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Constituição de um pavimento flexível.....	5
Figura 2. Constituição de um pavimento semirrígido (LNEC, 2005).....	5
Figura 3. Constituição de um pavimento rígido (LNEC, 2005).....	6
Figura 4. Camadas constituintes do pavimento flexível (CNT, 2018)	6
Figura 5. Trincas por fadiga (Fonte: Norma DNIT 005/2003 - TER 2003)	10
Figura 6. Trincas em blocos (Fonte: Norma DNIT 005/2003 - TER 2003).....	11
Figura 7. Trincas nos bordos (Fonte: Arquivo do DER/SP)	12
Figura 8. Trinca longitudinal fora das trilhas de roda (Fonte: Norma DNIT 005/2003 - TER 2003)	13
Figura 9. Trincas por reflexão em juntas (Fonte: FHWA 1993)	14
Figura 10. Trinca transversal (Fonte: Norma DNIT 005/2003 - TER 2003).....	15
Figura 11. Remendo 'bem' executado (Fonte: Bernucci et al., 2007).....	16
Figura 12. Buraco ou Panela (Fonte: Norma DNIT 005/2003 - TER 2003).....	17
Figura 13. Deformação Permanente nas trilhas de roda (Fonte: Norma DNIT 005/2003 - TER 2003)	18
Figura 14. Corrugação ou Escorregamento (Fonte: Norma DNIT 005/2003 - TER 2003)	19
Figura 15. Ocorrências de Exsudação (Fontes: Norma DNIT 005/2003 - TER 2003 e Bernucci et al., 2007).....	20
Figura 16. Agregados Polidos (Fonte: FHWA 1993)	21
Figura 17. Desgaste (Fonte: Norma DNIT 005/2003 - TER 2003).....	22
Figura 18. Desnível entre pista de rolamento e acostamento não pavimentado (Fonte: Arquivo do DER/SP).....	23
Figura 20. Escala de classificação do estado do pavimento em função do PCI (adaptado ASTM D 5340- 12).....	25

Figura 21. Localização do estudo de caso (FONTE: Google Earth 2023) 27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Defeitos de pavimento asfáltico e forma de medição para o Método do PCI (Fonte: APS et al. 1998).	24
Tabela 2. Condição actual do pavimento da Secção 1	30
Tabela 3. Condição actual do pavimento da Secção 2.....	31
Tabela 4. Condição actual do pavimento da Secção 3.....	32
Tabela 5. Condição actual do pavimento da Secção 4.....	33
Tabela 6. Classificação do PCI para cada secção e troço em geral.....	33

ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho desenvolve-se em 5 capítulos, sendo:

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Apresenta o enquadramento do trabalho desenvolvido. Adicionalmente, apresenta a justificativa, a problemática, os objectivos e a estrutura do trabalho.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA

Aborda toda a fundamentação teórica pertinente para o trabalho, desde os conceitos sobre pavimentos, sua classificação, defeitos e o método de avaliação do índice de condição dos pavimentos asfálticos.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

Comporta a descrição do local em estudo e a implementação do método de PCI.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS

Apresenta os resultados obtidos que irão satisfazer o problema em questão.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Descreve as conclusões retiradas do trabalho desenvolvido e recomendações pertinentes para desenvolvimentos futuros.

Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas citadas ao longo do trabalho e os anexos.

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

O deslocamento do Homem através de caminhos demarcados, denominados estradas, remonta de data longínqua. Os chineses são considerados pioneiros, tendo sido os primeiros a construí-las. No entanto, foram os romanos que efectuaram sua pavimentação e drenagem, dando-lhes grande importância, mantendo-as sempre em manutenção, a fim de facilitar o deslocamento de legiões e o acesso a bens disponíveis (BALBO, 2007).

Um bom dimensionamento, uma construção com qualidade e uma manutenção planeada permitem aos pavimentos, não só suportar todas as acções para os quais foram dimensionados, como também fornecer segurança e conforto, que se tornaram características fundamentais dos pavimentos rodoviários, de modo a garantir um bom desempenho durante o seu período de vida útil (SIMÕES, 2008).

A partir do momento em que os pavimentos são concebidos, inicia-se o processo de consumo de vida útil devido às solicitações do tráfego e acções do clima. Com isso, surge a manifestação de defeitos no pavimento, havendo assim a necessidade de aplicar métodos distintos para avaliar a condição dos pavimentos, como forma de definir estratégias de manutenção e reabilitação, com base no estudo de diferentes defeitos que possam surgir e suas causas, em função da severidade e extensão com que se manifestam (NETO, 2019).

Ao longo das vias da Cidade de Maputo verifica-se a ocorrência de defeitos nos pavimentos rodoviários que afectam directamente as actividades da população, a manutenção dos veículos e a economia do país. Diante do exposto, o tema visa a Avaliação do Pavimento Asfáltico pelo Método de Índice de Condição do Pavimento, em particular para o troço do início da Rua Mário Coluna (R4816) até Bombas da Total (Av. Julius Nyerere (R4001)), numa extensão de 300m.

1.2. Justificativa

Após uma inspecção visual da Rua Mário Coluna (R4816) até Bombas da Total (Av. Julius Nyerere (R4001)), verificou-se a existência de um número elevado de defeitos no pavimento asfáltico que condiciona a circulação dos veículos. Embora esta via já tenha sofrido diversas intervenções de manutenção, observa-se que em pouco tempo os defeitos surgem novamente.

Com isso, surge a necessidade de avaliar a condição deste pavimento através do método de PCI, pois a determinação da condição da superfície de um pavimento, bem como a análise dos diferentes tipos e causas de defeitos, é de grande importância para elaboração de projectos adequados de conservação ou recuperação das vias, de modo que os recursos empregados em serviços de manutenção ou reabilitação de pavimentos sejam aplicados de forma criteriosa.

1.3. Formulação do problema

Os pavimentos estão sujeitos a manifestações de defeitos, que constituem um conjunto de alterações superficiais ou estruturais, que necessitam de um plano estratégico de manutenção e reabilitação como resultado de uma avaliação correcta, para garantir continuidade do seu bom desempenho (GUIMARÃES, 2011).

O troço Rua Mário Coluna(R4816) até Bombas da Total (Av. Julius Nyerere (R4001)) tem sofrido intervenções de manutenção do pavimento, porém em curto tempo observa-se o surgimento de novos defeitos ou o agravamento dos defeitos existentes. Consequentemente emergem problemas como: o congestionamento de veículos; o risco de danificação dos veículos; acidentes; atraso dos utentes aos seus locais de trabalho; dificuldade no transporte de mercadorias e excessivos gastos para a sua reparação. Deste modo, o presente trabalho baseia-se na seguinte questão de pesquisa:

Qual deve ser a estratégia de manutenção ou reabilitação para o troço Rua Mário Coluna até Bombas da Total, por forma a evitar o surgimento de novos defeitos ou o agravamento dos defeitos existentes, em curto tempo?

1.4. OBJECTIVOS

1.4.1. Geral

Avaliar o pavimento asfáltico pelo método de Índice de Condição do Pavimento na Rua Mário Coluna (R4816) até Bombas da Total (Av. Julius Nyerere (R4001)).

1.4.2. Específicos

- Efectuar o levantamento dos defeitos existentes nas secções identificadas;
- Determinar a condição do pavimento usando o método de Índice de Condição do Pavimento;
- Identificar a estratégia de manutenção ou reabilitação de acordo com a tabela de classificação do Índice de Condição do Pavimento.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Pavimento

Segundo Balbo (2007), *pavimento* é uma estrutura duradoura composta por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados, adequada para atender estrutural e operacionalmente ao tráfego, de maneira durável e ao custo mínimo possível, considerando serviços de manutenção preventiva, correctiva e de reabilitação obrigatórios.

Segundo a NBR-7207 ABNT (1982), o pavimento é uma estrutura construída após terraplanagem destinada, económica e simultaneamente a:

- a) Resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego;
- b) Melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança;
- c) Resistir aos esforços horizontais que nela actuam, tornando mais durável a superfície de rolamento.

Nesse sentido, de acordo com Balbo (2007), estruturalmente, o pavimento deve receber, aliviar e transmitir esforços sobre as camadas inferiores, geralmente menos resistentes.

2.2. Classificação dos Pavimentos

De forma geral, os pavimentos são classificados em flexíveis, semirrígidos e rígidos:

- **Pavimento flexível** - composto por uma camada de rolamento executada em concreto asfáltico sobre camadas granulares (OLIVEIRA, 2008).

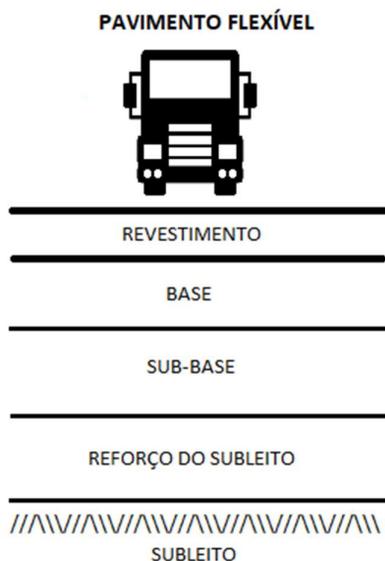


Figura 1. Constituição de um pavimento flexível

- **Pavimento semirrígido** - caracteriza-se por possuir base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias e revestimento flexível (DNIT, 2006).

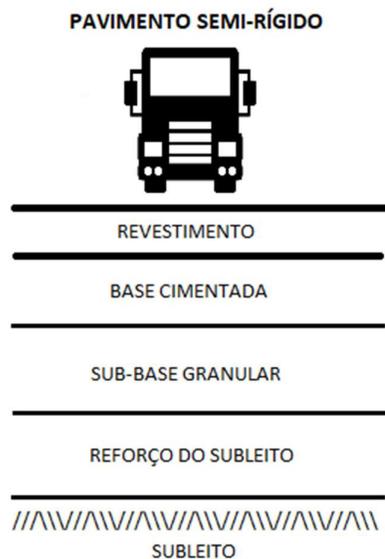


Figura 2. Constituição de um pavimento semirrígido (LNEC, 2005)

- **Pavimento rígido** – é aquele no qual o revestimento é geralmente constituído por placas de concreto (DNIT, 2006).

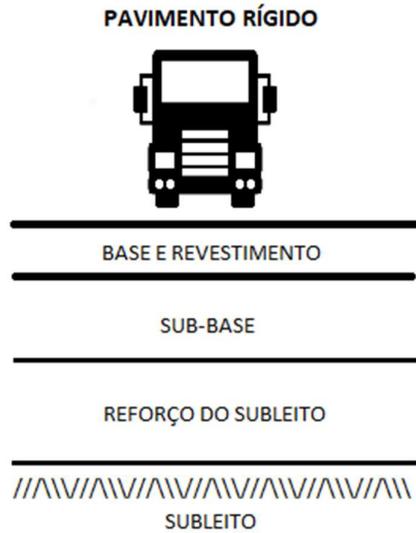


Figura 3. Constituição de um pavimento rígido (LNEC, 2005)

2.2.1. Estrutura do Pavimento

De acordo com Balbo (2007), cada camada do pavimento possui uma ou mais funções específicas, que devem proporcionar aos veículos condições adequadas de rolamento e suporte, em qualquer acção climática. A Figura 04 ilustra as camadas constituintes da estrutura.

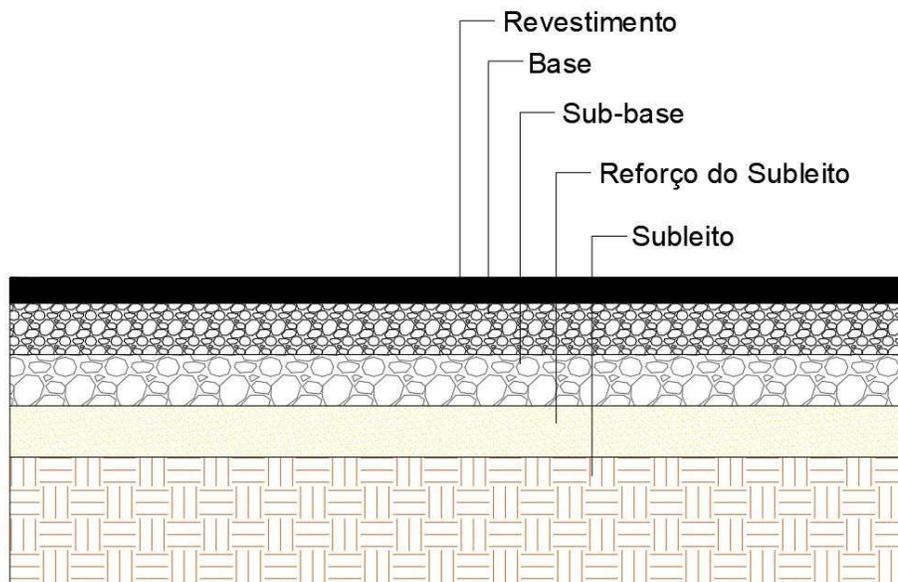


Figura 4. Camadas constituintes do pavimento flexível (CNT, 2018)

➤ **Subleito (*terreno natural*)**

Maciço de terra que assume a função de proporcionar apoio para as demais camadas após os serviços de corte e aterro. É a “fundação” de todo o pavimento. Segundo Neto (2019), é a camada “enfraquecida” da estrutura, conforme sua capacidade, pode ser necessária a execução de um reforço para o subleito.

➤ **Regularização do subleito (*corrige falhas*)**

A regularização do subleito não constitui propriamente uma camada de pavimento, visa regular o leito da estrada, transversal e longitudinalmente, obedecendo às especificações do projecto de terraplanagem, compreendendo cortes ou aterros de até 20 cm de espessura (SILVA, 2008).

➤ **Reforço do subleito (*camada adicional*)**

Segundo o DNIT (2010b), é a camada estabilizada granulometricamente, disposta acima do subleito adequadamente compactado e regularizado, sendo aplicada para reduzir altas espessuras da camada de sub-base.

➤ **Sub-base (*camada complementar*)**

De acordo com Danieleski (2004), é a camada correctiva ou complementar à base, proporcionando a redução da espessura da base.

➤ **Base (*reforço estrutural*)**

É a camada considerada como a mais importante estruturalmente, posicionada abaixo do revestimento, exercendo a função de suporte estrutural, designada a resistir aos esforços devido aos deslocamentos dos veículos, e posteriormente distribuí-los para as camadas inferiores (DNIT, 2010d).

➤ **Revestimento (*camada de rolamento*)**

Segundo Bernucci *et al.* (2008), é definido como a camada que impermeabiliza o pavimento e actua directamente às acções do tráfego, ao resistir e ao transmitir-las às camadas subjacentes, possibilitando conforto e segurança.

2.3. Avaliação dos Pavimentos

A avaliação da superfície consiste em verificar as condições funcionais e estruturais dos pavimentos, por meio da identificação dos defeitos presentes na superfície do pavimento. Esta avaliação é realizada por meio de procedimentos padronizados de medidas e inspecções (SILVA, 2019).

Um dos principais objectivos da utilização de métodos avaliativos é a obtenção do melhor retorno possível para os recursos investidos, provendo pavimentos seguros e confortáveis e aos usuários (SILVA, 2019).

2.3.1. Serventia do Pavimento

De acordo com o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), a serventia do pavimento é a capacidade que o mesmo tem de proporcionar um nível determinado de desempenho funcional, ou seja, é a condição funcional do pavimento diante do ciclo de vida do projecto.

2.3.2. Desempenho do Pavimento

Entende-se como desempenho a variação da serventia ao longo do tempo. Deve-se considerar também o desempenho estrutural do pavimento em projecto, ou seja, o tempo em que o pavimento resiste aos defeitos existentes e ao acúmulo de deformações quando submetido ao tráfego esperado (GONÇALVES, 1999).

2.4. Avaliação Funcional do Pavimento

A avaliação funcional do pavimento é apresentada em forma de um índice de serventia do pavimento, atribuindo conceitos quanto ao grau de severidade dos defeitos superficiais encontrados no pavimento (CINCERRE *et al.*, 2009).

De acordo com o DNIT (2006), a avaliação funcional considera o levantamento visual contínuo do troço em questão, com o objectivo de avaliar a superfície do pavimento existente, fazendo o levantamento de irregularidades na superfície longitudinal do pavimento e o simultâneo cadastro dos reparos superficiais e profundos, contendo:

- Características gerais do local estudado;
- Registo fotográfico;
- Descrição detalhada dos procedimentos utilizados;
- Análise dos resultados obtidos;
- Cadastro contínuo de reparos superficiais e profundos existentes.

2.5. Defeitos nos Pavimentos

Durante a vida útil dos pavimentos, a estrutura está sujeita ao aparecimento de diversos tipos de manifestações patológicas, que estão relacionadas aos materiais utilizados, ao comportamento mecânico, à intensidade do tráfego, às acções do clima e à qualidade na execução do pavimento, características essas que são peculiares para cada estrutura (GUIMARÃES, 2011).

Para que o sistema rodoviário exerça de forma satisfatória a sua importante missão, é fundamental que a rodovia ofereça, de forma permanente, um elevado nível de serventia, ou seja, um nível adequado de desempenho (DNIT, 2005).

2.5.1. Trincas (ou fendas) e subdivisões

Esse defeito é associado à aberturas que surgem na superfície asfáltica. Em algumas bibliografias são citadas as 'fissuras' quando a abertura é perceptível a olho nu apenas à distância inferior a 1.5 m, e as 'trincas' propriamente ditas quando a abertura é superior a da fissura (BERNUCCI *et al.*, 2007 e DNIT-005/2003-TER, 2003).

As trincas são classificadas em: Trincas por Fadiga, Trincas em Blocos, Trincas nos Bordos, Trincas Longitudinais, Trincas por Reflexão em Juntas e Trincas Transversais. Esses tipos de trincas são descritas, a seguir, de acordo com FHWA (1993) e Fernandes Jr. *et al.* (2003).

a) As Trincas por fadiga apresentam-se como pequenos blocos irregulares, conectados, com aparência semelhante ao couro de jacaré ou crocodilo, com espaçamento inferior a 0,3 m.

- **Causa:**

Ocorrem quando as cargas às quais o pavimento foi submetido estavam acima de sua capacidade estrutural de projecto.
- **Severidade:**
 - Baixa (L) - algumas trincas desconectadas ou levemente conectadas;
 - Média (M) - há um número expressivo de conexões, formando um padrão mais definido;
 - Alta (H) - o padrão das trincas é evidente.
- **Medição:**

verifica-se a área de ocorrência de cada nível de severidade.
- **Solução:**

Repara-se com lama asfáltica (temporário), ou remendo (permanente).

A Figura 5, extraída da Norma DNIT 005/2003-TER, ilustra esse defeito.



Figura 5. Trincas por fadiga (Fonte: Norma DNIT 005/2003 - TER 2003)

b) As Trincas em blocos ficam dispostas em formatos aproximados de rectângulos conectados (0,1 a 10 metros quadrados de área).

- **Causa:**

Perda de elasticidade, devido ao tempo muito longo de misturas efectuadas com temperaturas acima do recomendado pelas normas de pavimentação.
- **Severidade:**
 - Baixa (L) - trincas com dimensão de até 6 mm;

- Média (M) - trincas com dimensões entre 6 e 19 mm;
- Alta (H) - trincas com dimensões acima de 19 mm.
- **Medição:**
Verifica-se a área de ocorrência de cada nível de severidade.
- **Solução:**
Em pontos de dimensões e profundidades de trincas reduzidas pode ser utilizado material selante. Nos pontos de maior severidade pode ser necessário: remendo ou mesmo reconstrução do pavimento.

A Figura 6, extraída da Norma DNIT 005/2003-TER, ilustra esse tipo de defeito.



Figura 6. Trincas em blocos (Fonte: Norma DNIT 005/2003 - TER 2003)

c) As Trincas nos bordos surgem na borda do pavimento (no limite com o acostamento), em tamanhos irregulares ou crescentes, numa faixa de 0,60 m a partir da extremidade do pavimento.

- **Causa:**
Ocorrem somente quando os acostamentos não são pavimentados.
- **Severidade:**
 - Baixa (L) - trincas sem rupturas ou perda de material;
 - Média (M) – trincas com algumas rupturas e perda de material em até 10% do comprimento do pavimento afectado;
 - Alta (H) - trincas com rupturas e perda de material considerável em mais de 10% do comprimento do pavimento afectado.

- **Medição:**
Verifica-se a extensão (metros) do pavimento afectado, por nível de severidade.
- **Solução:**
Repara-se com selante para evitar entrada de água e enfraquecimento estrutural. Em alguns casos é necessário efectuar o remendo do local danificado.

A Figura 7, de origem do Arquivo do DER/SP, ilustra esse tipo de defeito na SP 338.



Figura 7. Trincas nos bordos (Fonte: Arquivo do DER/SP)

d) As *Trincas longitudinais* surgem predominantemente paralelas ao eixo da rodovia.

- **Causas:**
Há compactação efectuada de maneira muito diferenciada entre cada uma das faixas.
- **Severidade:**
 - Baixa (L) - trincas com dimensão de até 6 mm;
 - Média (M) - trincas com dimensões entre 6 e 19 mm;
 - Alta (H) - trincas com dimensões acima de 19 mm.
- **Medição:**
Quantifica-se a extensão (metros) por nível de severidade.

- **Solução:**

As trincas menores de 3 mm não precisam ser reparadas, às trincas entre 3 e 20 mm deve ser aplicado material selante, quando as trincas tiverem dimensão acima de 20 mm já é o caso de se efectuar remendo ou reconstrução do pavimento.

A Figura 8, extraída da Norma DNIT 005/2003- TER, ilustra a trinca longitudinal fora das trilhas de roda.



Figura 8. Trinca longitudinal fora das trilhas de roda (Fonte: Norma DNIT 005/2003 - TER 2003)

e) As Trincas por reflexão em juntas, esse defeito pode ocorrer em razão de trincas ou juntas nas camadas inferiores de pavimento rígido, no caso de o pavimento asfáltico ter sido executado sobre pavimento de concreto, ou bases com maior rigidez, como as bases tratadas com cimento ou cal.

- **Causas:**

Descontinuidades nas camadas inferiores, que se propagam através do revestimento asfáltico.

- **Severidade:**

- Baixa (L) - trincas com dimensão de até 6 mm;
- Média (M) - trincas com dimensões entre 6 e 19 mm;
- Alta (H) - trincas com dimensões acima de 19 mm.

- **Medição:**

Quantifica-se a extensão (metros) por nível de severidade.

- **Solução:**

Devem ser feitos remendos ou tratamento superficial.

A Figura 9, extraída de FHWA (1993), ilustra as trincas por reflexão em juntas.



Figura 9. Trincas por reflexão em juntas (Fonte: FHWA 1993)

f) As Trincas transversais aparecem predominantemente perpendiculares ao eixo da rodovia.

- **Causas:**

Infiltração de água nas camadas inferiores.

- **Severidade:**

- Baixa (L) - trincas com dimensão de até 6 mm;
- Média (M) - trincas com dimensões entre 6 e 19 mm;
- Alta (H) - trincas com dimensões acima de 19 mm.

- **Medição:**

Quantificação da sua extensão (metros) por nível de severidade.

- **Solução:**

Utilização de material selante em pontos de dimensões e profundidades de trincas reduzidas; nos pontos de maior severidade pode ser necessário: remendo ou mesmo reconstrução do pavimento.

A Figura 10, extraída da Norma DNIT 005/2003-TER, ilustra esse tipo de defeito.



Figura 10. Trinca transversal (Fonte: Norma DNIT 005/2003 - TER 2003)

2.5.2. Defeitos semelhantes (remendos e buracos)

No Manual de Defeitos utilizado nos EUA (FHWA, 1993), os remendos e os buracos são agrupados como defeitos semelhantes. O remendo é um tipo de defeito, apesar de estar relacionado a uma conservação da superfície, que se caracteriza pelo preenchimento de painelas ou de qualquer outro orifício ou depressão com massa asfáltica. Entretanto, a painela ou buraco é uma cavidade que surge no revestimento asfáltico e que pode ou não atingir camadas subjacentes (BERNUCCI *et al.*, 2007). A seguir estão detalhados os dois tipos de defeitos, segundo FHWA (1993) e Fernandes Jr. *et al.* (2003).

a) O Remendo é uma porção de pavimento superficial, maior que 0.1m², que é removida e substituída por material aplicado sobre a construção original da via.

- **Causas:**

Vários defeitos podem causar a necessidade de remendos.

- **Severidade:**

- Baixa (L) - dimensões inferiores a 6 mm, pouco afectando a qualidade de tráfego;
- Média (M) - dimensões entre 6 mm e 12 mm, afetando moderadamente a qualidade de tráfego;
- Alta (H) - dimensões superiores a 12 mm, com grave interferência na qualidade do tráfego.

- **Medição:**

Registo da área afectada por nível de severidade.

- **Solução:**

Recorte e limpeza da área atingida, aplicação da camada impermeabilizante e aderente e, posteriormente, do material de reposição.

A Figura 11, extraída de Bernucci *et al.* (2007), ilustra um 'remendo bem executado'.



Figura 11. Remendo 'bem' executado (Fonte: Bernucci et al., 2007)

b) Os Buracos ou Painelas ocorrem em forma de tigela, de vários tamanhos, na superfície do pavimento.

- **Causa:**

Aparecem em locais com segregação de material (falta de ligante em alguns pontos) ou em revestimentos com pouca espessura ou baixa capacidade de suporte das camadas inferiores (falha estrutural).

- **Severidade:**

- Baixa (L) - dimensões de até 25 mm de profundidade;
- Média (M) – dimensões entre 25 a 50 mm de profundidade;
- Alta (H) - dimensões acima de 50 mm de profundidade.

- **Medição:**

Regista-se a área por nível de severidade.

- **Solução:**

Execução do remendo.

A Figura 12, extraída da Norma DNIT 005/2003-TER, ilustra esse tipo de defeito.



Figura 12. Buraco ou Panela (Fonte: Norma DNIT 005/2003 - TER 2003)

2.5.3. Deformação Permanente, Corrugação (ou escorregamento)

O Manual de Defeitos dos EUA (FHWA, 1993) agrupa essas ocorrências como defeitos semelhantes. Esses defeitos ocasionam depressões no pavimento e sollevamentos da massa asfáltica (BERNUCCI *et al.*, 2007). A seguir, são detalhados esses dois tipos de defeitos, conforme as bibliografias de FHWA (1993) e Fernandes Jr. *et al.* (2003).

a) **A Deformação Permanente** aparece no caminho das rodas, ou trilha de rodas. É um afundamento longitudinal que acompanha o trajecto percorrido pelas rodas dos veículos.

- **Causa:**
Pode advir do dimensionamento inadequado das espessuras das várias camadas; compactação inadequada.
- **Severidade:**
 - Baixa (L) – dimensões de até 25 mm de profundidade;
 - Média (M) - dimensões entre 25 e 50 mm de profundidade;
 - Alta (H) - dimensões acima de 50 mm de profundidade.
- **Medição:**
Faz-se levantamento do desnível ou profundidades máximas das deformações, com intervalo de 20 m.

- **Solução:**

Execução de reconstrução total do pavimento.

A Figura 13, extraída da Norma DNIT 005/2003- TER, ilustra a deformação permanente nas trilhas de roda.



Figura 13. Deformação Permanente nas trilhas de roda (Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER 2003)

b) A Corrugação ou Escorregamento apresenta-se como um deslocamento longitudinal do pavimento, ocasionando ondulações transversais na sua superfície.

- **Causa:**

Pelo movimento de ‘frenagem’ ou ‘aceleração’ dos veículos, fraca ligação entre base e revestimento.

- **Severidade:**

Podem ser determinados em função do quanto a qualidade do tráfego é afectada.

- **Medição:**

Efectuada através do registo do número de ocorrências e da área afectada (em metros quadrados).

- **Solução:**

Devem ser efectuados remendos ou reconstrução total do pavimento nos troços afectados.

A Figura 14, extraída da Norma DNIT 005/2003- TER, ilustra o defeito ‘corrugação’ com o aparecimento de alguns ‘buracos’ e problemas de drenagem.



Figura 14. Corrugação ou Escorregamento (Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER 2003)

2.5.4. Exsudação, Agregados Polidos e Desgaste

O Manual de Defeitos dos EUA (FHWA, 1993) faz um agrupamento de defeitos semelhantes. Os defeitos superficiais apresentam: exposição de ligante em excesso, exposição de agregados ou desprendimento dos mesmos (BERNUCCI *et al.*, 2007). A seguir estão detalhados esses três tipos de defeitos, de acordo com FHWA (1993) e Fernandes Jr. *et al.* (2003).

a) A Exsudação pode-se apresentar como um asfalto com alteração de sua coloração normal ou perda de sua textura comum. A superfície do pavimento é mais brilhante e, às vezes, pegajosa.

- **Causa:**
Ocorre quando existe excesso de material betuminoso na superfície do pavimento.
- **Severidade:**
 - Baixa (L) - quando há alteração na coloração de certos troços do pavimento em relação ao geral;
 - Média (M) - quando ocorre alteração da textura do pavimento;
 - Alta (H) - quando o pavimento apresenta aspecto brilhante e aparecem marcas de pneu no mesmo.
- **Medição:**
Verificada a área de ocorrência, classificada por nível de severidade.

- **Solução:**

Tratamento superficial.

A Figura 15 mostra três situações com ocorrência de exsudação, extraídas de DNIT 005/2003-TER (2003) e Bernucci *et al.* (2007).



Figura 15. Ocorrências de Exsudação (Fontes: Norma DNIT 005/2003 - TER 2003 e Bernucci *et al.*, 2007)

b) O Polimento ou Desgaste do Agregado e do Ligante Betuminoso muitas vezes ocorre perda de material.

- **Causa:**

Com o passar do tempo os agregados ficam expostos à superfície do pavimento, o que facilita a desagregação do mesmo e a perda de textura.

- **Severidade:**

Não há como definir. O grau de polimento pode reflectir em uma redução do atrito pneu-pavimento, ocasionando um comprometimento da segurança viária.

- **Medição:**

Áreas afectadas em metros quadrados.

- **Solução:**

Tratamento superficial. Em alguns casos é aconselhável a reconstrução do pavimento.

A Figura 16 ilustra ocorrência desse tipo de defeito e foi extraída do FHWA (1993).



Figura 16. Agregados Polidos (Fonte: FHWA 1993)

c) **O Desgaste** pode evoluir de perda de finos para perda de algum agregado graúdo, e por fim, para perdas mais significativas de agregado.

- **Causa:**
Deslocamento de partículas de agregados e perda de adesividade do ligante asfáltico.
- **Severidade:**
 - Baixa (L) - quando há perda de agregados miúdos;
 - Média (M) - quando a textura superficial se torna mais áspera e ocorre perda de alguns agregados graúdos;
 - Alta (H) - quando a textura superficial se torna muito áspera e ocorre perda mais intensa de agregados graúdos.
- **Medição:**
Quantificação da área por nível de severidade.
- **Solução:**
Execução tratamento superficial.

A Figura 17, extraída da Norma DNIT 005/2003-TER, ilustra o aparecimento do Desgaste.



Figura 17. Desgaste (Fonte: Norma DNIT 005/2003 – TER 2003)

2.5.5. Desnível entre Pista/Acostamento

O Manual de Defeitos dos EUA (FHWA, 1993) faz um agrupamento de outros dois defeitos não enquadrados nas situações anteriores. As descrições do mesmo foram retiradas das obras de FHWA (1993) e Fernandes Jr. *et al.* (2003).

a) O Desnível (ou degrau) entre pista e acostamento é a diferença de elevação entre a pista de rolamento e o acostamento.

- **Causa:**
Aplicação de uma espessura maior na camada de rolamento do que no acostamento. Nos casos de acostamento não pavimentado, pode haver erosão no mesmo, ocasionando o desnível entre o acostamento e a pista de rolamento.
- **Severidade:**
Não são aplicados neste caso.
- **Medição:**
Alturas dos desníveis a cada 20 m de intervalo.
- **Solução:**
Recomposição do acostamento.

A Figura 18, extraída da internet ilustra esse tipo de defeito.



Figura 18. Desnível entre pista de rolamento e acostamento não pavimentado (Fonte: Arquivo do DER/SP)

2.6. Método do PCI

Conforme Shain e Khon (1979) apud APS *et al.*, (1998), o método do PCI qualifica a condição do pavimento através de um índice numérico que fornece um padrão para:

- Caracterizar a integridade estrutural e a capacidade operacional da superfície pavimentada;
- Estabelecer as necessidades de manutenção;
- Apontar as áreas por reparo e suas prioridades, através da comparação entre trechos de pavimento;
- Analisar o desempenho do pavimento por meio de determinação própria do PCI.

Segundo Gonçalves (1999), a avaliação da superfície pavimentada compreende registrar a extensão e severidade dos defeitos existentes na superfície. Deste modo, os defeitos devem ser descritos sobre os seguintes parâmetros:

- Tipo de defeito: trincas, remendos, panelas, escorregamento de massa, desgaste, exsudação, entre outros;
- Severidade: baixa (L), média (M) ou alta (H), retrata o grau de influência do efeito no pavimento;
- Frequência: distribuição da ocorrência do defeito ao longo do trecho em estudo;
- Extensão: área ocupada pelo defeito.

Para tal fim, é necessário quantificar os defeitos, classificando-os e medindo-os de acordo com o Tabela 1 abaixo:

Tabela 1. Defeitos de pavimento asfáltico e forma de medição para o Método do PCI (Fonte: APS et al. 1998).

Defeito	Forma de Medição
Couro de crocodile	Área
Exsudação	Área
Fissura em blocos	Área
Elevações/recalques	Metro linear
Corrugação	Área
Afundamento	Área
Fissura de borda	Metro linear
Fissuras por reflexão de juntas	Metro linear
Desnível pavimento/acostamento	Metro linear
Fissura longitudinal e transversal	Metro linear
Remendos	Área
Agregado polido	Área
Panelas	Unidade
Cruzamento ferroviário	Área
Afundamento de trilha de roda	Área
Escorregamento de massa	Área
Fissuras devido ao escorregamento de massa	Área
Inchamento	Área
Desgaste	Área

2.7. Classificação da condição do pavimento em função do valor de PCI

A classificação da condição do pavimento em função do valor do PCI é efectuada através da comparação dos valores obtidos com os intervalos de uma escala de classificação do PCI. A Figura 20 exemplifica duas escalas de classificação de PCI apresentadas na norma ASTM D 5340-12.

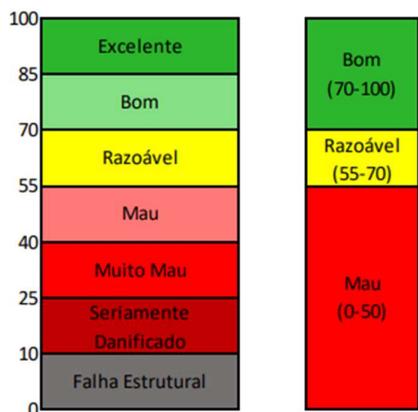


Figura 19. Escala de classificação do estado do pavimento em função do PCI (adaptado ASTM D 5340- 12)

Com base na descrição de Barros (2008), a escala de classificação do PCI transmite as seguintes informações, quanto aos níveis de degradação e ao tipo de intervenção a considerar:

- **Muito Bom:** pavimento sem ou com poucos defeitos de baixa severidade. Manutenção correctiva.
- **Bom:** o pavimento apresenta alguns defeitos de baixa severidade. Manutenção de preventiva ou correctiva.
- **Razoável:** o pavimento apresenta defeitos de baixa e média severidade. Manutenção preventiva.
- **Mau:** o pavimento apresenta uma combinação de defeitos de baixa, média e alta severidade, que podem causar problemas de operacionalidade. Reforço estrutural.
- **Muito Mau:** o pavimento apresenta defeitos de média e alta severidade que podem causar alguns problemas de operacionalidade. Reconstrução ou reforço estrutural.
- **Seriadamente Danificado:** o pavimento apresenta defeitos maioritariamente de alta severidade que causam problemas consideráveis de operacionalidade. Reconstrução parcial do pavimento.
- **Falha Estrutural:** o pavimento apresenta defeitos muito avançados que impossibilitam a operação dos veículos em segurança. Reconstrução profunda.

2.8. Definição das estratégias de manutenção e reabilitação

A manutenção e reabilitação do pavimento é uma tarefa efectuada com intuito de manter o pavimento o mais próximo possível da sua condição original, sob circunstâncias habituais de tráfego e temperatura (SILVA, 2008). Apresentam-se a seguir os tipos de M&R recomendadas pela escala de classificação dos valores de PCI para pavimentos:

2.8.1. Manutenção Preventiva

Segundo o DNIT (2006b), é o conjunto de acções realizadas periodicamente, a fim de obter a conservação do pavimento, impedindo o aparecimento ou o agravamento dos defeitos.

2.8.2. Manutenção Correctiva

Possui o propósito de reparar ou sanar um defeito e restaurar o desempenho dos componentes da rodovia, permitindo conforto e segurança aos usuários (2006b). Para Balbo (1997), é o conjunto de reparos localizados em toda a superfície do pavimento.

2.8.3. Reforço do Pavimento

Conforme o DNIT (2006b), é a técnica utilizada para a recuperação das características estruturais do pavimento e compreende a sobreposição de uma ou mais camadas ao pavimento existente, aumentando a sua capacidade estrutural e habilitando-o a cumprir um novo ciclo de vida.

2.8.4. Reconstrução Parcial do Pavimento

De acordo com o DNIT (2006b, p. 32), é a modalidade de reconstrução em que a espessura total a ser removida e substituída se limita a uma profundidade tal que não atinge a espessura total do pavimento.

2.8.5. Reconstrução Total do Pavimento

Para o DNIT (2006b, p. 32), é a modalidade de reconstrução em que a espessura total a ser removida e substituída atinge toda a espessura do pavimento podendo, eventualmente, atingir o subleito.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

3.1. Local de estudo

O troço em estudo localiza-se no distrito Kamavota, início da Rua Mário Coluna, que é uma artéria da Av. Julius Nyerere até Bombas Total que encontra-se ao longo da mesma Av.

A área em estudo tem um comprimento total de 300 m, com uma faixa de rodagem constituída por uma via de tráfego até aos 150 m que coincide com o fim da segunda secção. O início da terceira secção até as Bombas Total é caracterizado, por uma faixa de rodagem e duas vias de tráfego com sentidos contrários.

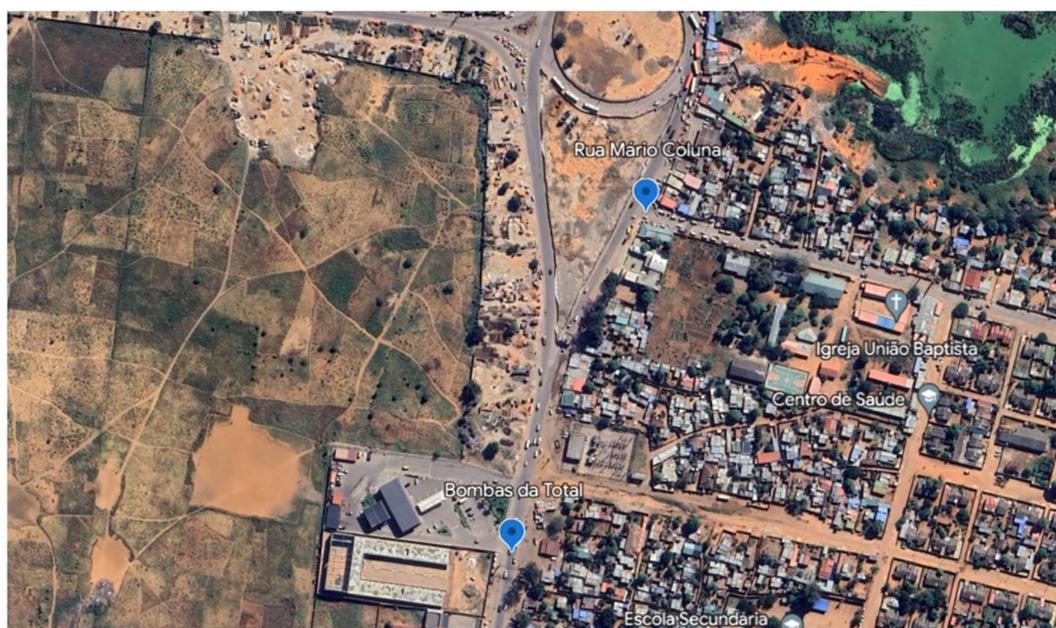


Figura 20. Localização do estudo de caso (FONTE: Google Earth 2023)

3.2. Aplicação do método do PCI

a) Inspeção das unidades de amostra

A inspeção foi feita individualmente a cada secção escolhida; identificou-se a secção e fez-se o levantamento dos defeitos existentes; a inspeção dos defeitos foi feita caminhando sobre a unidade de amostra a analisar, medindo a quantidade do nível de severidade e a extensão em que o defeito se manifesta.

Por fim, registou-se os dados numa folha de levantamento de inspecção de campo, segundo apresentado no capítulo 4. Repetiu-se este procedimento para cada unidade de amostra inspeccionada.

b) Cálculo da densidade

A densidade de um defeito indica o impacto que este representa na área da amostra. A mesma foi calculada através da divisão da área. Como a densidade é uma percentagem, o valor obtido foi multiplicado por 100.

$$D(\%) = \frac{\text{Quantidade da degradação (m}^2\text{)}}{\text{Área total (m}^2\text{)}} \times 100$$

c) Cálculo dos valores deduzidos (DV)

O valor deduzido de cada defeito traduz a influência que a sua densidade e severidade tem na condição do pavimento. A determinação foi feita através da consulta de um gráfico específico para cada defeito.

d) Determinação do número máximo de deduções (m)

O número máximo de deduções é um valor correctivo que pretende limitar o número de valores deduzidos e assim ajustar a influência que o conjunto de defeitos produz na amostra, evitando resultados de PCI exagerados ou irrealistas. O número máximo de deduções foi determinado da seguinte forma:

1. Listaram-se os valores deduzidos (DV) por ordem decrescente;
2. Determinou-se o parâmetro m que corresponde ao número de reduções possíveis, através da fórmula $m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) \times (100 - HDV)$, em que HDV foi o máximo valor deduzido individual;
3. Reduziu-se o número de valores deduzidos ao número máximo de deduções (m), incluindo a parte fraccionária. Caso o número de valores deduzidos (DV) fosse inferior a m , então todos valores deduzidos seriam considerados.

e) Determinação do valor deduzido corrigido (CDV)

A função do CDV é traduzir, de forma ajustada, a influência que o conjunto de defeitos registados na amostra tem na condição do pavimento. Contudo, se apenas um ou nenhum DV fosse superior a 2 ($DV > 2$), o total de valores deduzidos representaria o CDV máximo. Caso contrário, teria sido determinado o CDV máximo da seguinte forma:

1. Criaria-se uma tabela e colocaria-se por ordem decrescente os valores deduzidos;
2. Determinaria-se o número de valores deduzidos superiores a 2, o qual seria representado pela letra “q”;
3. Somariam-se os valores deduzidos e colocariam-se em uma nova coluna da tabela chamada “TOTAL”;
4. Partindo do valor de “q” e do “TOTAL”, determinaria-se o CDV através da consulta da curva apropriada a cada defeito;
5. Reduziria-se para 2 o menor valor deduzido superior a 2;
6. Repetiria-se os passos 1) a 5) até se atingir “q” = 1;
7. Selecionaria-se o CDV máximo e calcularia-se o PCI, por meio da equação abaixo:

$$PCI = 100 - CDV_{max}$$

f) Cálculo do PCI para o troço

O cálculo do PCI de um troço, basou-se na média ponderada do PCI das secções selecionadas que constituem o troço avaliado, conforme a equação abaixo:

$$PCI_{med} = \frac{\sum PCI_i \times A_i}{Área\ total}$$

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS

4.1. RESULTADOS

De acordo com as tabelas abaixo, para cada secção estudada foi feito o levantamento dos defeitos existentes, a extensão em que se manifestam e o seu respectivo grau de severidade. De seguida, foram obtidos valores deduzidos através dos abácos extraídos no Anexo A. Somando-se os valores deduzidos para cada tipo de defeito e severidade, obteve-se o valor total deduzido (TDV) e, ao corrigi-lo através do último abáco no Anexo A, obteve-se o valor deduzido corrigido (CDV). Por fim, calculou-se o valor do PCI para cada secção, assim como para o troço em geral, conforme ilustra a Tabela 06.

4.1.1 Secção 1

A primeira secção localiza-se no início da Rua Mário Coluna, onde foi possível observar cinco tipos de defeitos, nomeadamente: acostamento, remendos, agregados polidos, buracos e desgaste.

A magnitude do valor deduzido representa o impacto do defeito na condição do pavimento, sendo o defeito buraco o que mais contribui para a degradação do pavimento com um valor deduzido de 70. Os defeitos acostamento e agregado polido, tem um valor deduzido de 0, o que significa que estes não tem nenhuma influência na avaliação da condição do pavimento.

Tabela 2. Condição actual do pavimento da Secção 1

PLANILHA DE INSPEÇÃO DE CAMPO									
Via: Av. Julius Nyerere				Seção: 1					
Avaliador: Michella Mutisse				Área: 225m ²					
1 Trinca por fadiga		6 Depressão		11 Remendos					
2 Exsudação		7 Trinca de bordo		12 Agregados polidos					
3 Trinca em bloco		8 Trinca por reflexão		13 Buracos					
4 Trincas transversais		9 Desnível pista/acostamento		14 Desgaste					
5 Corrugação		10 Trincas longitudinais							
DEFEITO	SEVERIDADE	QUANTIDADE					TOTAL	DENSIDADE	VALOR DEDUZIDO
9		0.05	0.08				0.13	0.06	0
11	M	7	36	12			55	24.44	44
12		2.12	3.58				5.7	2.53	0
13	A	1.5	2	0.73	0.97		5.2	2.31	70
14	M	7	36	12			55	24.44	27
							TOTAL DV =		141
Nº	VALORES DEDUZIDOS					TOTAL	q	CDV	
1	70	44	27			141	3	84	
							MAX CDV =		84

4.1.2. Secção 2

A segunda secção localiza-se no mesmo sentido de tráfego que a primeira secção, onde foi possível observar quatro tipos de defeitos, nomeadamente: remendos, agregados polidos, buracos e desgaste.

A magnitude do valor deduzido representa o impacto do defeito na condição do pavimento, sendo o defeito buraco o que mais contribui para a degradação do pavimento com um valor deduzido de 34. O defeito agregado polido, tem um valor deduzido de 3, o que significa que este não tem muita influência na avaliação da condição do pavimento.

Tabela 3. Condição actual do pavimento da Secção 2.

PLANILHA DE INSPEÇÃO DE CAMPO										
Via: Av. Julius Nyerere				Seção: 2						
Avaliador: Michella Mutisse				Área: 225m ²						
1 Trinca por fadiga			6 Depressão			11 Remendos				
2 Exsudação			7 Trinca de bordo			12 Agregados polidos				
3 Trinca em bloco			8 Trinca por reflexão			13 Buracos				
4 Trincas transversais			9 Desnível pista/acostamento			14 Desgaste				
5 Corrugação			10 Trincas longitudinais							
DEFEITO	SEVERIDADE	QUANTIDADE						TOTAL	DENSIDADE	VALOR DEDUZIDO
11	A	5.5	1.5					7	3.11	30
11	B	0.6	2.55	0.96	6.6	3.78	0.51	15	6.67	12
12		15	3					18	8.00	3
13	B	0.17	0.36	0.47				1	0.44	10
13	A	0.71						0.71	0.32	34
14	B	1.78	2.22					4	1.78	4
14	M	8	13					21	9.33	19
								TOTAL DV =		112
Nº	VALORES DEDUZIDOS							TOTAL	q	CDV
1	34	30	19	12	10	4	3	112	7	55
2	34	30	19	12	10	4	2	111	6	54
3	34	30	19	12	10	2	2	109	5	56
4	34	30	19	12	2	2	2	101	4	58
5	34	30	19	2	2	2	2	91	3	58
6	34	30	2	2	2	2	2	74	2	54
7	34	2	2	2	2	2	2	46	1	46
								MAX CDV =		58

4.1.3. Secção 3

A terceira secção localiza-se no sentido contrário de tráfego em relação as duas primeiras secções, onde foi possível observar três tipos de defeitos, nomeadamente: remendos, agregados polidos e desgaste.

A magnitude do valor deduzido representa o impacto do defeito na condição do pavimento, sendo o defeito remendo o que mais contribui para a degradação do

pavimento com um valor deduzido de 30. O defeito agregado polido, tem um valor deduzido de 3, o que significa que este não tem muita influência na avaliação da condição do pavimento.

Tabela 4. Condição actual do pavimento da Secção 3.

PLANILHA DE INSPECÇÃO DE CAMPO									
Via: Av. Julius Nyerere				Secção: 3					
Avaliador: Michella Mutisse				Área: 225m ²					
1 Trinca por fadiga		6 Depressão		11 Remendos					
2 Exsudação		7 Trinca de bordo		12 Agregados polidos					
3 Trinca em bloco		8 Trinca por reflexão		13 Buracos					
4 Trincas transversais		9 Desnível pista/acostamento		14 Desgaste					
5 Corrugação		10 Trincas longitudinais							
DEFEITO	SEVERIDADE	QUANTIDADE					TOTAL	DENSIDADE	VALOR DEDUZIDO
11	M	22	0.14				22.14	9.84	30
12		13					13	5.78	3
14	M	18					18	8.00	17
							TOTAL DV =		50
Nº	VALORES DEDUZIDOS					TOTAL	q	CDV	
1	30	17	3			50	3	32	
2	30	17	2			49	2	37	
3	30	2	2			34	1	34	
							MAX CDV =		37

4.1.4. Secção 4

A quarta e última secção localiza-se nas Bombas da Total, onde foi possível observar três tipos de defeitos, nomeadamente: remendos, agregados polidos e desgaste.

A magnitude do valor deduzido representa o impacto do defeito na condição do pavimento, sendo o defeito remendo o que mais contribui para a degradação do pavimento com um valor deduzido de 13. O defeito agregado polido, tem um valor deduzido de 2, o que significa que este não tem muita influência na avaliação da condição do pavimento.

Tabela 5. Condição actual do pavimento da Secção 4.

PLANILHA DE INSPEÇÃO DE CAMPO									
Via: Av. Julius Nyerere					Seção: 4				
Avaliador: Michella Mutisse					Área: 225m ²				
1 Trinca por fadiga			6 Depressão			11 Remendos			
2 Exsudação			7 Trinca de bordo			12 Agregados polidos			
3 Trinca em bloco			8 Trinca por reflexão			13 Buracos			
4 Trincas transversais			9 Desnível pista/acostamento			14 Desgaste			
5 Corrugação			10 Trincas longitudinais						
DEFEITO	SEVERIDADE	QUANTIDADE					TOTAL	DENSIDADE	VALOR DEDUZIDO
11	B	5.4	8				13.4	5.96	13
12		9					9	4.00	2
14	B	8	7				15	6.67	7
							TOTAL DV =		22
Nº	VALORES DEDUZIDOS					TOTAL	q	VDC	
1	13	7	2			22	2	16	
							MAX CDV =		16

4.1.5. Troço Rua Mário Coluna até Bombas da Total

A Tabela 06 apresenta a classificação do PCI, onde verifica-se que:

- A Secção 1, apresenta um valor de PCI igual a 16, classificando-se como um pavimento Seriamente Danificado;
- A Secção 2, apresenta um valor de PCI igual a 42, classificando-se como um pavimento Mau;
- A Secção 3, apresenta um valor de PCI igual a 63, classificando-se como um pavimento Razoável;
- A Secção 4, apresenta um valor de PCI igual a 84, classificando-se como um pavimento Bom.

Em suma, para o troço classifica-se como um pavimento Mau, e como medida de intervenção, o actual pavimento necessita de um Reforço Estrutural.

Tabela 6. Classificação do PCI para cada secção e troço em geral

Secções	PCI	Classificação
1	16	Seriamente Danificado
2	42	Mau
3	63	Razoável
4	84	Bom
Trecho	51	Mau

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDACÕES

5.1. CONCLUSÕES

Este trabalho abordou a avaliação do pavimento asfáltico pelo método de PCI, no troço Rua Mário Coluna (R4816) até Bombas da Total (Av. Julius Nyerere (R4001)). A aplicação do método de PCI foi de grande importância, pois forneceu uma maneira sistemática de medir e classificar a condição do pavimento, considerando vários tipos de defeitos que contribuíram para adoptar a intervenção que melhor satisfaz o problema em questão. O trabalho teve como principal objectivo determinar as condições actuais do pavimento com recurso a inspecções realizadas em campo numa extensão de 300 m, onde foi possível concluir o seguinte:

- Os defeitos existentes no pavimento asfáltico são: acostamento, remendos, agregados polidos, buracos e desgaste; sendo os defeitos buraco, remendos e desgaste os que mais contribuem para a degradação do troço;
- A condição do pavimento existente usando o método de PCI, é classificada como um Mau pavimento;
- A estratégia de manutenção e reabilitação, de acordo com a tabela de classificação do PCI é a execução de um Reforço Estrutural.

5.2. RECOMENDAÇÕES

Concluídos os estudos, para casos futuros recomenda-se que:

- Seja feito um acompanhamento contínuo do pavimento pelo método de PCI, através de inspeções periódicas para monitorar a evolução das condições do pavimento ao longo do tempo;
- Se estudem tecnologias alternativas e de baixo custo, como os veículos equipados com sensores e sistemas de imagens, para coleta de dados no pavimento e fácil identificação de problemas para auxílio na tomada de decisão;
- Se comparem secções alternadas do método de PCI, com secções contínuas;
- Se aumente a quantidade de secções analisadas, para que o resultado reflecta melhor a realidade do pavimento.

6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASTM D 5340. 2012. *Standart Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys*. s.l.: American Society for Testing and Materials.
2. Balbo, J. T. (2007). *Pavimentação Asfáltica: Materiais, projecto e Restauração*.
3. Barros, R. L. (2008). *Gestão da Conservação de Pavimentos de Aeroportos e Aeródromos*. Universidade de Coimbra.
4. Bernucci. (2007). *Pavimentação Asfáltica*. Rio de Janeiro.
5. BERNUCCI, L. L. B. (2008)., *et al. Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros*. 1ªed. Programa Asfalto nas Universidades, Petrobras Distribuidora S.A.
6. Cincerre, J. R.; Neto, A. Z. (2009). *Pavimentos de baixo custo para vias urbanas*. 2. ed. São Paulo: Arte e Ciência.
7. Danielecki, M. L. (2004). *Proposta de Metodologia para Avaliação Superficial de Pavimentos Urbanos: aplicação à rede viária de Porto Alegre*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
8. DNIT. (2006). *Manual de Pavimentação*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
9. DNIT. (2005) *Manual de Conservação Rodoviária*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
10. DNIT. (2006). *Manual de pavimentação*. 3ª ed. Rio de Janeiro
11. DNIT (2010b) ME 136: *Pavimentação Asfáltica – Misturas Asfálticas*. Rio de Janeiro.
12. Fernandes, J. L. (2003). *Defeitos e Actividades de Manutenção e Reabilitação em Pavimentos Asfálticos*. Universidade de São Paulo.
13. FHWA. (1993). *Distress Identification Manual for the Long-Term Pavement Performance Program*. The strategic Highway Research Program. National Academy of Science. Washington, DC.
14. GONÇALVES, F. P. (1999). *O Diagnóstico e a Manutenção dos Pavimentos*. São José dos Campos.
15. LNEC. (2005). *Conservação e Reabilitação de Pavimentos Rodoviários*.

16. Neto, P. V. Anastácio. (2019). *Avaliação Funcional de um Trecho da Rua Francisco Vicente Ferreira pelos Métodos do IGG e do PCI*. Universidade Federal de Uberlândia.
17. Norma DNIT 005/2003 – TER. *Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia*. Rio de Janeiro.
18. Silva, L. L. M. (2019). *Avaliação Superficial de Pavimentos, usando o método IGG, (Índice de Gravidade Global)*. Goiânia, Goiás.
19. Shahin, M. Y.; Khon, S. D. (1979). Development of a Pavement Condition Rating Procedure for Roads, Streets, and Parking Lots. Vol.2 – Distress Identification Manual.

7. ANEXOS

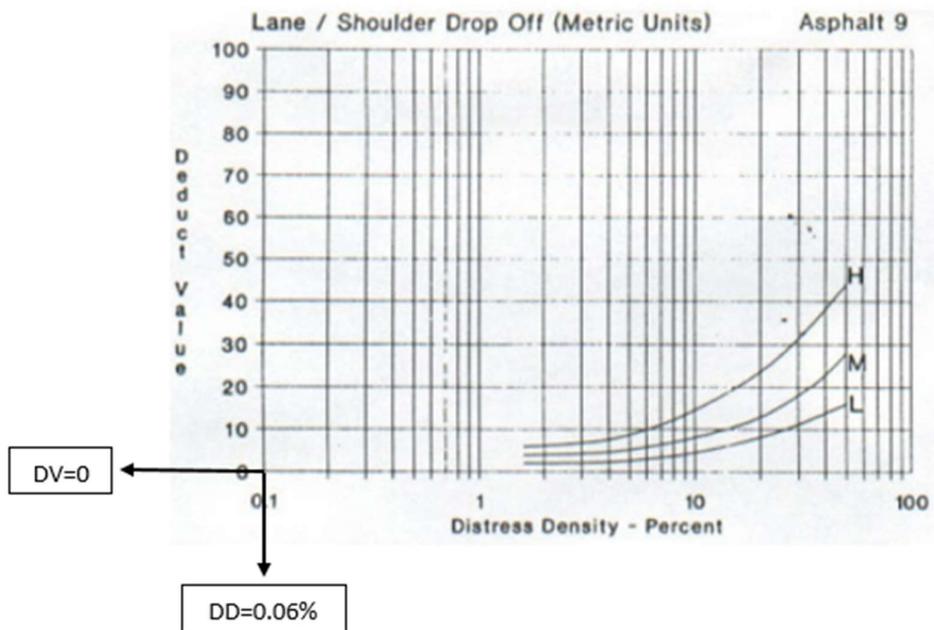
**ANEXO A - ÁBACOS PARA O CÁLCULO DO PCI EM PAVIMENTOS
ASFÁLTICOS (ASTM D6433,2008)**

ANEXO B - Ilustração dos defeitos existentes no pavimento asfáltico

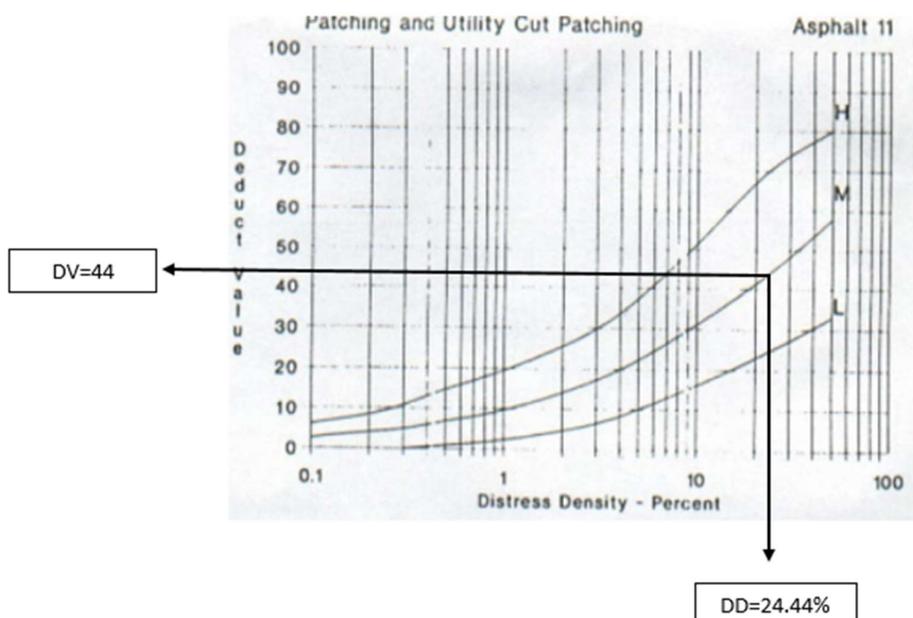
**ANEXO B - ÁBACOS PARA O CÁLCULO DO PCI EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS
(ASTM D6433,2008)**

Secção 1

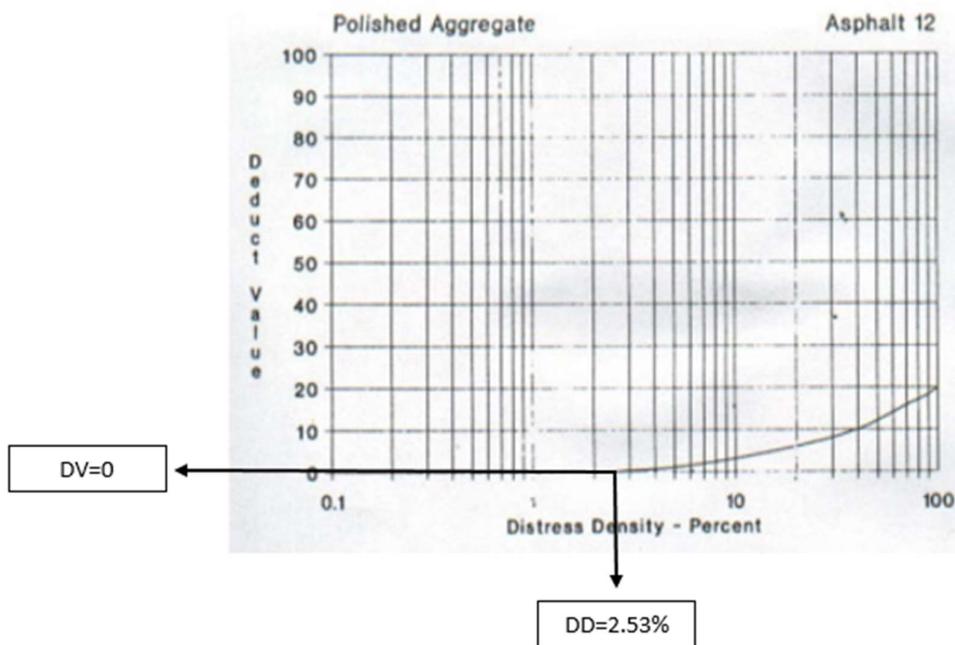
9. Desnível pista/acostamento



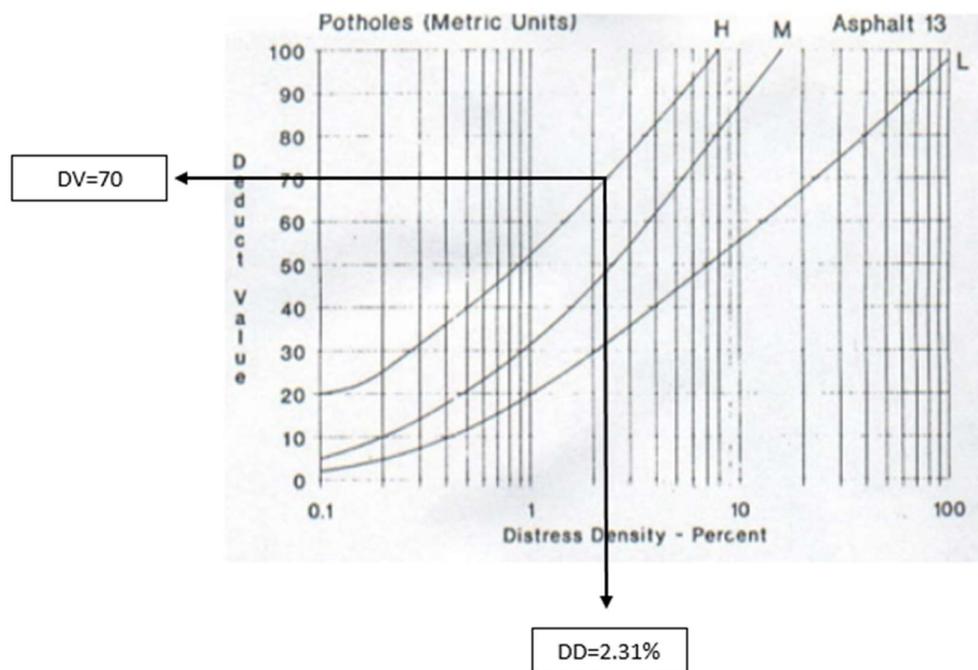
11. Remendo (M)



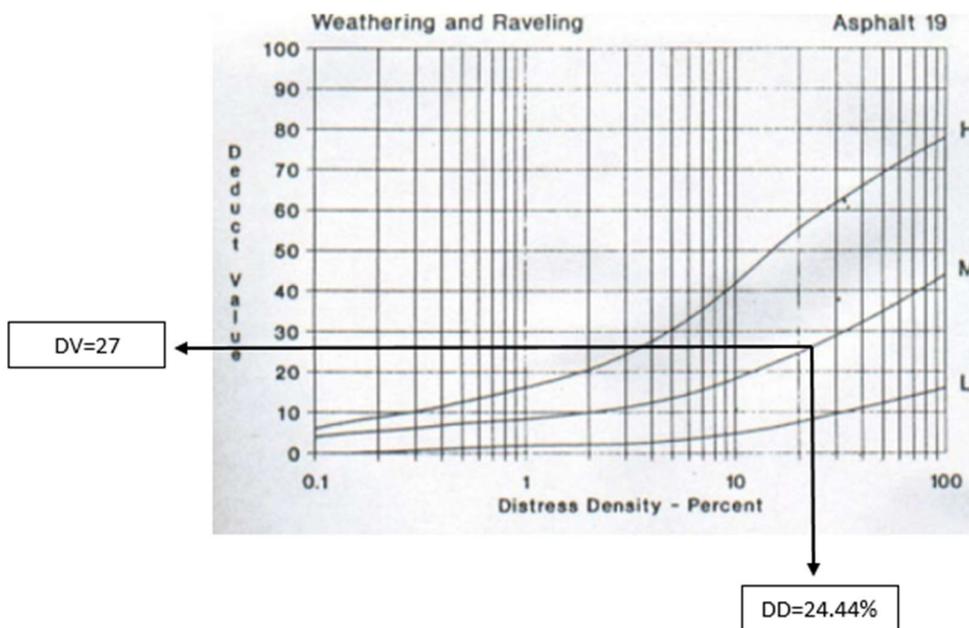
12. Agregado polido



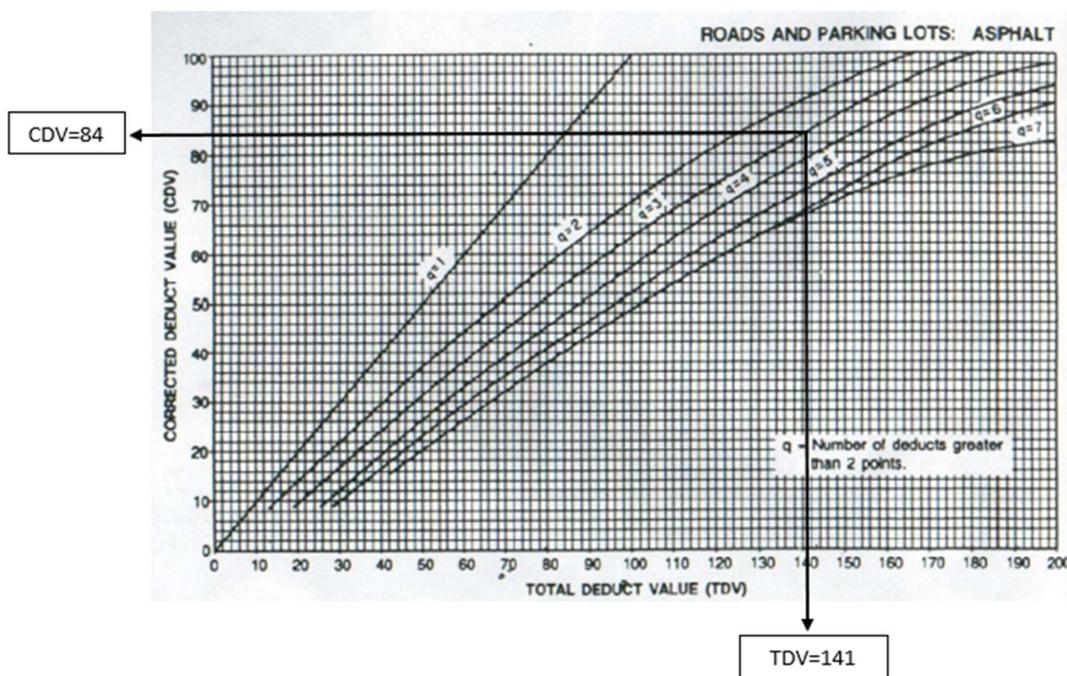
13. Buracos (H)



14 – Desgaste (M)

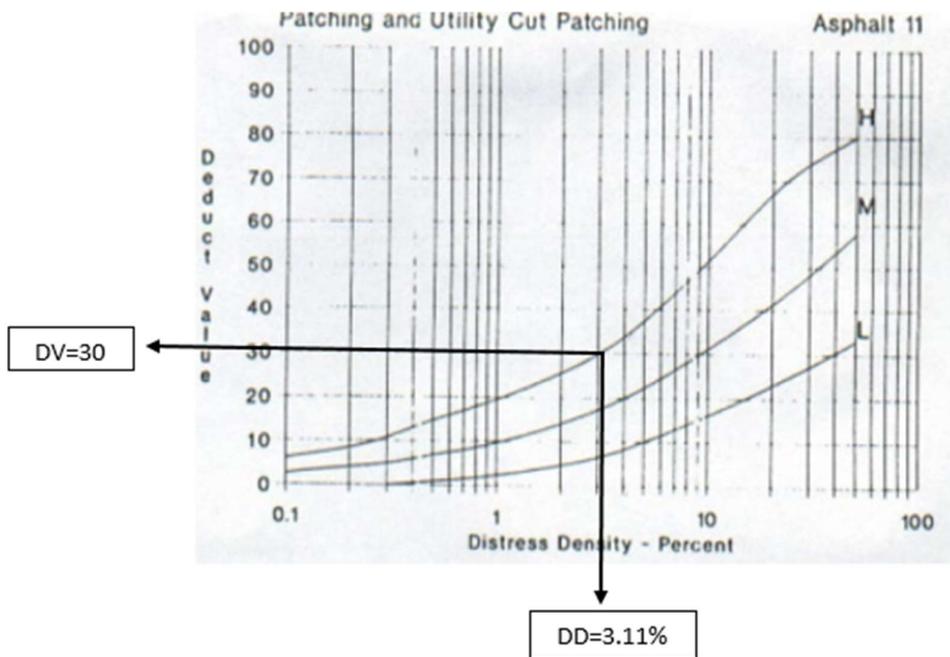


Curva para o Valor de Dedução Corrigido

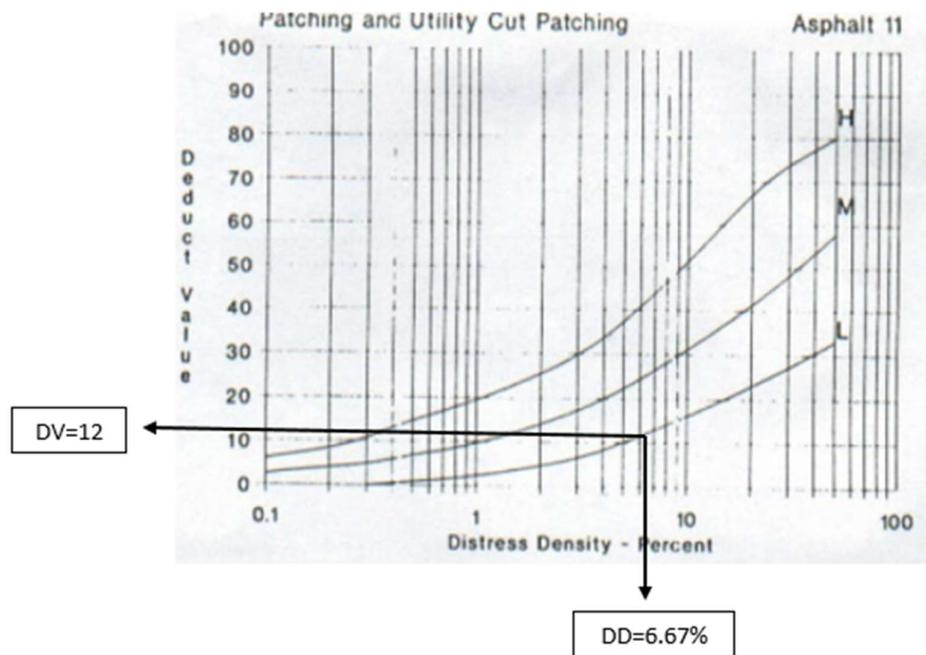


Secção 2

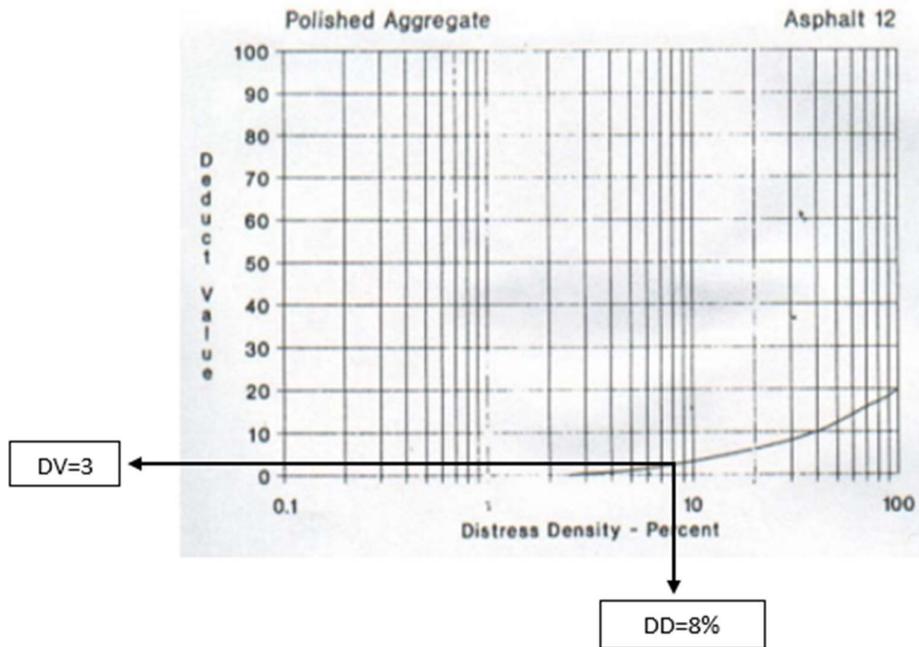
11. Remendo (H)



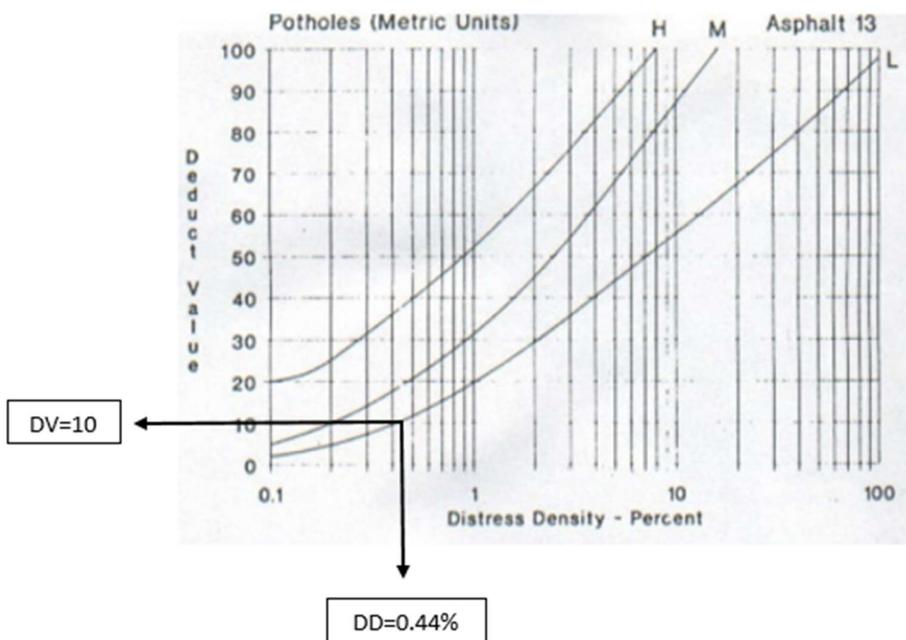
11. Remendo (L)



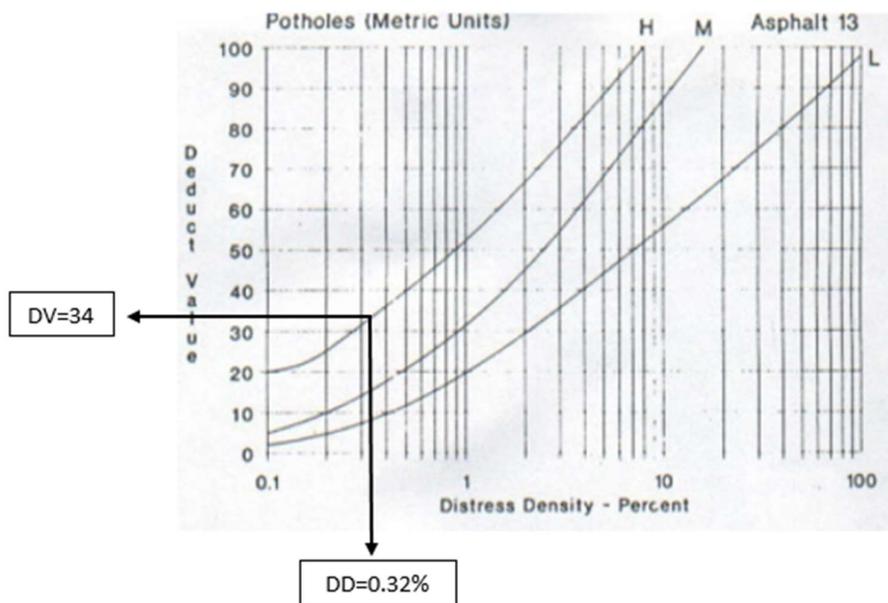
12. Agregado polido



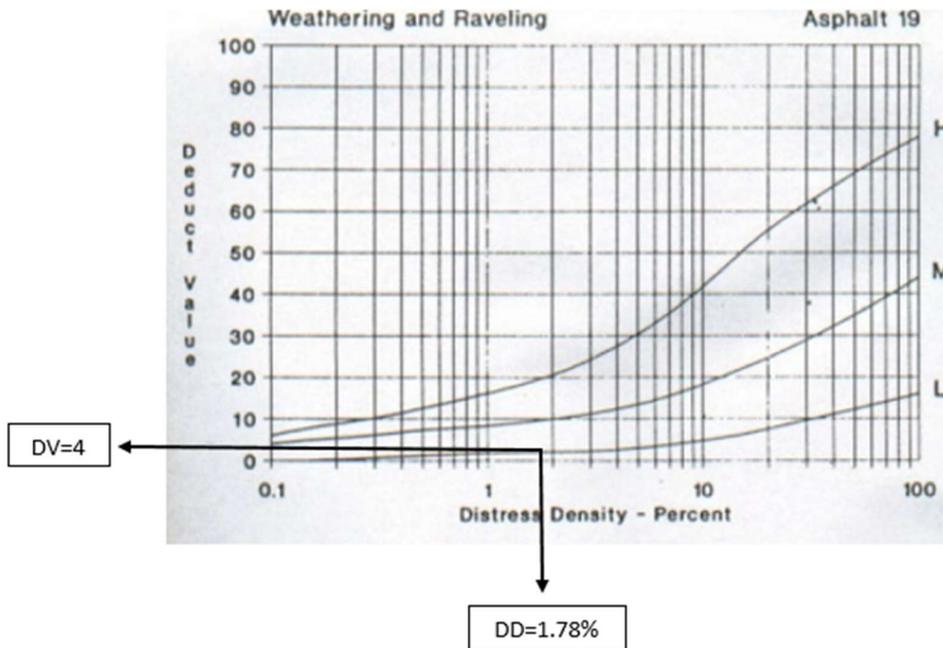
13. Buracos (L)



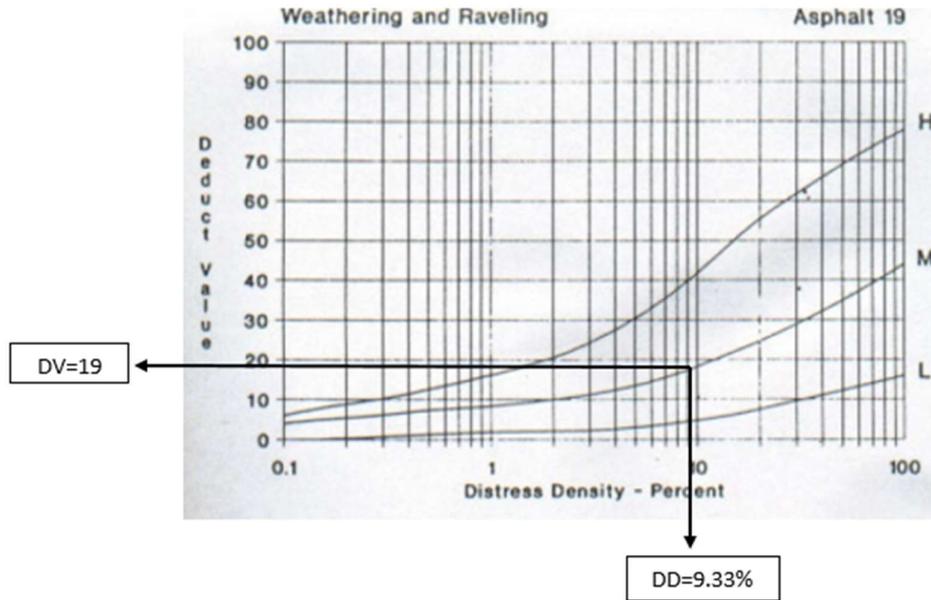
13 – Buracos (H)



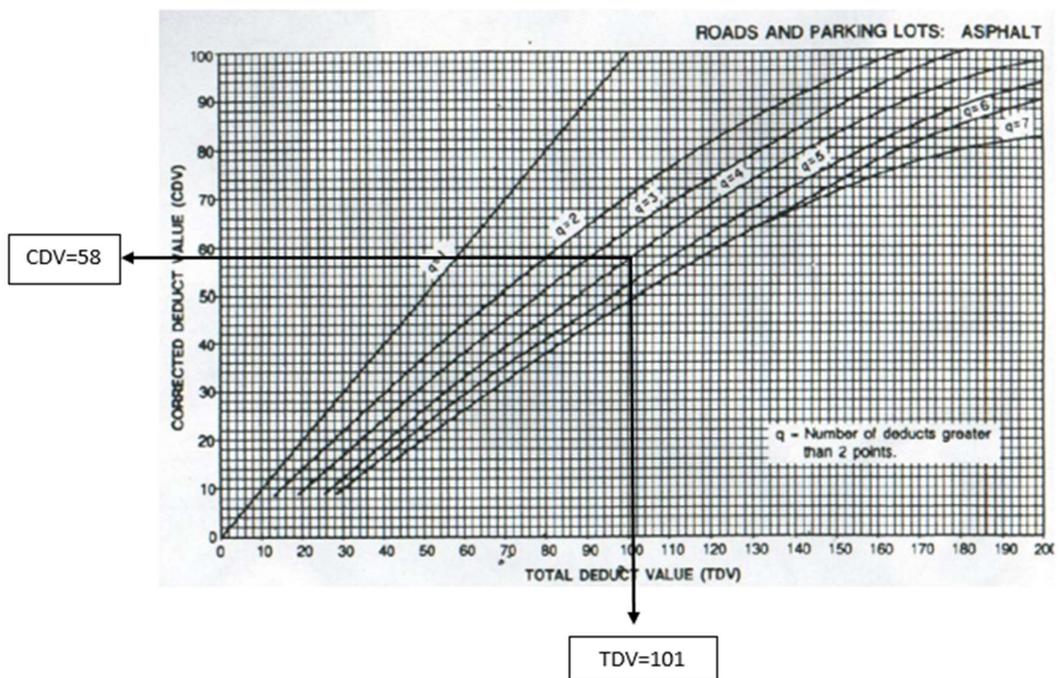
14 – Desgaste (L)



14 – Desgaste (M)

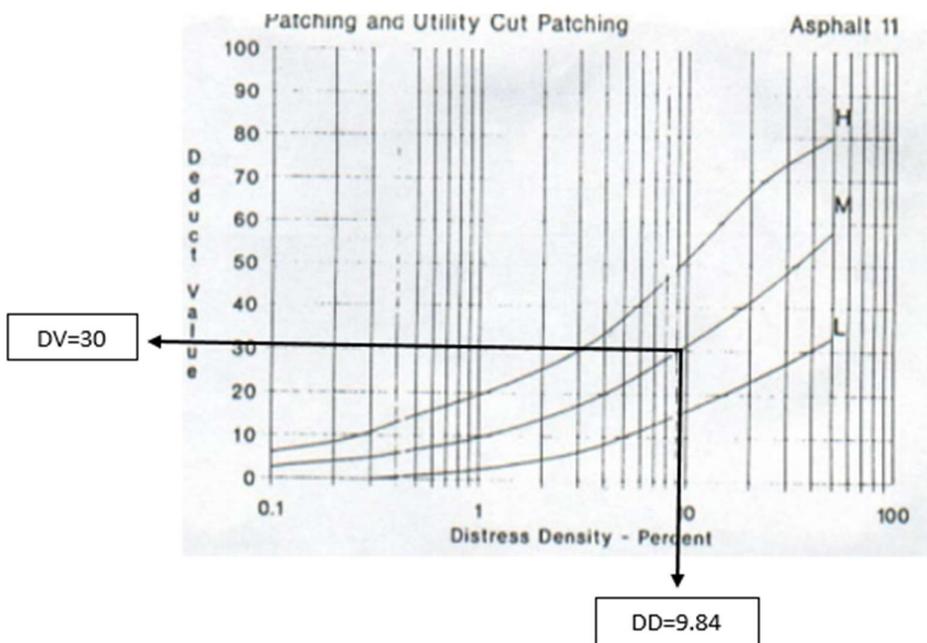


Curva para o Valor de Dedução Corrigido

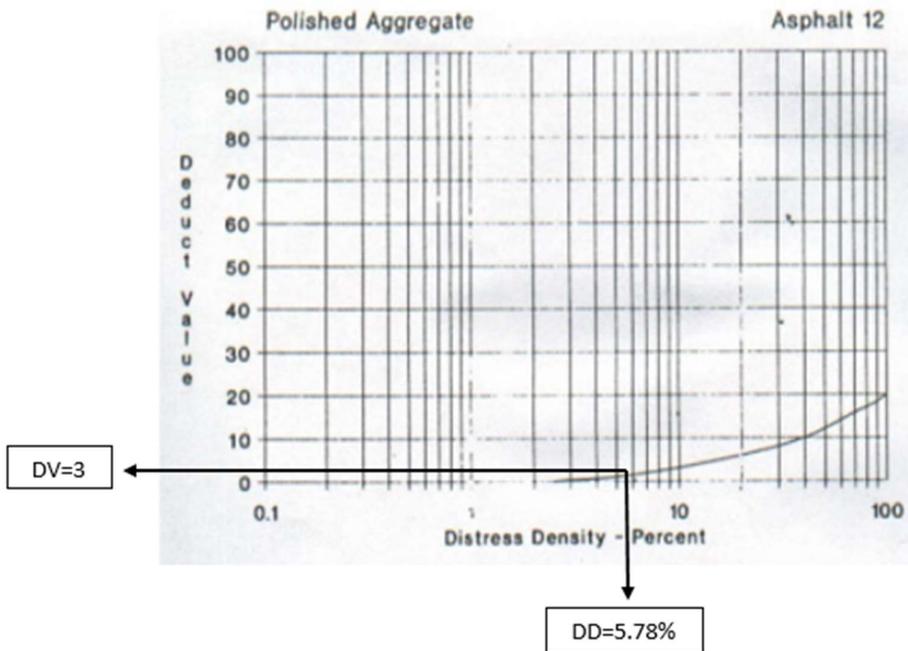


Secção 3

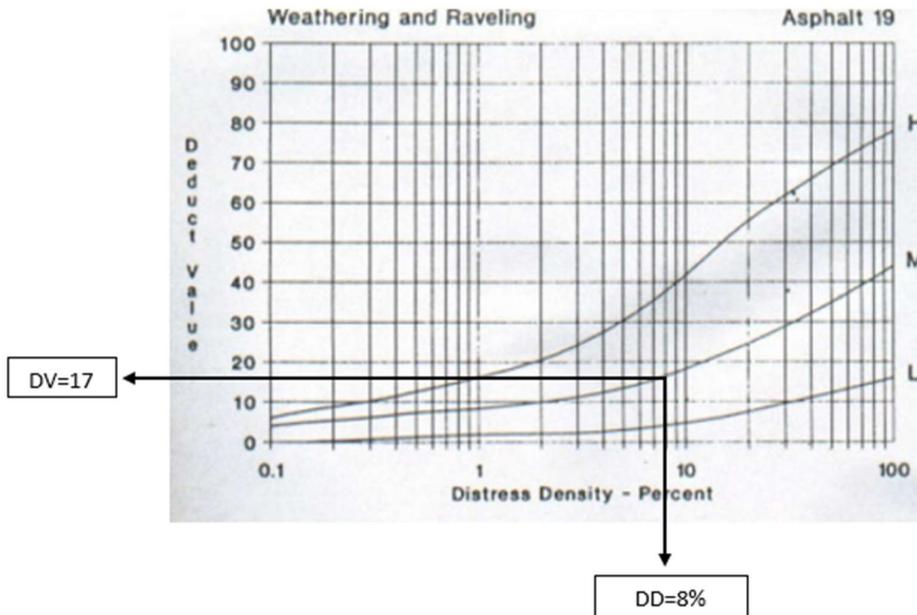
11. Remendo (M)



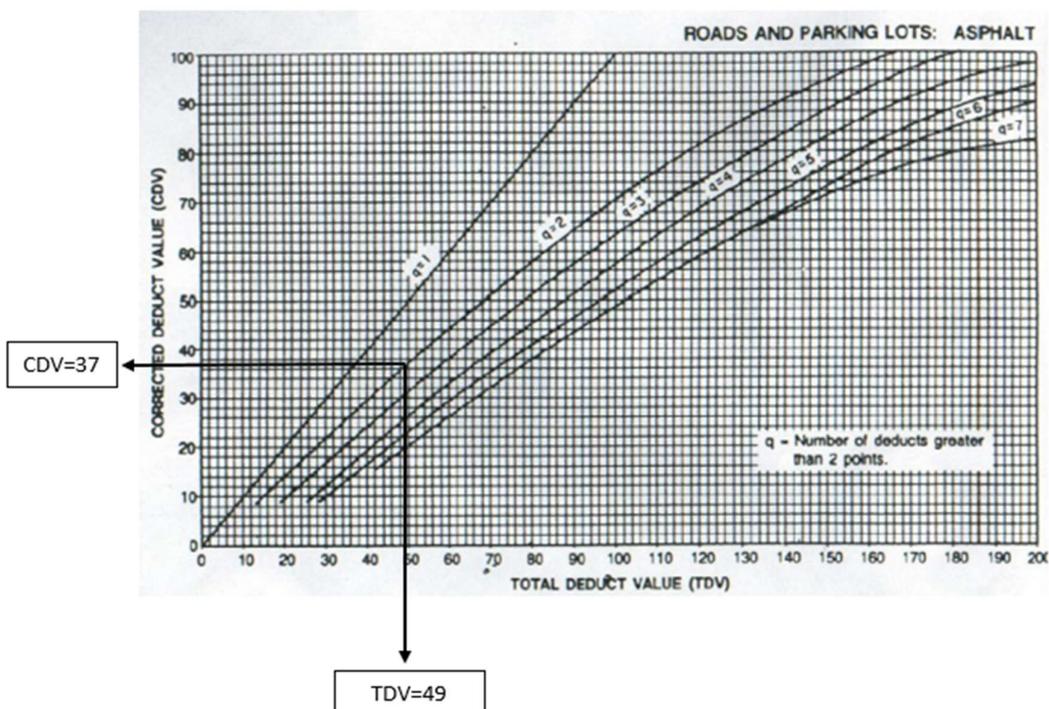
12. Agregado polido



14 – Desgaste (M)

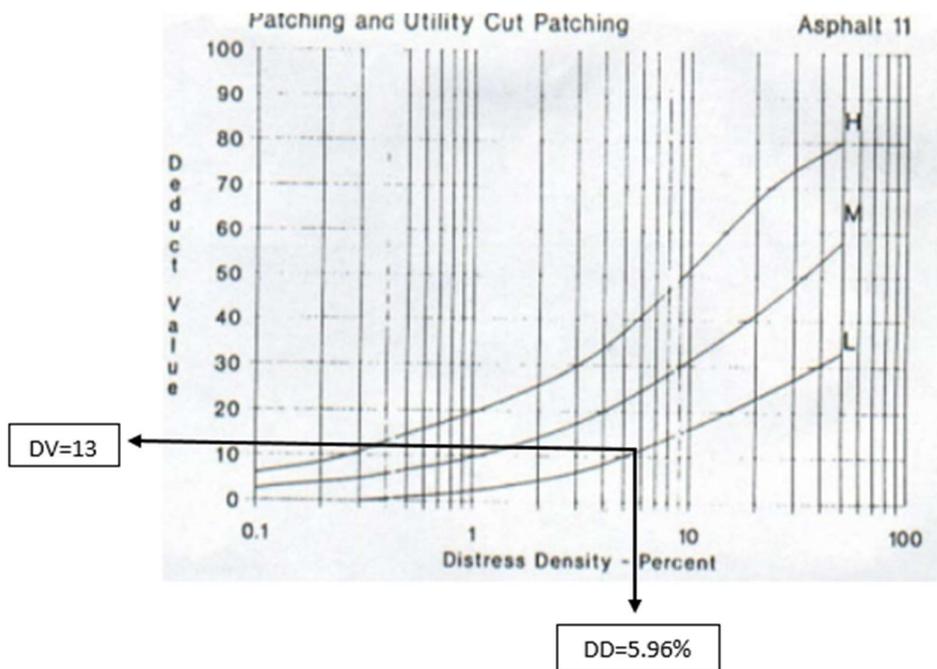


Curva para o Valor de Dedução Corrigido

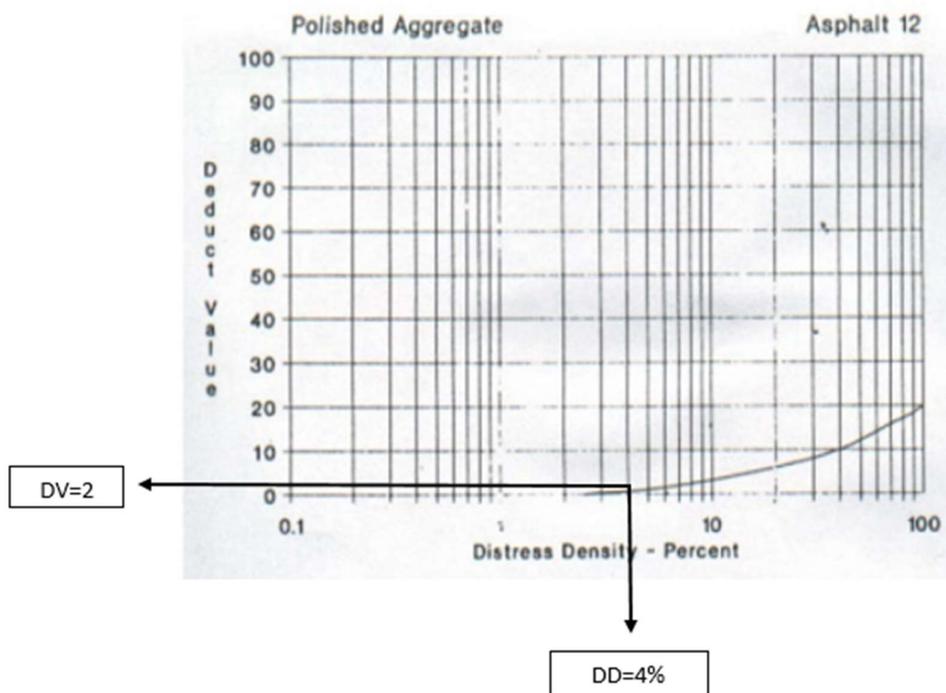


Secção 4

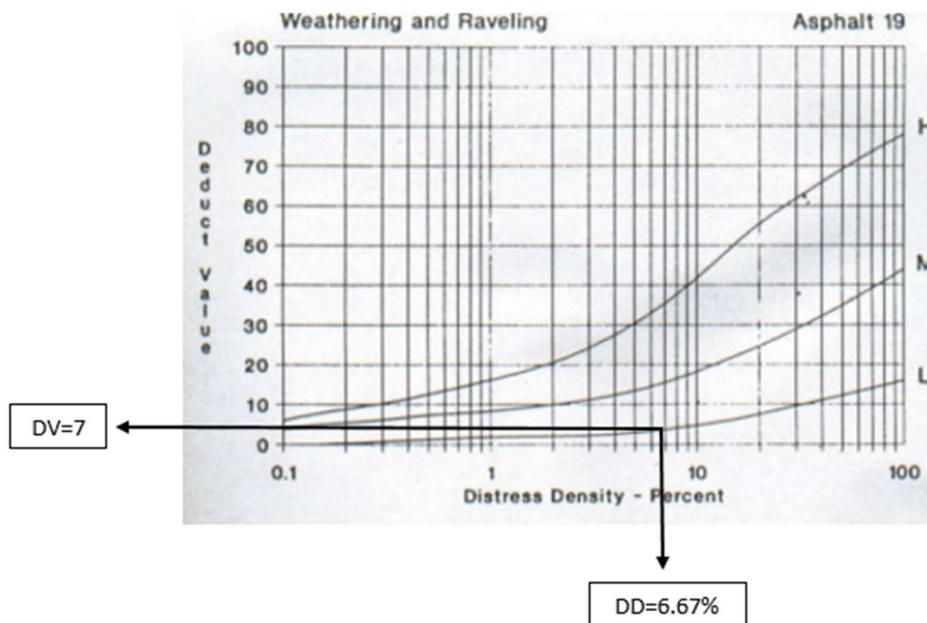
11. Remendo (L)



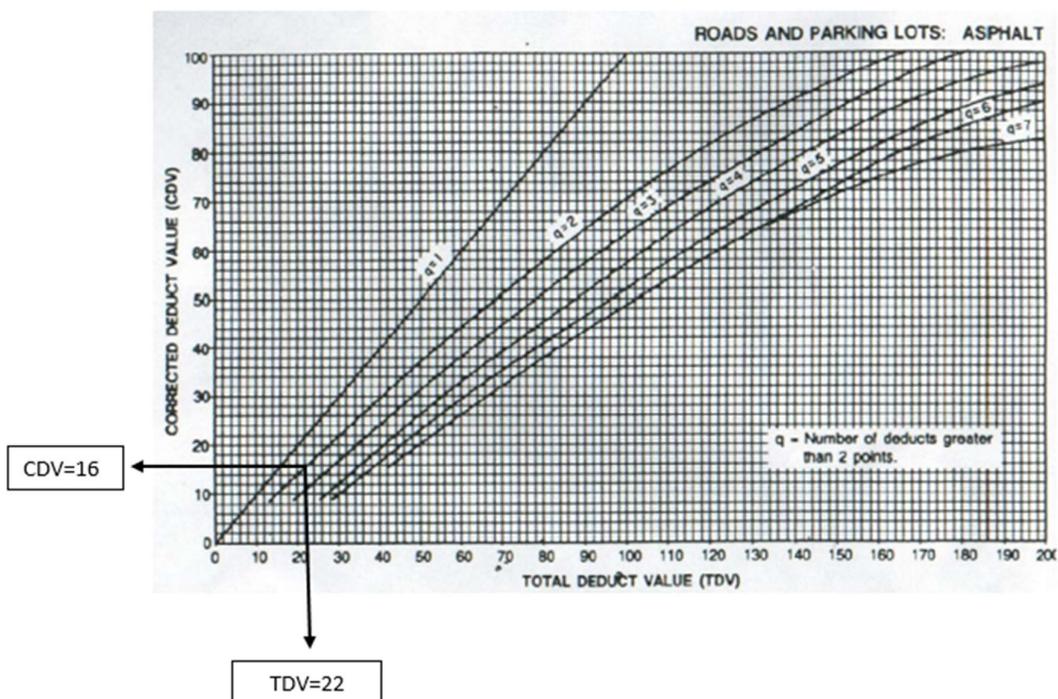
12. Agregado polido



14 – Desgaste (L)



Curva para o Valor de Dedução Corrigido



ANEXO B - Ilustração dos defeitos existentes no pavimento asfáltico

Secção 1



Figura 1. Buraco



Figura 2. Desgaste

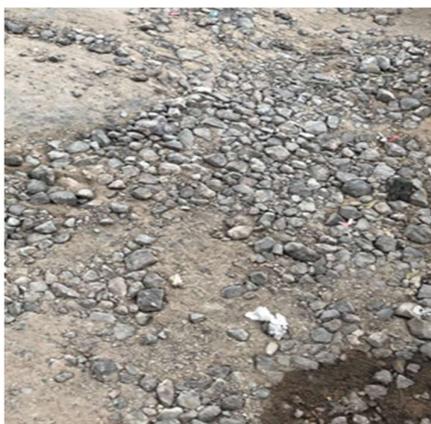


Figura 3. Agregado Polido



Figura 4. Acostamento



Figura 5. Remendo

Secção 2



Figura 1. Buraco



Figura 2. Desgaste



Figura 3. Agregado Polido



Figura 4. Remendo

Secção 3



Figura 1. Remendo



Figura 2. Agregado Polido



Figura 3. Desgaste

Seccão 4



Figura 1. Remendo



Figura 2. Agregado Polido



Figura 3. Desgaste