

Isabel Henriques Armando

**Avaliação da resistência da mistura betuminosa aplicada no pavimento da EN1: troço 3
de fevereiro - Incoluane**

Licenciatura em Engenharia de Construção Civil

Universidade pedagógica de Maputo

Maputo

2023

Isabel Henriques Armando

**Avaliação da resistência da mistura betuminosa aplicada no pavimento da EN1: troço
3 de fevereiro - Incoluane**

Licenciatura em Engenharia de Construção Civil

Monografia, a ser apresentada na Faculdade de
Engenharias e Tecnologias FET. Para obtenção
do grau académico de Licenciatura em
Engenharia de Construção Civil.

Supervisor: Eng. Paulo Luís Aide

Universidade pedagógica de Maputo

Maputo

2023

índice

LISTA DE ABREVIATURAS.....	IV
LISTA DE TABELAS	V
LISTA DE GRÁFICOS.....	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
DECLARAÇÃO.....	VIII
AGRADECIMENTOS	IX
DEDICATÓRIA.....	X
RESUMO	XI
CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO.....	1
1.0. Contextualização.....	1
1.1. Problematização.....	2
1.2. Justificativa	3
1.3. Hipóteses.....	3
1.4. Objectivos	3
1.4.1. Objectivo geral	3
1.4.2. Objectivos específicos	3
CAPÍTULO II: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	5
2.0. Definição de termos e Conceitos	5
2.1. Revisão bibliográfica	5
2.1.1. Pavimento Rodoviário.....	5
2.1.2. Funções de pavimento rodoviário	5
2.1.3. Classificação de pavimento rodoviário	6
2.1.3.1. Pavimento Rígido.....	6
2.1.3.2. Pavimentos semi-rígidos	6
2.1.3.3. Pavimento Flexível.....	7
2.1.4. Misturas Betuminosas.....	8
2.1.5. Classificação das misturas betuminosas	8
2.1.5.1. Segundo a granulometria:.....	8
2.1.5.2. Segundo a temperatura de fabrico;.....	9
2.1.6. Tipos de misturas betuminosas	9
2.1.6.1. Misturas betuminosas á frio	10

2.1.6.2. Misturas betuminosas temperadas.....	10
2.1.6.3. Misturas betuminosas semi-temperadas.....	10
2.1.6.4. Misturas betuminosas á quente	10
2.1.7. Principais constituintes das misturas betuminosas	11
2.1.7.1. Agregados.....	11
2.1.7.2. Ligantes	11
2.1.8. Tipos de ligantes betuminosos	12
2.1.9. Materiais Constituintes da Mistura Betuminosa a quente.....	13
2.1.10. Características mecânicas das Misturas Betuminosas	14
2.1.11. Solicitações de pavimentos	16
2.1.11.1. Acções directas.....	16
2.1.11.2. Acções indirectas.....	16
2.1.12. Degradação de pavimentos	16
2.1.12.1. Pavimentos flexíveis	16
2.1.13. Patologias nos pavimentos flexíveis	18
CAPÍTULO III: METOLOGIA	20
3.0. Tipo de pesquisa	20
3.1. Classificação da pesquisa.....	20
3.2. Caracterização da área de estudo	20
3.2.1. Localização do distrito de Manhiça	20
3.2.2. Clima e Hidrografia.....	21
3.2.3. Relevos e Solos	21
3.2.4. Infra- estruturas e serviços	21
3.2.5. Localização do troço da estrada em estudo	22
3.3. Colecta das amostras.....	22
3.3.1. Colecta do material da base.....	22
3.3.2. Colecta da mistura betuminosa (camada de revestimento)	22
3.4. Descrição dos ensaios	23
3.4.1. Ensaio de compactação in situ, com uso a <i>Troxler</i>	23
3.4.2. Percentagem de betume.....	24
3.4.3 Análise granulométrica	25
3.4.4. Baridade máxima teórica da mistura betuminosa	26
3.4.5. Baridades	27

3.4.6. Resistência a conservação	28
CAPÍTULO IV: ANÁLISE DE DADOS, INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	29
4.1. Resultados do Ensaio de compactação in situ, com uso a troxler. feito na base do pavimento.....	31
4.2. Resultados do ensaio da resistência da mistura betuminosa.....	32
4.2.1. Caracterização da mistura betuminosa.....	32
4.2.1.1. Análise granulométrica	32
4.2.1.2. Resultados do ensaio de baridade máxima teórica.....	37
4.2.1.3. Resultados do ensaio de baridades	38
4.3. Resultados do ensaio de resistência conservada	39
4.3.1. Deformação	40
4.3.2. Estabilidade e resistência conservada	40
CAPÍTULO V: CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	43
5.0. Conclusões	43
5.1. Recomendações e Sugestões para trabalhos futuros.....	44
5.1.1. Recomendações.....	44
5.1.2. Sugestões.....	44
5.3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
5.4. ANEXOS	48

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas técnicas
AC	asphalt concret
AGEC	Agregado britado de granulometria extensa estabilizado com cimento
ANE, IP	Amnistração Nacional de Estradas, Instituto Público
EAPA	European Asphalt Pavement Association
EN1	Estrada Nacional número 1
EN4	Estrada Nacional número 4
ER403	Estrada Rural número 403
EU	União Europia
JJR	Construções JJR e Filhos, S.A
LEA	low Energy Asphalt
Ma	Massade material agregado (g)
Mb	Massa de betume (g)
MC	médium curing
Mt	Massa total (g)
Mv	Massa de vazios(desprezível)
NBR	Norma Brasileira
PA	Porou Asphalt
RC	rapid curing
SATCC	Standard Specifications for Road and Bridge Works
SC	slow curing
SMA	Stone mastic Asphalt
TMH1	standard methods of testing road construction materials
Va	Volume agregados (cm ³)
Vb	Volume de betume(cm ³)
Vv	volume de vazios (cm ³)

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Espessuras normais das diferentes camadas de um pavimento flexível. (OLIVEIRA,2017).	8
Tabela 2: família e tipos de degradações. (REIS, 2009).	18
Tabela 3: extensão das estradas do distrito de Manhiça, administração do distrito citado por. (MAE, 2005)	21
Tabela 4: Contagem de trafego médio diário	29
Tabela 5: Factor equivalente de carga	30
Tabela 6: Determinação do factor de eixo	30
Tabela 7: Determinação do factor de carga	30
Tabela 8: percentagem de betume.	32
Tabela 9: Análise granulométrica secção 1.	33
Tabela 10: Análise granulométrica secção 2.	34
Tabela 11: Análise granulométrica secção 2.	35
Tabela12: limites de classificação para agregado combinado e proporções de mistura para revestimento de asfalto, tabela 4202/3, SATCC.	37
Tabela 13: Baridade máxima teórica TMH1 C4.	38
Tabela 14: Baridades das secções.	39
Tabela 15: Resultados do ensaio de resistência conservada.	41
Tabela 16: Ensaio de compactação in situ, com uso a troxler. secção 1.	48
Tabela 17: Ensaio de compactação in situ, com uso a troxler, secção 2	49
Tabela 18: Ensaio de compactação in situ, com uso a troxler secção 3.	50
Tabela 19: relatório do ensaio de mistura betuminosa da seccao 1.	51
Tabela 20: relatório do ensaio de mistura betuminosa da secção 2.	52
Tabela 21: relatório do ensaio de mistura betuminosa da secção 3.	53
Tabela 22: relatório do ensaio de compactação in situ, com uso a troxler.	54
Tabela 23: relatório do ensaio de compactação in situ, com usoa troxler	55
Tabela 24: relatório do ensaio de compactação in situ, com uso a troxler.	56
Tabela 25: contagem de trafego sentido 3 de Fevereiro – Incoluane	57
Tabela 26: contagem de trafego sentido Incoluane - 3 de Fevereiro.	58
Tabela 27: contagem de trafego Ambos sentidos.	59
Tabela 28: Informação da contagem total nos 3 dias consecutivos.	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Contagem de trafego médio diário.....	29
Gráfico 2: Contagem de trafego médio diário.....	29
Gráfico 3: granulometria da secção 1.....	34
Gráfico 4: granulometria da secção 2.....	35
Gráfico 5: granulometria da secção 3.....	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura de um pavimento rígido. (REIS, 2009).	6
Figura 2: Estrutura de um pavimento semi-rígido. (REIS, 2009).	7
Figura 3: Estrutura de um pavimento flexível. (REIS, 2009).	8
Figura 4: Comparação entre estruturas granulares de diferentes misturas betuminosas (EAPA,2007), citado por (OLIVEIRA, 2017).	9
Figura 5: Diferenças entre temperaturas de fabrico das misturas betuminosas (Raul Pereira,UA,2013), citado por (OLIVEIRA, 2017).	9
Figura 6: representação do tipo de agregado usado na mistura betuminosa. Google(wikipedia).....	11
Figura 7: Representação da constituição de uma mistura betuminosa compactada– (Branco, F. et al., 2008), citado por (MENDES, 2011).	14
Figura 8: Deformações num pavimento flexível (REIS, 2009).....	16
Figura 9: localização do distrito de Manhica, (MAE, 2005).....	20
Figura 10: localização da área de estudo, (Google earth).	22
Figura 11: Colecta do material da base estabilizada.	22
Figura 12: Colecta da mistura betuminosa, (camada de revestimento).....	23
Figura 13: Ensaio de compactação in situ.	24
Figura 14: Determinação da percentagem do betume.	25
Figura 15: realização da análise granulométrica com recurso a um vibrador eléctrico.	26
Figura 16: realização do ensaio de baridades com uso do picnómetro.	27
Figura 17: realização do ensaio de baridades.	28
Figura 18: realização do ensaio de resistência com prensa.	28
Figura 19: espessura da camada de revestimento aplicada no pavimento em estudo	31
Figura 20: pavimento flexível do troço em estudo	31

DECLARAÇÃO

Eu, Isabel Henriques Armando, declaro por minha honra que esta monografia nunca foi apresentada, parcial ou integralmente, em nenhuma instituição para obtenção de qualquer grau académico e que constitui o resultado da minha investigação pessoal e orientações do supervisor, estando indicadas nos textos e nas referências bibliográficas as fontes usadas.

Maputo, _____ de _____ de 2023

(Isabel Henriques Armando)

O Supervisor

O Arguente

(Paulo Luís Aide)

(Pacheco Fernando Macamo)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus todo-poderoso, pela vida, saúde e protecção que me concedeu.

Aos meus Pais, Rosa Maria Jalane e Henriques Armando (em memória), pela minha existência, pela rigorosa educação e por apesar de todas as dificuldades permitirem a realização da minha formação.

Aos meus irmãos, Francelino, Floriana, Meldina e Válder pelo companheirismo, apoio e dedicação.

A família Coanai, por todo apoio e empatia que nunca faltou a minha família vai um especial agradecimento.

Um especial agradecimento vai ao Engenheiro Danilo João Chitlhango pela força, apoio e companheirismo.

A ANE,IP e JJR, pela permissão ao estágio e ensaios laboratoriais para a realização da presente monografia, e um especial agradecimento vai a toda equipe do laboratório das duas instituições pelo acompanhamento técnico.

Ao meu supervisor Engenheiro Paulo Luís Aide, pela orientação científica deste trabalho, pelos seus ensinamentos e recomendações, pela sua dedicação e constante apoio e paciência ao longo da elaboração da presente monografia. E a todos os docentes por todos ensinamentos, conselhos e ajuda durante os meus estudos.

A todos os meus colegas e amigos que me acompanham ao longo de todo meu percurso académico, com especial agradecimento a Ádia Nhaútse, Dórcia Jane, Fáusa Chunguane, David Mazive e Stélio que sempre me animaram e apoiaram ao longo de toda esta caminhada.

Expresso também o meu agradecimento ao Engenheiro Inocência Mandlate pela ajuda na preparação dos exames de admissão e manuais de Engenharia.

A todos que de forma directa ou indirectamente contribuíram para a realização desta monografia.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho, com muito gratidão, a minha mãe Rosa Maria Jalane. Ela não mediu esforços para lutar por minha educação, mulher de fibra que me ensinou a sorrir mesmo nos momentos de dificuldade. Essa mulher guerreira sempre será a maior fonte de inspiração para minha vida. E ao meu pai, Henriques Armando (em memória), a pesar da sua ausência, mas continua sendo minha força na vida. Sua lembrança me inspira e me faz persistir.

Ao meu irmão Francelino Henriques Armando, que me manteve forte, e me incentivou na escolha do curso. Como ele sempre diz “you can”.

RESUMO

Esta pesquisa tem como objectivo primordial, avaliar a resistência da mistura betuminosa aplicada no pavimento da estrada nacional número 1, onde é essencial e necessário se fazer uma breve comparação dos tipos de pavimentos, bem como os tipos de misturas betuminosas aplicados em pavimentos.

Para a determinação da resistência da mistura betuminosa num pavimento flexível é indiscutível ter que se atender á interferência das solicitações que o pavimento sofre ao longo do período de vida que esta em serviço, e das condições climáticas.

A utilização do ligante betuminoso na pavimentação de estradas é o que revolucionou o sector de vias de comunicação e esse material é predominantemente utilizado na construção de estradas á nivel mundial. Embora seja esse o material mais utilizado no sector de estradas, há que se ter bastante atenção na sua aplicação, pois quanto maior for a quantidade do ligante numa mistura betuminosa, menor é a resistência da própria mistura e quanto menor for a quantidade do ligante betuminosa numa mistura betuminosa, maior será a segregação dos agregados na mistura, o que deixa-a com baixa resistência.

No final do trabalho, procuro-se apresentar os resultados obtidos na caracterização da mistura betuminosa e resistência da mesma, em um pavimento flexível.

Palavras chave: mistura betuminosa, ligante betuminoso, resistência.

ABSTRACT

This research has as its main objective, to evaluate the resistance of the bituminous mixture applied on the pavement of the national road number 1, where it is essential and necessary to make a brief comparison of the types of pavements, as well as the types of bituminous mixtures applied in flexible pavements.

In order to determine the resistance of the bituminous mixture in a flexible pavement, it is indisputable that the interference of the requests that the pavement suffers during the period of life that it is in service, and the climatic conditions, must be taken into account.

The use of bituminous binder in road paving is what revolutionized the road sector and this material is predominantly used in road construction worldwide. Although this is the material most used in the road sector, great care must be taken when applying it, as the greater the amount of binder in a bituminous mixture, the lower the resistance of the mixture itself and the smaller the amount of bituminous binder in a bituminous mixture, the greater the segregation of the aggregates in the mixture, which leaves it with low resistance.

At the end of the work, I try to present the results obtained in the characterization of the bituminous mixture and its resistance, in a flexible pavement.

Keywords: Bituminous mixture, Bituminous binder, Resistance.

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

1.0.Contextualização

Segundo (SANTANA, 1993) citado por (MARQUES, 2006), Pavimento é uma estrutura construída sobre a superfície obtida pelos serviços de terraplenagem com a função principal de fornecer ao usuário segurança e conforto, que devem ser conseguidos sob o ponto de vista da engenharia, isto é, com a máxima qualidade e o mínimo custo.

A função essencial de um pavimento rodoviário é assegurar uma superfície de rolamento que permita a circulação dos veículos com comodidade e segurança, durante um determinado período de vida do pavimento, sob a acção das acções do tráfego, e nas condições climáticas que ocorram. (OLIVEIRA, 2017)

No que diz respeito a tipologia de um pavimento rodoviário, há que saber que existem três tipos de pavimentos mais usados, nomeadamente: pavimento rígido, semi-rígido e flexível, existem outros tipos de pavimentos menos aplicados, porém nesse trabalho vamos dedicar ao estudo da resistência da mistura betuminosa aplicada em um pavimento flexível.

Os pavimentos são classificados em Flexíveis, Rígidos e Semi-Rígidos, sendo que estes diferenciam-se entre si de acordo com a consistência e camadas patentes nestas (MARQUES, 2006).

A utilização do ligante betuminoso na pavimentação de estradas revolucionou o sector dos meios de transporte e das vias de comunicação, nos primórdios do século XIX. Desde então, este é o material predominantemente utilizado na construção de estradas e manutenção da Rede Rodoviária a nível mundial. Em Portugal, particularmente, verificou-se um grande investimento nas estruturas rodoviárias desde a implementação do Plano Rodoviário Nacional de 1985 aquando a entrada do nosso país para a União Europeia (UE) (Picado Santos et al., 2011), citado por (GAMEIRO,2013).

A aplicação desse tipo de pavimento (flexível), apesar de ser reactivamente acessível a nossa realidade económica, ainda apresentam custos elevados na sua manutenção o que nos leva a ter que tomar bastante atenção na qualidade da mistura betuminosa que será aplicada.

A presente pesquisa insere-se no ramo de controlo de qualidade de pavimentos rodoviários e visa avaliar, com base em ensaios laboratoriais, a resistência da mistura betuminosa aplicada na Estrada Nacional número1, troço 3 de fevereiro - Incoluane.

1.1.Problematização

A EN1 é uma estrada primária que estabelece ligação do país de norte a sul. Segundo as disposições da rede de estradas Moçambicanas, sendo pelo menos seis zonas de capitais provinciais, a saber: Maputo/Xai-Xai, Maxixe/Inhambane, Nicoadala/Quelimane, Nampula e Pemba. Dá acesso a todos os grandes portos da nação, e ainda servindo de conexão aos caminhos de ferro de Ressano Garcia, Goba, Limpopo, Machipanda e Nacala. Ao norte sua continuação se dá pelas rodovias EN14, N380 e ER762, através das quais acessa-se o interior de cabo delgado e o extremo norte Moçambicano. Ao sul sua continuação é dada pela rodovia EN4, pela ponte Maputo-Katembe e pela rodovia ER403. (África Environment Wikifocus, 2022). A EN1, especialmente o troço em estudo é um pavimento flexível que apresenta camadas superior por mistura betuminosa, seguido inferiormente de camadas constituídas por material granular (base e sub-base e o leito do pavimento).

O volume de tráfego tem aumentado significativamente nos últimos anos na EN1, e isso, pode influenciar negativamente nas estruturas dos pavimentos existentes, e os diversos factores incidem sobre os danos estruturais, tais como: o peso e a pressão das rodas do carregamento, o efeito do clima e as propriedades físicas, mecânicas dos materiais aplicados. (JJR, 2021).

O troço em estudo tem uma extensão de 1km+700m. O pavimento apresenta manifestações patológicas tais como buracos, fissuras de todos os tipos (pele de crocodilo, transversais e longitudinais, etc.). As fissuras e os buracos no troço têm causado um desconforto aos usuários da própria via rodoviária, e quando um pavimento apresenta fissuras ou fendas e não é dada a devida manutenção acaba se agravando o problema para um outro mais crítico, e criando ainda mais acidentes por conta da situação em que a via se encontra. Sendo assim pretende-se criar condições de se fazer uma avaliação da resistência do pavimento feito na base de mistura betuminosa após a substituição da camada de desgaste.

O reforço de pavimentos é o método mais utilizado para a reabilitação de pavimentos degradados, verificando-se muitas vezes que o seu desempenho não corresponde ao desejado (RIGO,1993), citado por (PAIS & PERREIRA, 1999).

Face a problemática supracitada sobre a rede rodoviária no nosso país, recai a seguinte questão:

A Mistura Betuminosa aplicada na EN1, troço 3 de fevereiro-Incoluane, responde as exigências das normas de execução da ANE e SATCC?

1.2.Justificativa

Em qualquer sistema de gerência ou planeamento territorial ou Urbano é necessário dispor de dados a fim de conhecer o estado ou situação do objecto que está a ser gerido. A avaliação da condição dos pavimentos é a etapa onde estes dados são obtidos a partir do conhecimento do estado da integridade dos pavimentos.(DANIELESKI, 2004)

É possível prever o seu desempenho futuro, traçando directrizes ou estratégias de conservação, elaborando programas de manutenção a nível de rede e estimar custos. (DANIELESKI, 2004)

A degradação dos pavimentos rodoviários no nosso país encontra-se em número bastante considerado, facto esse que chama a atenção da ANE, IP a tomar as devidas medidas.

O tema avaliação da resistência da mistura betuminosa aplicada na EN1: troço 3 de fevereiro/ Incoluane, foi visto com base na necessidade de se procurar saber e/ou conhecer os principais defeitos, avaliação da mistura betuminosa aplicada no pavimento e problemas que deixam em perigo a vida dos automobilistas e utentes na via, atendendo a questão do conforto, segurança e comodidade em vias rodoviárias. Portanto, o trabalho procura avaliar a resistência da mistura betuminosa aplicada no pavimento no que diz respeito ao estado em que o mesmo se encontra.

1.3.Hipóteses

- A mistura betuminosa aplicada no pavimento Estrada Nacional número1 no troço 3 de fevereiro - Incoluane responde as normas de execução da ANE, IP.
- A mistura betuminosa aplicada no pavimento Estrada Nacional número1, no troço 3 de fevereiro - Incoluane responde as exigências da norma SATCC.

1.4.Objectivos

1.4.1. Objectivo geral

- Avaliar a resistência da mistura betuminosa aplicada no pavimento da EN1, no troço 3 de fevereiro - Incoluane.

1.4.2. Objectivos específicos

- Apresentar as características físicas e mecânicas da mistura betuminosa aplicada no pavimento da estrada em estudo;

- Estudar a influência do betume na mistura betuminosa, perante as acções do tráfego, no que diz respeito a percentagem do betume aplicado;
- Verificar se a mistura betuminosa aplicada no pavimento responde as normas de execução da ANE, IP e SATCC.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.0. Definição de termos e Conceitos

Pavimento- Um pavimento rodoviário é uma estrutura constituída por um conjunto de camadas de espessura finita, apoiadas num maciço semi-indefinido, o solo de fundação. (OLIVEIRA, 2017).

Sub-base- Camada complementar à base. Deve ser usada quando não for aconselhável executar a base directamente sobre o leito regularizado ou sobre o reforço, por circunstâncias técnico-econômicas. Pode ser usado para regularizar a espessura da base. (MARQUES, 2006).

Base- Camada destinada a resistir e distribuir ao sub-leito, os esforços oriundos do tráfego e sobre a qual se construirá o revestimento. (MARQUES, 2006).

Revestimento- É camada, tanto quanto possível impermeável, que recebe directamente a acção do rolamento dos veículos e destinada económica e simultaneamente: - a melhorar as condições do rolamento quanto à comodidade e segurança; - a resistir aos esforços horizontais que nele actuam, tornando mais durável a superfície de rolamento. (MARQUES, 2006).

Mistura betuminosa- A mistura betuminosa são constituídas por um conjunto de materiais granulares, doseados de uma forma ponderal ou volumétrica, misturados em central com uma quantidade de ligante previamente determinada. (OLIVEIRA, 2017).

Ligante betuminoso- O ligante betuminoso permite a ligação entre os agregados, garante flexibilidade à mistura betuminosa, assegura impermeabilidade, durabilidade e confere-lhe trabalhabilidade (Silva, 2005), citado por (GAMEIRO, 2013).

2.1. Revisão bibliográfica

2.1.1. Pavimento Rodoviário

É designada por pavimento a estrutura construída sobre a terraplenagem de um terreno, que suporta as cargas provenientes do tráfego, redistribui essas cargas para a infra-estrutura e proporciona as condições satisfatórias de conforto, economia e segurança a quem utiliza a estrutura. (REIS, 2009).

2.1.2. Funções de pavimento rodoviário

Segundo a NBR-7207/82 da ABNT, citado por (MARQUES, 2006) tem-se a seguinte definição:

O pavimento é uma estrutura construída após terraplenagem e destinada, econômica e simultaneamente, em seu conjunto, a:

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

2.1.3. Classificação de pavimento rodoviário

Normalmente a escolha de um desses pavimentos tem sido em função do tráfego na qual a via irá servir, a qualidade dos solos de fundação e também do material que se tem disponível (AZAMBUJA, 2009).

2.1.3.1. Pavimento Rígido

Um pavimento rígido é constituído por uma laje de Betão, que pode ser colocada directamente sobre a fundação, ou sobre uma ou mais camadas de suporte (base/sub-base) que podem ser ou não aglutinadas com ligante. Embora teoricamente a laje possa ser aplicada directamente sobre a fundação, tal não é desejável, uma vez que o facto de a laje ter um apoio relativamente uniforme e resistente à erosão é essencial para garantir a durabilidade do pavimento. (OLIVEIRA,2017).

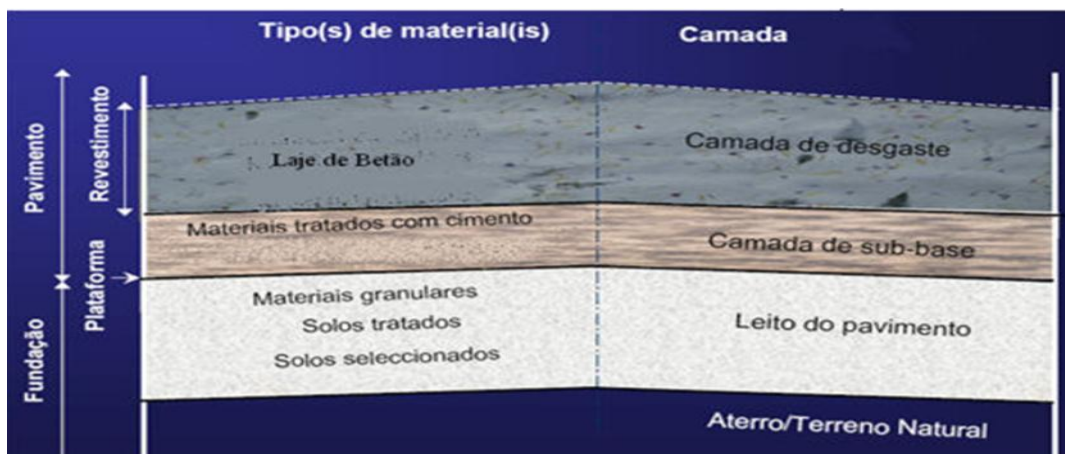


Figura 1: Estrutura de um pavimento rígido. (REIS, 2009).

2.1.3.2. Pavimentos semi-rígidos

Os pavimentos semi-rígidos caracterizam-se por serem constituídos por um revestimento betuminoso, bases tratadas com cimento de elevada rigidez em que, devido ao aumento de rigidez e conseqüente módulo de elasticidade, é absorvida a maioria dos esforços de tracção, e sub-bases de materiais granulares. Este tipo de pavimentos é em tudo semelhante aos

pavimentos flexíveis com a diferença de na camada de base apresentar outro tipo de material na sua constituição: Betão pobre ou AGEC (agregado de granulometria extensa com cimento). (REIS, 2009).

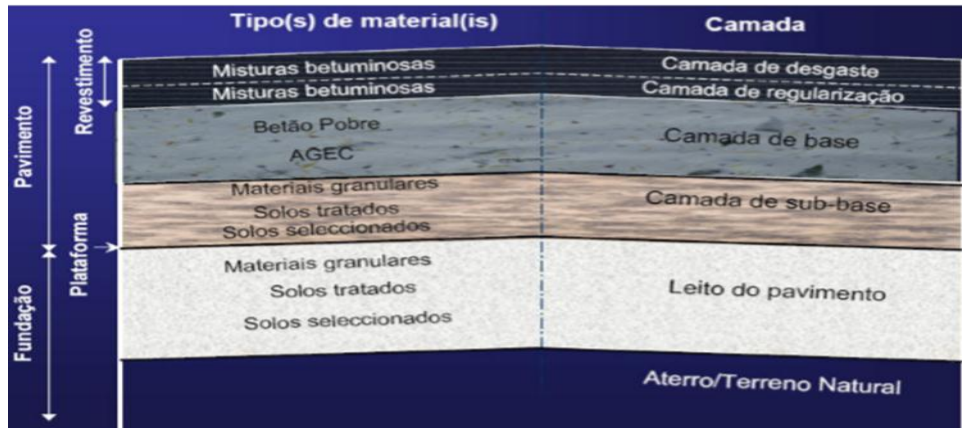


Figura 2: Estrutura de um pavimento semi-rígido. (REIS, 2009).

2.1.3.3. Pavimento Flexível

Os pavimentos flexíveis podem ser constituídos por uma ou várias camadas de misturas betuminosas. A resistência estrutural dos pavimentos flexíveis é dada pelas diferentes camadas que o constituem assim como os materiais usados no qual a resistência e rigidez são fundamentais. A camada mais importante é a de base pois recebe os esforços de tráfego provenientes da camada de desgaste, a camada de desgaste, é a camada superior do pavimento e na qual circula diretamente o tráfego. Deve apresentar uma superfície lisa, regular, não derrapante e resistente ao desgaste contínuo do tráfego, conferindo as condições de segurança e conforto para os utilizadores. Esta camada é em mistura betuminosa, constituída por uma mistura de agregados e betume. Os agregados têm uma maior percentagem na camada de cerca de 85% a 90% e têm como função resistir ao desgaste imposto pelas solicitações e suportar e transmitir as cargas provenientes do tráfego para a camada de base. O betume constitui o restante material com cerca de 10 a 15% e tem como função ligar os agregados, tratando-se de um elemento aglutinante e impermeabilizador da camada. (OLIVEIRA,2017).



Figura 3: Estrutura de um pavimento flexível. (REIS, 2009).

A tabela abaixo, ilustra as espessuras das diferentes camadas de um pavimento flexível.

Camada	Espessura(cm)
Desgaste	4 a 8
Regularização	4 a 10
Base	15 a 30
Sub-base	15 a 30

Tabela 1: Espessuras normais das diferentes camadas de um pavimento flexível. (OLIVEIRA,2017).

2.1.4. Misturas Betuminosas

As misturas betuminosas são constituídas por um conjunto de materiais granulares, doseados de uma forma ponderal ou volumétrica, misturados em central com uma quantidade de ligante previamente determinada. Logicamente, como o comportamento das misturas betuminosas depende de cada um dos componentes elementares que as compõem, antes de se proceder ao estudo da sua formulação, é imperativo que os agregados e o ligante betuminoso sejam correctamente estudados e caracterizados, de modo a que o desempenho das misturas não seja comprometido pelo comportamento inadequado dos seus constituintes, ou pela sua má dosagem. (OLIVEIRA, 2017).

2.1.5. Classificação das misturas betuminosas

Segundo (OLIVEIRA, 2017), as misturas betuminosas podem ser distinguidas pela granulometria e/ou pela sua temperatura de fabrico:

2.1.5.1. Segundo a granulometria:

- Contínuas (AC (Betão betuminoso));
- Descontínuas (Mástique de pedra (SMA) e misturas betuminosas drenantes (PA)).

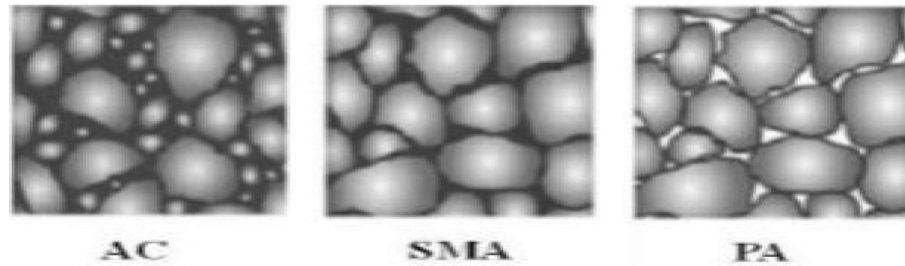


Figura 4: Comparação entre estruturas granulares de diferentes misturas betuminosas (EAPA,2007), citado por (OLIVEIRA, 2017).

2.1.5.2. Segundo a temperatura de fabrico;

- Semitemperadas (entre 70°C a 100°C);
- Temperadas (entre 100 °C e 140°C);
- A quente (acima de 140°C).

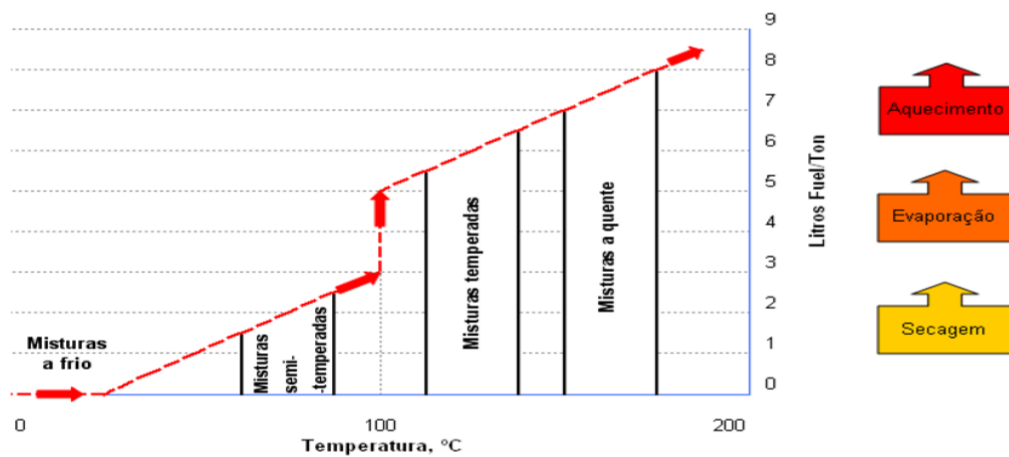


Figura 5: Diferenças entre temperaturas de fabrico das misturas betuminosas (Raul Pereira,UA,2013), citado por (OLIVEIRA, 2017).

2.1.6. Tipos de misturas betuminosas

É possível distinguir, de um modo geral, quatro tipos de misturas betuminosas. (ANTUNES, 2014):

- Misturas betuminosas á frio;
- Misturas betuminosas á quente;
- Misturas betuminosas temperadas e;
- Misturas betuminosas semi-temperadas.

2.1.6.1. Misturas betuminosas á frio

Ao contrário das misturas betuminosas a quente, em que se procede ao aquecimento do betume de modo a obter uma viscosidade adequada ao fabrico, espalhamento e compactação da mistura betuminosa, nas misturas a frio a diminuição da viscosidade do betume é conseguida através da sua incorporação na mistura sob a forma de emulsão betuminosa (emulsão de betume em água), (OLIVEIRA,2017).

2.1.6.2. Misturas betuminosas temperadas

As misturas temperadas são produzidas a temperaturas entre os 100°C e os 140°C, a sua produção envolve várias técnicas que permitem a redução da viscosidade efetiva do ligante, permitindo o revestimento integral dos agregados durante a fase de mistura e compactação com aplicação de baixas temperaturas (Ferreira, 2009), citado por (OLIVEIRA, 2017).

2.1.6.3. Misturas betuminosas semi-temperadas

De acordo com a EAPA, citado por (OLIVEIRA,2017) as misturas semitemperadas caracterizam-se por serem produzidas a temperaturas inferiores a 100°C, usualmente entre os 70°C e os 100°C. Presentemente a produção deste tipo de misturas é possível através da tecnologia da emulsão (emulsão com teor em água de 30%), através de técnicas de espuma de betume ou por processos LEA (Low Energy Asphalt). O processo LEA resulta da capacidade do ligante anídrico quente produzir espuma ou de se emulsionar, quando em contacto com a água residual dos agregados com temperaturas um pouco inferiores a 100°C, permitindo assim, o revestimento dos agregados a temperaturas baixas.

2.1.6.4. Misturas betuminosas á quente

Para uma mistura betuminosa a quente as temperaturas de produção encontram-se no intervalo dos 120°C aos 190°C, consoante o betume a utilizar. Cada uma dessas temperaturas tem um papel fundamental. Assim a temperatura de fabrico é essencial para garantir que o betume tenha a viscosidade necessária para que este envolva adequadamente os agregados durante o processo. Se a temperatura de mistura for demasiado elevada, o betume vai ter uma viscosidade baixa, que resulta no escoamento do betume após o envolvimento dos agregados, para além de potenciar a degradação do betume levando ao seu envelhecimento. Para temperaturas demasiado baixas. (OLIVEIRA, 2017).

Existem vários tipos de misturas betuminosas, não sendo possível abordar todos os tipos nessa pesquisa, vamos nos limitar em falar das misturas betuminosas a quente pois foram essas que foram aplicadas no pavimento em Estudo.

2.1.7. Principais constituintes das misturas betuminosas

2.1.7.1. Agregados

Os agregados correspondem a cerca de 90% do volume global das misturas betuminosas. Estes formam um esqueleto pétreo, que deve ter capacidade de resistir à acção do tráfego. Conforme são obtidos os agregados, estes podem classificar-se como naturais ou britados. Os naturais são materiais sedimentares obtidos de extracção directa, os britados são obtidos por fractura mecânica de rochas (Branco, F. et al., 2008), citado por (MENDES,2011).

De acordo com as especificações de produto constantes na norma portuguesa NP EN 13043 (2004, AC: 2010) citado por (MENDES, 2011), os agregados aplicados em misturas betuminosas devem ser provenientes da britagem de rochas duras, não alteráveis, ter uma boa forma e serem resistentes à rotura e à degradação induzida pelo efeito de abrasão e de fragmentação do tráfego.

Existem varios tipos de agregados para a producao de misturas betuminos, não sendo possível abordar todos os tipos nessa pesquisa, vamos nos limitar em falar do **basalto**, pois foi esse que foi aplicado no pavimento em Estudo.

O **basalto** é uma rocha ígnea vulcânica, sendo um dos principais constituintes da crosta oceânica, presentes também na forma de grandes derrames continentais. É uma rocha de granulação fina, com coloração escura. (FERNANDO ET AL, 2011).



Figura 6: representação do tipo de agregado usado na mistura betuminosa. Google(wikipedia)

2.1.7.2. Ligantes

segundo (SANTOS, 2016), **Ligante betuminoso** é um material adesivo contendo betume que pode estar sob a forma de não modificado, modificado ou emulsionado.

Betume é um material praticamente não volátil, adesivo e impermeável à água, derivado do petróleo bruto que é completamente ou quase todo solúvel em tolueno, muito viscoso e quase sólido à temperatura ambiente.(SANTOS,2016).

Existem diversos tipos de ligantes que podem ser utilizados na composição das misturas betuminosas. Contudo geralmente utilizam-se os betumes asfálticos provenientes da refinação do crude (Teixeira, A., 2000), citado por (MENDES, 2011).

O que diferencia o betume asfáltico de outros ligantes é a sua resposta visco-elástica, cujo comportamento varia consoante a velocidade de aplicação das cargas, e a temperatura a que é submetido, o que lhe permite comportar-se quer como um material flexível, com baixo módulo de rigidez e muito deformável, adaptando-se às deformações e assentamentos das camadas do pavimento e da fundação sem fendilhar, quer ter um comportamento estável com elevado módulo e resposta elástica quando submetido às acções do tráfego.(MENDES, 2011).

2.1.8. Tipos de ligantes betuminosos

Existem diversos materiais betuminosos com aptidão para serem usados como ligantes na construção rodoviária. (Kraemer et al., 1996), citado por (BRANCO, F., et al, 2008).

- **Rocha Asfáltica**

A rocha asfáltica aparece na natureza sob a forma de maciços de rocha, em geral calcária ou gresosa, impregnada de betume asfáltico que se formou por destilação, lenta e natural, do petróleo que anteriormente impregnara a rocha. Este material contém geralmente até 12% de betume reactivamente à sua massa total, (BRANCO, F., et al, 2008).

- **Alcatrão**

Alcatrão é a designação genérica atribuída ao líquido obtido quando a hulha ou a madeira são queimadas ou sujeitas a um processo de destilação destrutivo na ausência de ar (por exemplo como acontece em centrais termoeléctricas. (BRANCO, F., et al, 2008).

- **Betume Asfáltico**

O betume asfáltico é o ligante mais usado em trabalhos de pavimentação rodoviária. Dada a sua importância, vai tratar-se com mais pormenor a caracterização deste material. O betume é um aglutinante betuminoso obtido a partir da destilação do petróleo bruto que é uma mistura complexa de hidrocarbonetos, cujas massas moleculares são diferentes. O betume asfáltico

existe em numerosos petróleos, onde se encontra em solução, sendo obtido após a eliminação dos óleos que servem de dissolventes. .(BRANCO, F., et al, 2008).

- **Betume Fluidificado**

Segundo (BRANCO, F., et al, 2008). Os betumes fluidificados são ligantes constituídos por betume asfáltico dissolvido em gasóleo, petróleo ou gasolina. As percentagens em massa do betume nestes produtos variam, conforme o tipo, entre os 50 e os 80%. A ligação dos betumes aos agregados é conseguida após a volatilização do solvente, podendo este processo (geralmente designado por “cura”) desenvolver-se de uma forma mais ou menos rápida, consoante a rapidez de evaporação do solvente. Assim, designam-se por betumes fluidificados de cura lenta (SC - slow curing em terminologia anglo-saxónica), média (MC - médium curing) ou rápida (RC - rapid curing), se os solventes utilizados forem, respectivamente, o gasóleo, o petróleo comercial ou a gasolina.

- **Emulsões Betuminosas**

Uma emulsão betuminosa é um sistema heterogéneo de duas fases, consistindo em dois líquidos imiscíveis, betume e água, e que se mantém estável devido ao emulsionante que se distribui à volta dos glóbulos de betume e estabelece aí uma camada de cargas eléctricas que repelem as dos outros glóbulos, mantendo assim o sistema em equilíbrio (SHELL, 1991), citado por (BRANCO, F., et al, 2008).

- **Betume Asfáltico Modificado**

Os betumes modificados surgem devido à necessidade de conferir às misturas betuminosas menor susceptibilidade térmica e uma maior flexibilidade ou seja, responder mais eficazmente a maiores solicitações do pavimento, Os betumes modificados são essencialmente uma mistura de betume com aditivos. .(BRANCO, F., et al, 2008).

2.1.9. Materiais Constituintes da Mistura Betuminosa a quente

Segundo (SANTOS, 2008) A mistura betuminosa é constituída maioritariamente por material mineral (cerca de 90%), sendo a restante percentagem atribuída ao ligante betuminoso e a vazios preenchidos com ar.

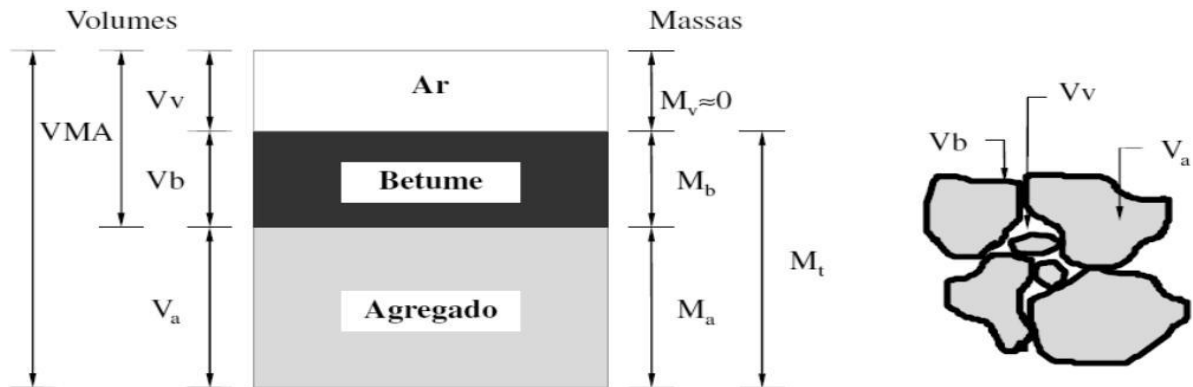


Figura 7: Representação da constituição de uma mistura betuminosa compactada– (Branco, F. et al., 2008), citado por (MENDES, 2011).

2.1.10. Características mecânicas das Misturas Betuminosas

A relação percentual face ao peso total da mistura, de cada um dos constituintes (agregado e betume), é usualmente estabelecida com base num estudo de formulação. A selecção de cada um dos componentes, e as quantidades de cada um a aplicar na mistura, são factores de extrema importância, pois são estes que vão ditar as características de uma mistura betuminosa. De acordo com (BRANCO, ET, AL 2011), citado por (GAMEIRO, 2013).

pretende-se que o pavimento ao longo da sua vida útil apresente as características seguintes:

- Estabilidade – Consiste na capacidade de uma mistura betuminosa resistir à passagem repetida dos veículos com pequenas deformações. Esta característica é função do atrito interno dos materiais e da capacidade de coesão do betume. De uma forma geral, para V_v superior a 3%, esta propriedade aumenta com a compacidade do material e com a quantidade óptima de betume. (GAMEIRO, 2013).
- Durabilidade - É determinada pela capacidade de uma mistura betuminosa resistir ao desgaste causado pelo tráfego e de pelas acções climáticas (temperatura e água). De uma forma geral, a durabilidade aumenta com o incremento da quantidade de betume. Este confere maior resistência à desintegração da mistura e diminui o volume de vazios, dificultando assim o acesso da água ao seu interior. No entanto, uma percentagem de betume excessiva pode reduzir a estabilidade da mistura. Por esse motivo é importante que no processo de formulação se determine a quantidade de betume adequada. A utilização de uma curva granulometria contínua também melhora a durabilidade da mistura por torna-la mais impermeável. (GAMEIRO, 2013).

- Flexibilidade - Garante que uma mistura betuminosa se adapta a assentamentos graduais das camadas inferiores, sem que ocorra fendilhamento do pavimento. A flexibilidade de uma mistura geralmente aumenta com o aumento da percentagem de betume e da utilização de agregados de granulometria aberta. (GAMEIRO, 2013).
- Resistência à Fadiga – Corresponde à resistência que uma mistura apresenta face às solicitações repetidas impostas pelas passagens dos veículos. A resistência à fadiga aumenta com a durabilidade da mistura, que está inerente ao aumento de betume. No entanto, uma grande percentagem de betume pode originar exsudação do ligante e comprometer a estabilidade da mistura. (GAMEIRO, 2013).
- Impermeabilidade – É a resistência de uma mistura à passagem da água e do ar para as camadas subjacentes. Esta característica depende do volume de vazios, sendo que este pode ser equacionado através da curva granulométrica utilizada para formular a mistura betuminosa. Desta forma, quando se pretende uma mistura betuminosa com grande resistência à penetração da água, a curva granulométrica contínua será a mais adequada. Por outro lado, curvas granulométricas uniformes dão origem a misturas com características drenantes, estas permitem que o escoamento da água ocorra no interior das camadas constituintes, diminuindo a percolação superficial e consequentemente favorecem uma maior segurança à circulação dos utentes. (GAMEIRO, 2013).
- Compacidade - Propriedade relacionada com o arranjo estrutural dos agregados. Controlada pelo volume de vazios no esqueleto mineral (VMA) (MICAELLO, 2008). Citado por (GAMEIRO, 2013).
- Trabalhabilidade - Característica que garante condições adequadas de produção (fabrico e espalhamento) e compactação in situ. (GAMEIRO, 2013).

Para além de todas as características já citadas, a textura desempenha um papel fundamental para a qualidade funcional da camada de desgaste de um pavimento. (GAMEIRO, 2013).

De acordo com (MENEZES, 2008) citado por (GAMEIRO, 2013). A microtextura permite caracterizar uma superfície mais ou menos rugosa, possibilitando o contacto directo entre o pavimento e o pneu, mas suficientemente lisa a olho nu, permitindo uma circulação cómoda, segura e económica. Esta escala de textura é função do tipo de agregado e apresenta um papel preponderante a baixas velocidades, embora alguns investigadores acreditem que é importante para todas as velocidades.

(MENEZES, 2008) citado por (GAMEIRO, 2013). Afirma também que a macrotextura está relacionada com a proporção utilizada de cada agregado. Esta escala de textura, contribui para a componente de histerese do atrito e permite um escoamento rápido da água da superfície do pavimento, reduzindo a possibilidade de hidroplenagem. Por forma a avaliar as características referidas, são realizados ensaios em laboratório, tais como: ensaios de sensibilidade à água, deformação permanente, resistência à fadiga e módulo de rigidez.

2.1.11. Solicitações de pavimentos

Os pavimentos na sua generalidade estão sujeitos a acções directas e indirectas, sendo que as acções indirectas são características unicamente dos pavimentos rígidos. Entende-se por acções directas os esforços absorvidos directamente pelo pavimento, resultantes de forças ou pressões aplicadas à estrutura. As acções indirectas estão relacionadas com as deformações impostas ao pavimento, sendo que estas acções podem ser devidas à retracção, dilatação térmica e empenamento. (REIS, 2009).

2.1.11.1. Acções directas

As acções resultantes do tráfego de veículos são acções móveis e podem ser acções verticais ou horizontais (travagem, aceleração). (REIS, 2009).

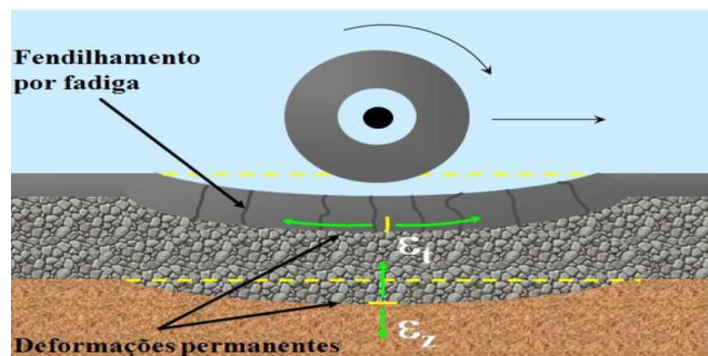


Figura 8: Deformações num pavimento flexível (REIS, 2009).

2.1.11.2. Acções indirectas

As acções indirectas da degradação de um pavimento são caracterizadas por retracção, dilatação térmica e empenamento. (REIS, 2009).

2.1.12. Degradação de pavimentos

2.1.12.1. Pavimentos flexíveis

A deterioração dos pavimentos flexíveis está associada à degradação da qualidade dos materiais constituintes das camadas que fazem parte da constituição de um pavimento. A

degradação pode ser provocada pela actuação das acções, de um inadequado projecto e/ou deficiências e problemas no processo construtivo. A evolução das degradações dos pavimentos e consequente modificação do seu comportamento é um processo complexo, pois cada acção provoca alterações específicas em cada material constituinte de um pavimento. A actuação das acções resulta na alteração das propriedades dos materiais constituintes de um pavimento fazendo que uma mesma acção repetida duas vezes provoque deslocamentos e degradações diferentes no pavimento. (REIS, 2009).

Com a evolução da degradação de um pavimento e ao atingir um estado de deterioração em que as condições de utilização já não são aceitáveis, torna-se necessário proceder à intervenção/conservação, dependendo do estado em que se encontre e do nível de qualidade que se pretende atingir. De modo a ser efectuada a escolha do tipo de intervenção a realizar e para estabelecer um planeamento adequado para a intervenção, torna-se necessário ter conhecimento do estado actualizado da degradação do pavimento. Na Tabela abaixo, é possível observar as famílias e tipos de degradação de um pavimento flexível. (REIS, 2009).

Famílias de degradações	Tipos de degradações		
Deformações	<ul style="list-style-type: none"> • Abatimento 	Longitudinal Transversal	
	<ul style="list-style-type: none"> • Deformações localizadas • Ondulação 		
	<ul style="list-style-type: none"> • Rodeiras 	Grande raio(devido as camadas inferiores) Pequeno raio(devido as camadas superiores)	
Fendilhamento	<ul style="list-style-type: none"> • Fendas 	<ul style="list-style-type: none"> • Fadiga • Longitudinal • Transversal • parabolica 	<ul style="list-style-type: none"> • Eixo • Berma
	<ul style="list-style-type: none"> • Pele de crocodilo 	<ul style="list-style-type: none"> • Malha fina menor que 40cm • Malha larga maior ou igual 40cm 	

Degradação da camada de desgaste	<ul style="list-style-type: none"> • Degradação superficial • Polimento de agregados • Peladas • Buracos(covas)
Movimento de materiais	<ul style="list-style-type: none"> • Exsudação do betume • Subida de finos

Tabela 2: família e tipos de degradações. (REIS, 2009).

2.1.13. Patologias nos pavimentos flexíveis

Os pavimentos rodoviários flexíveis ao longo dos anos em serviço desenvolvem degradações que contribuem para uma diminuição da qualidade estrutural e funcional do pavimento. Essas degradações são originadas pelas acções do tráfego e das condições climáticas, as quais actuando sobre um pavimento com determinadas características mecânicas e geométricas originam solicitações no pavimento que alteram as suas características iniciais. A sucessiva repetição destas condições origina degradações no pavimento. Esta actividade denominada de “princípio da cadeia de consequências” produz uma actividade em ciclo onde uma degradação resultante contribui para a evolução de outra degradação. (FRANCISCO, 2012).

Para (Pereira & Miranda, 1999), citado por (FRANCISCO, 2012). São considerados dois grupos de factores que influenciam a degradação dos pavimentos: os factores passivos e os factores activos. Os primeiros dependem do pavimento, nomeadamente das espessuras, do material e da qualidade de construção. Já os factores activos dependem das acções do tráfego e do clima e são os principais responsáveis pelas degradações dos pavimentos.

As deformações têm em geral como causa principal um comportamento anormal das diferentes camadas do pavimento e do solo de fundação (Pereira & Miranda 1999), citado por (FRANCISCO, 2012). Assim, a deficiente capacidade de suporte do solo de fundação, a compactação insuficiente das camadas estruturais do pavimento, assim como, as más condições de drenagem são as principais causas de desenvolvimento das deformações.

Os tipos de degradação mais frequentes na família das deformações permanentes são os cavados de rodeira, que consistem na deformação permanente do pavimento na zona de passagem dos rodados dos veículos (Minhoto, 2005), citado por (FRANCISCO, 2012).

O fendilhamento é a família de degradações mais frequente nos pavimentos flexíveis, e resulta principalmente da fadiga dos materiais das camadas betuminosas, devido à repetição

dos esforços de tracção por flexão destas camadas (Branco et al, 2008), citado por (FRANCISCO, 2012) e, em algumas condições, devido às concentrações de tensões provocadas pela acção térmica (Minhoto, 2005), citado por (FRANCISCO, 2012).

CAPÍTULO III: METOLOGIA

3.0. Tipo de pesquisa

A metodologia científica é um conjunto de abordagens, técnicas e processos utilizados pela ciência para formular e resolver problemas de aquisição objectiva do conhecimento, de uma maneira sistemática (RODRIGUES, 2007).

3.1. Classificação da pesquisa

A pesquisa científica é classificada da seguinte maneira:

- Quanto a natureza: aplicada;
- Quanto aos objectivos: explicativa;
- Quanto aos procedimentos técnicos: bibliográfica, campo e laboratorial;
- Quanto á abordagem: qualitativa.

3.2. Caracterização da área de estudo

3.2.1. Localização do distrito de Manhíça

O distrito da Manhíça localizado na parte Norte da Província de Maputo, a 80 Km da cidade de Maputo a que está ligado pela EN1, é limitado a Norte pelo Distrito da Macia (Província de Gaza), a Sul pelo Distrito de Marracuene, a Oeste pelos Distritos da Moamba e de Maputo e, a Este, é banhado pelo Oceano Índico. O distrito da Manhíça, com sede na Vila de Manhíça, está dividido em seis Postos Administrativos: Manhíça-Sede (que coincide com a área da vila da Manhíça), Xinavane, 3 de Fevereiro, Calanga, Maluana e Ilha Josina Machel. (MAE, 2005).

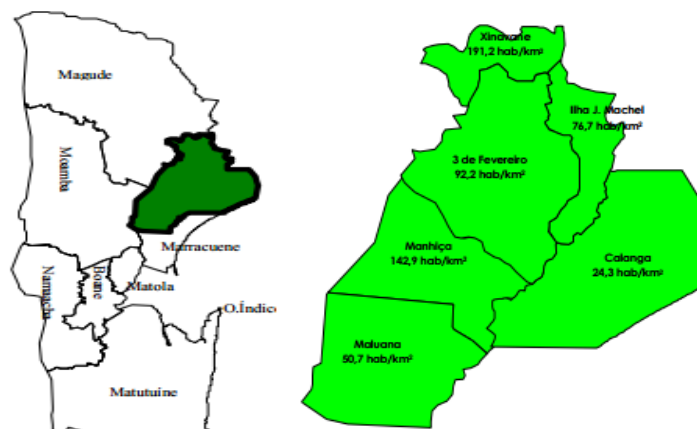


Figura 9: localização do distrito de Manhíça, (MAE, 2005)

3.2.2. Clima e Hidrografia

Segundo a classificação de Köppen, o distrito de Manhiça possui um clima Tropical húmido no litoral e Tropical seco, à medida que se entra para o interior. Predominam 2 estações: a quente e de pluviosidade elevada – de Outubro a Abril; e a fresca e seca – de Abril a Setembro. A precipitação média anual é de 807 mm, concentrada nos meses de Dezembro a Fevereiro. A temperatura média anual é de 23°C, sendo a máxima em Janeiro (cerca de 32°C) e a mínima em Julho (13°C). O distrito é atravessado pelo Incomáti, possui a Lagoa Chuáli, e pequenas (Xapsana, Cotiça e Tsatsimba).(MAE, 2005).

3.2.3. Relevos e Solos

O distrito possui solos de fertilidade média, com uma zona alta, de sedimentos arenosos eólicos (a ocidente e ao longo da costa) e uma zona de dunas costeiras e uma planície aluvionar, com menos de 100m, ao longo do Incomáti, com solos argilosos, de textura estratificada ou turfosos. (MAE, 2005).

3.2.4. Infra- estruturas e serviços

A Manhiça é atravessada pela EN1 e por um total de 200 km de estradas secundárias e terciárias de estradas e pontes, em geral transitáveis, à excepção de Calanga e Josina Machel, inacessíveis na época da chuva. O transporte rodoviário é assegurado por frotas privadas semi-colectivas em mau estado de manutenção. O distrito é ainda servido pelo transporte fluvial e ferroviário de carga e passageiros da linha férrea no sentido Maputo-Magude. (MAE, 2005).

Localização	Extensão (Km)
EN1 – Ilha Josina Machel	6
Manhiça – Bobole	15
Manhiça – Calanga	30
Manhiça – Chinhanganine	30
Manhiça – Incoluane	86
Manhiça – Nhambe	20
Xinavane – Magude	13

Tabela 3: extensão das estradas do distrito de Manhiça, administração do distrito citado por. (MAE, 2005)

3.2.5. Localização do troço da estrada em estudo



Figura 10: localização da área de estudo, (Google earth).

3.3. Colecta das amostras

Para a verificação da resistência da mistura betuminosa, foram necessários ensaios laboratoriais e in situ. A colecta das amostras obedeceu a seguinte ordem: colecta do material da base estabilizada e colecta da mistura betuminosa na camada de desgaste.

3.3.1. Colecta do material da base

A colecta do material da base foi feita usando uma pá e foi colocado num saco plástico para manter o teor de humidade da colheita, esse material da base é constituído por tout venant misturado com 3% de cimento depois do mesmo estar completamente misturado fez-se. A colheita, que por sua vez foi levada ao laboratório para realização do ensaio de compactação com objectivo de verificar a baridade máxima e teor óptimo do material.



Figura 11: Colecta do material da base estabilizada.

3.3.2. Colecta da mistura betuminosa (camada de revestimento)

Para efeitos do controlo de qualidade das amostras, deve se efectuar análises das amostras que irão se colocar no pavimento em estudo. A colecta da mistura betuminosa foi feita enquanto decorria o espalhamento da mistura que vinha da central asfáltica e durante esse processo

tinha que se verificar a temperatura da mesma, para verificar se correspondia ao tipo de mistura, no caso mistura betuminosa a quente, correspondendo a 160°C.

A colecta foi feita com o auxílio de uma pá e posteriormente colocada numa bacia metálica de aproximadamente 5l, para cada secção quantidade que baste para a realização dos ensaios necessários.



Figura 12: Colecta da mistura betuminosa, (camada de revestimento).

3.4. Descrição dos ensaios

Para realização desse trabalho foram feitos os seguintes ensaios: ensaio de compactação in situ, com uso a gamadensímetro (Troxler), na base do pavimento e ensaios de caracterização da mistura betuminosa (análise granulométrica, baridades, baridade máxima teórica, percentagem do betume, resistência conservada), na camada de revestimento.

3.4.1. Ensaio de compactação in situ, com uso a *Troxler*

É um ensaio de determinação rápida e precisa in situ de humidade, baridade e grau de compactação.

Para a realização do ensaio são necessários os seguintes equipamentos: uma base metálica, bastão metálico, martelo/mareta e troxler.

Na base compactada, usa-se o bastão para perfurar uma profundidade de 15cm que equivalem a espessura da base do pavimento e usa-se uma base metálica para colocar o troxler, onde a base e o troxler devem estar planos e depois introduziu-se os valores de referencia no troxler, valores obtidos através da compactação laboratorial e a leitura fez-se três vezes no mesmo ponto porém colocando o troxler em três sentidos para cada leitura.



Figura 13: Ensaio de compactação in situ.

3.4.2. Percentagem de betume

Segundo (LOPES, 2009) Em geral, pode dizer-se que um aumento do teor em betume aumenta a resistência ao fendilhamento, a trabalhadade, a impermeabilidade e a durabilidade, mas em contrapartida, diminui a resistência às deformações permanentes e a aderência pneu-pavimento. Uma dosagem correcta de material betuminoso, está intimamente ligada a um bom desempenho e vida da estrutura, por isso é de primordial importância, que para cada camada do pavimento e em cada situação específica, se seleccione o tipo de mistura mais adequado a utilizar. Complementarmente, de seguida são apresentadas algumas deficiências que podem ser causadas pela incorrecta dosagem de betume na mistura:

- Baixa estabilidade: a principal causa é o excesso de betume na mistura;
- Baixa resistência à fadiga: tem como principais causas um baixo teor de betume, excesso de vazios na mistura, baixa compactação e, conseqüentemente uma espessura inadequado da camada betuminosa;
- Permeabilidade maior de vazios. Pode também ser causada pela compactação inadequada da camada excessiva: é provocada pelo baixo teor de betume, o que causa uma quantidade.

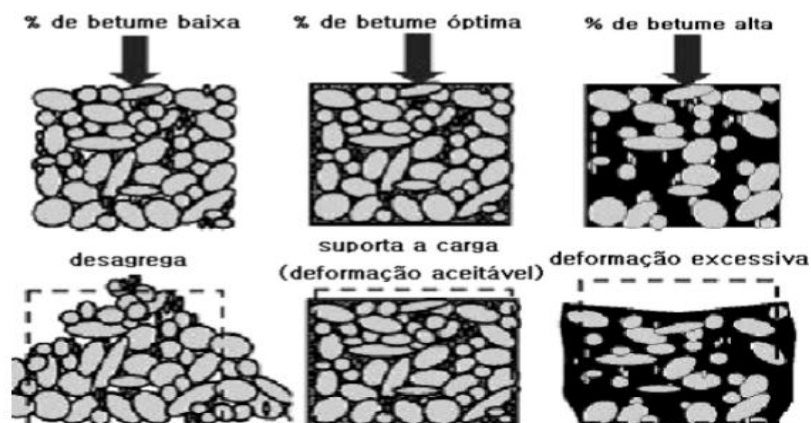


Figura 14: Efeito da quantidade de betume numa mistura betuminosa com uma mesma granulometria (Erkens, 2002 citado por Gardete, 2006), citado por (DUARTE, 2014).

Através da imagem acima, pode se compreender a influência do betume nas misturas betuminosas perante as ações do tráfego. Caso existe insuficiência do betume na mistura, a mistura betuminosa desagrega, caso for excessiva a mistura torna muito flexível e haverá deformações elevadas, prejudicando a estabilidade da mistura.

Após a colheita da mistura no campo, colocou-se a mesma numa estufa até atingir a temperatura da colheita, que foi de 160°C. Depois de se aquecer a mistura, dividiu-se em alguns recipientes para se fazer o arrefecimento manual, isto é, com uma espátula mexeu-se a mistura até arrefecer, usou-se a espátula para que o betume não voltasse a aderir com os agregados.

E após o arrefecimento da mistura, fez-se o esquarteramento (que consiste em dividir a mistura em partes iguais até atingir a quantidade desejada), e para esse caso foram necessárias 1200g da mistura para se fazer a análise do betume e posteriormente se fazer o ensaio de granulometria.

Para se conhecer a percentagem do betume, foi necessária uma quantidade de 1200g da mistura betuminosa, uma MULFA ligada com uma temperatura de 538°C num período de 35 minutos. A extração permite conhecer a quantidade do betume colocado na mistura e a baridade do betume.



Figura 14: Determinação da percentagem do betume.

3.4.3 Análise granulométrica

A determinação da granulometria é feita de várias formas, dependendo da sua dimensão. A análise granulométrica dos agregados é realizada através de peneiração conforme o preconizada na norma NP EN 933-1(14), citado por (OLIVEIRA, 2017), que preserva o método de peneiração por uma série de peneiros com abertura progressivamente decrescente.

Depois dos agregados estarem totalmente arrefecidos, seguiu-se com o ensaio de granulometria que consiste em conhecer a percentagem passada dos agregados de um peneiro para o outro, assim como a peso retido em cada peneiro.

Colocou-se num vibrador os peneiros necessários para se fazer a análise granulométrica que ficou 30 minutos de vibração, de seguida levou-se os peneiros para se fazer a pesagem da amostra retida em cada peneiro numa balança, com esses dados foi possível traçar a curva granulométrica.



Figura 15: realização da análise granulométrica com recurso a um vibrador eléctrico.

3.4.4. Baridade máxima teórica da mistura betuminosa

A baridade máxima teórica define-se como a massa por unidade de volume de uma mistura betuminosa, sem vazios, a uma temperatura conhecida. (FONSECA, 2011)

A norma EN 12697-5 descreve três métodos para determinar a baridade máxima teórica de uma mistura betuminosa: um método volumétrico (A), um método hidrostático (B) e um método matemático (C). No método volumétrico, o volume da amostra é medido com o auxílio de um picnómetro, como o deslocamento da água ou o solvente na amostra. No método hidrostático, o volume da amostra é calculado a partir do princípio da hidrostática (o volume é calculado através da massa de água deslocada quando o corpo é imerso – impulso). No método matemático, a baridade máxima teórica de uma mistura betuminosa é calculada a partir da sua composição (percentagem de ligante, percentagem de agregados e percentagem de fibras) e respectivas massas volúmicas. (FONSECA, 2011).



Figura 16: realização do ensaio de baridades com uso do picnómetro.

Para este trabalho foi usado o método A (método volumétrico).

3.4.5. Baridades

A norma 12697-6(27), citado por (OLIVEIRA,2017). Estabelece o método de referência para determinação de baridades dos provetes da mistura betuminosa.

A Baridade é definida como a massa por unidade de volume, com vazios, de um provete a uma temperatura conhecida. Depende não só da densidade dos materiais que o constituem, mas também do grau de compactação, da curva granulométrica e da percentagem do betume. A massa do provete é obtida pela pesagem do provete seco no ar. (OLIVEIRA,2017).

Para este ensaio, levou-se uma determinada quantidade da mistura betuminosa para a estufa aquecida a uma temperatura de 155°C, juntamente com os moldes de compactação e o soquete de 8kg também aquecido.

Para se fazer a compactação foi necessário um soquete de 8kg, seis moldes de compactação. E tirou-se os moldes da estufa assim como a mistura betuminosa ainda quente para a compactação, deve ser feita de forma flexível para que não haja uma perda excessiva da temperatura. Porque esse tipo de mistura a quente é empregue em temperaturas altas assim como a sua compactação.

Depois de fazer a compactação, para a obtenção dos provetes ficou-se 24h para dar tempo dos moldes arrefecerem muito bem para a posterior tirar-se os provetes, e após a retirada dos provetes levou-se para uma balança para se conhecer os pesos secos no ar.

E assim, levou-se os moldes para se fazer a média da sua altura, no caso fez-se a medição da altura do provete para três lados escolhidos e depois fez-se a média da mesma.



Figura 17: realização do ensaio de baridades.

3.4.6. Resistência a conservação

As características Marshall são o ensaio mais importante na avaliação da mistura betuminosa e tem como objectivo a determinação da percentagem óptima em betume. O valor da estabilidade Marshall (S) corresponde a força máxima a que que um provete resiste a 60°C. Esta força é aplicada por uma prensa, depois do provete ser colocado entre as duas meias canas de aço de um estabilómetro. A deformação Marshall (F) corresponde ao encurtamento diametral do provete. (OLIVEIRA,2016)

Apos a obtenção dos provetes, no caso seis provetes para cada ensaio. Prosseguiu-se com a divisão dos mesmos em dois grupos para facilitar o controlo na realização do ensaio.

1º grupo: provetes cilíndricos imersos em água a temperatura de 60°C, durante 30 minutos;

2º grupo: provetes cilíndricos imersos em água a temperatura de 60°C, durante 24 horas.

Após o período de tempo determinado de cada grupo de provetes, foi possível determinar a força de rotura de cada provete, pelo ensaio de Marshall. Assim foi possível determinar também os valores da deformação e estabilidade de cada provetes dos dois grupos.



Figura 18: realização do ensaio de resistência com prensa.

CAPÍTULO IV: ANÁLISE DE DADOS, INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesse capítulo, serão apresentados, interpretados e discutidos todos os resultados dessa pesquisa, avaliação da resistência da mistura betuminosa aplicada no pavimento em estudo, bem como os ensaios de caracterização da mistura betuminosa e sem deixar de fora os resultados dos ensaios de compactação in situ, com uso a troxler que foram feitos na base do pavimento.

Contagem de trafego médio diário				
Categoria	11/12/23	12/12/23	13/12/23	Media
A-C (ESRS)	247	279	317	281
D (ESRD)	31	24	30	28
E (ETD)	56	47	66	56
F-H (ETQ)	89	113	175	126
Total	423	463	588	491

Tabela 4: Contagem de trafego médio diário

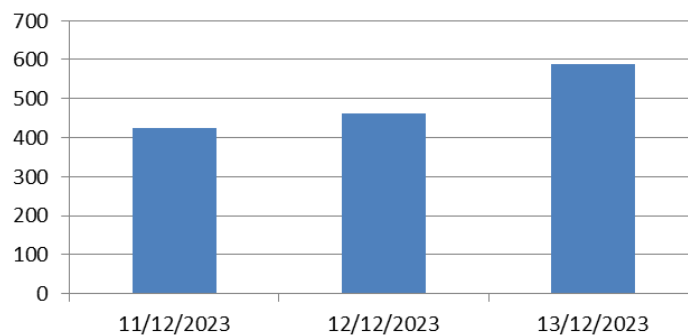


Gráfico 1: Contagem de trafego médio diário

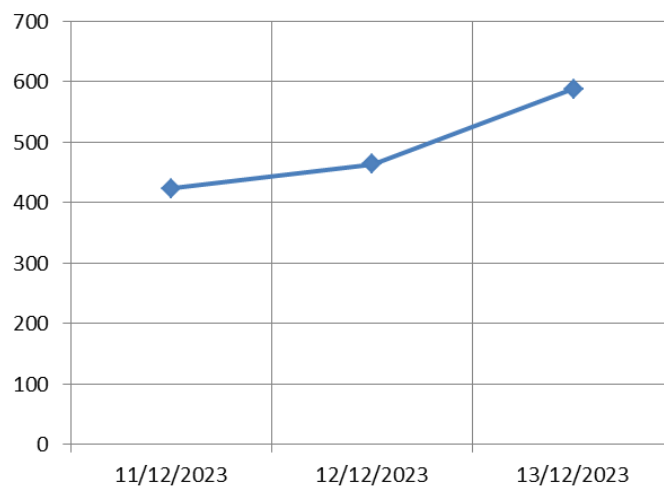


Gráfico 2: Contagem de trafego médio diário

Trata-se de um crescimento aritmétrico de trafego.

Categoria	Peso por conjunto eixo				FECj			
	ESRS	ESRD	ETD	ETT	ESRS	ESRD	ETD	ETT
1ESRS+1ESRS	2×6tf				2×0,278			
1ESRS+1ESRD	6tf	10tf			0,278	3,289		
1ESRS+1ETD	6tf	10tf	17tf		0,278	3,289	8,549	
1ESRS+1ETT	6tf	10tf		25,5tf	0,278	3,289		9,300

Tabela 5: Factor equivalente de carga

Determinação do FE			
Categoria	VMDa	Numero conjunto eixo	Numero conjunto eixos × VMDa
1ESRS+1ESRS	281	2	562
1ESRS+1ESRD	28	2	56
1ESRS+1ETD	56	3	168
1ESRS+1ETT	126	3	378
Total	491		1164

Tabela 6: Determinação do factor de eixo

$$FE = \frac{n}{Vt}$$

$$FE = \frac{1164}{491} = 2,37$$

Categoria	Conjunto de eixos (nj)				FECj×nj			
	ESRS	ESRD	ETD	ETT	ESRS	ESRD	ETD	ETT
1ESRS+1ESRS	2×281				156			
1ESRS+1ESRD	28	28			8	92		
1ESRS+1ETD	56	56	56		16	184	479	
1ESRS+1ETT	126	126		126	35	414		1172
Sub total	772	210	56	126	215	690	479	1172
Total	1164				2556			

Tabela 7: Determinação do factor de carga

$$FC = \frac{2556}{1164} = 2,19$$

$$FV = FE \times FC$$

$$FV = 2,37 \times 2,19$$

$$FV = 5,19$$

$$N = 365 \times P \times VMDa \times FV$$

$$N = 365 \times 10 \times 491 \times 5,19$$

$$N = 9,3 \times 10^6$$

A espessura da camada de revestimento deve ser no mínimo 7,5 cm segundo a norma DNER.



Figura 19: espessura da camada de revestimento aplicada no pavimento em estudo

O pavimento em estudo é um pavimento flexível com revestimento simples, composto por quatro camadas, nomeadamente: **leito do pavimento** (corresponde a primeira camada do pavimento que é constituído por material granular seleccionado na câmara de empréstimo), **sub-base** (que corresponde a segunda camada, e é constituído por material seleccionado na câmara de empréstimo, **base** (que corresponde a terceira camada do pavimento, e é constituída por tout venant estabilizado com 3% de cimento, e a **camada de desgaste** (corresponde a quarta camada do pavimento, e é constituída pela mistura betuminosa).

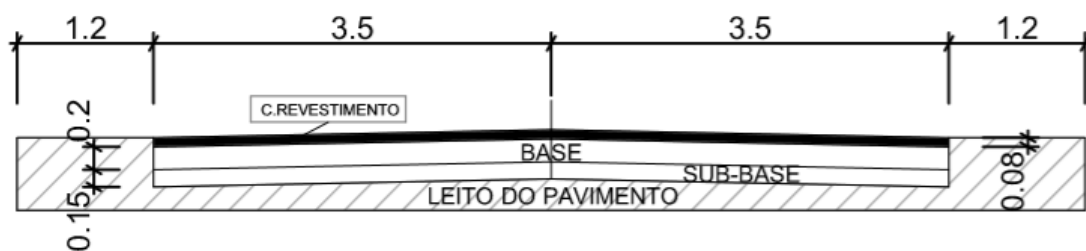


Figura 20: pavimento flexível do troço em estudo.

4.1. Resultados do Ensaio de compactação in situ, com uso a troxler. feito na base do pavimento.

Para a realização deste ensaio, foi dividida a base em três partes para melhor execução do trabalho, visto que a base era de 1,700metros, realizou-se a estabilização em secções de 200 metros, onde obteve-se resultados satisfatórios somente para as secções dois e três. a secção um foi rejeitada pois não satisfazia as exigências das normas que é de 102% para o grau de compactação da camada de base de material estabilizado.

Era necessário obter-se grau de compactação que satisfaça as condições exigidas pelas normas. E ao se fazer o ensaio da base rejeitada novamente obteve-se uma satisfação em termos de resultados. Porque o grau de compactação atingia uma média satisfatória .

As tabelas em anexo tabela número doze, treze e catorze, ilustram os resultados das três secções dos ensaios de compactação in situ, com o uso ao troxler.

4.2. Resultados do ensaio da resistência da mistura betuminosa

Para determinar a resistência da mistura betuminosa, foi necessário se fazer ensaios de caracterização da mistura betuminosa e o ensaio da resistência da mesma.

4.2.1. Caracterização da mistura betuminosa

Na caracterização da mistura betuminosa, foram realizados os seguintes ensaios: percentagem do betume, análise granulométrica, baridade máxima teórica, baridades e resistência conservada.

4.2.1.1. Análise granulométrica

Para se chegar na análise granulométrica, foi necessário primeiramente se fazer a percentagem do betume, que é extrair o betume que foi colocado na mistura para poder se conhecer a percentagem do betume adicionado. Foram feitas três análises granulometrias que correspondiam ao número de secções do troço em estudo.

Percentagem do betume	Secção 1	Secção 2	Secção 3
Tara	432.6	432.6	432.2
Tara+ amostra	1632.9	1632.6	1633.2
Tara+ agregado	1569.3	1573.0	1570.3
Amostra	1200.3	1200.0	1201.0
Agregado	1137.8	1140.0	1138.1
Betume	62.5	60.0	62.9
% Betume	5.21%	5.00%	5.24%
Baridade betume	1.03	1.03	1.03
Rel. Ponderal fíler/betume	1.0	1.1	1.0

Tabela 8: percentagem de betume.

A tabela acima mostra os resultados da extracção de betume das três secções ensaiadas. Analisando os valores que a tabela apresenta, podemos ver que a percentagem do betume adicionado na mistura (mistura betuminosa) é superior ou igual a 5%, isto é, para a secção um

e a secção três, a percentagem do betume é superior a 5% e para a secção dois, a percentagem é igual a 5%. Se a percentagem do betume estivesse abaixo de 5% influenciaria negativamente no peso específico da mistura.

A tabela e o gráfico abaixo, apresentam os resultados obtidos na realização do ensaio de granulometria.

Análise granulométrica secção 1						
Peneiros	Material retido		Material acumulado		Fuso	
Mm	Peso (g)	Perc.(%)	Passado (%)	Retido(%)	Limite inferior	Limite superior
19.0	0.0	0.0	100	0.0	100	100
13.2	0.0	0.0	100	0.0	100	100
9.5	88.0	7.7	92.3	7.7	82.0	100
4.75	353.1	31.0	61.2	38.8	54.0	75
2.36	252.7	22.2	39.0	61.0	35.0	50
1.180	123.4	10.8	28.2	71.8	27.0	42
0.600	87.4	7.7	20.5	74.5	18.0	32
0.300	70.0	6.2	14.3	85.7	11.0	23
0.150	52.1	4.6	9.8	90.2	7.0	16
0.075	45.3	4.0	5.8	94.2	4.0	10
<0.075	65.8	5.8	0.0	100		
Total	1137.8	100	0.0	100		

Tabela 9: Análise granulométrica secção 1.

Secção 1

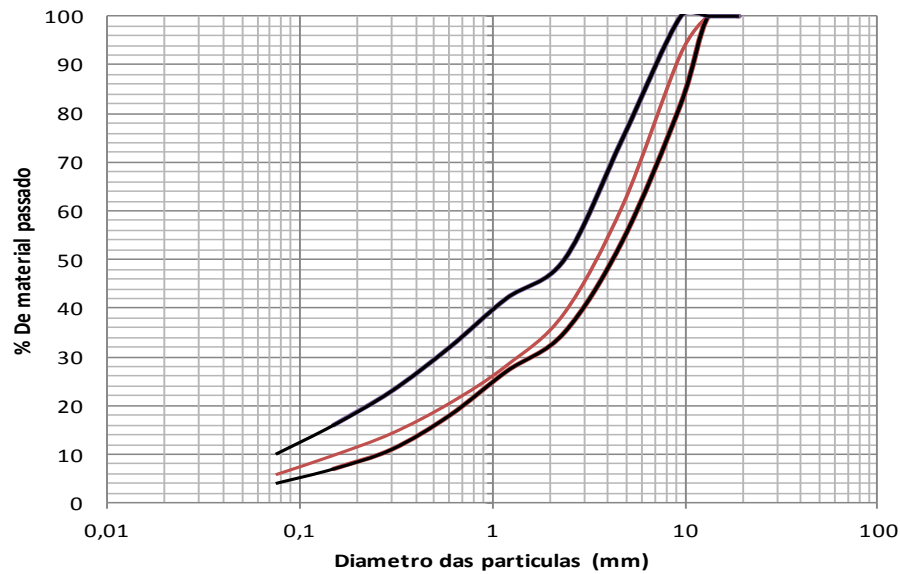


Gráfico 3: granulometria da secção 1.

A tabela e o gráfico abaixo, apresentam os resultados obtidos no ensaio de granulometria da secção 2

Análise granulométrica secção 2						
Peneiros	Material retido		Material acumulado		Fuso	
	Mm	Peso (g)	Perc.(%)	Passado(%)	Retido(%)	Limite inferior
19.0	0.0	0.0	100	0	100	100
13.2	0.0	0.0	100	0	100	100
9.5	96.7	8.5	91.5	8.5	82.0	100
4.75	55.4	31.2	60.3	39.7	54.0	75
2.36	245.9	21.6	38.8	61.2	35.0	50
1.180	118.3	10.4	28.4	71.6	27.0	42
0.600	88.3	7.7	20.6	79.4	18.0	32
0.300	74.6	6.5	14.1	85.9	11.0	23
0.150	55.4	4.9	9.2	90.8	7.0	16
0.075	40.3	3.5	5.7	94.3	4.0	10
<0.075	65.1	5.7	0	100		
Total	1140.0	100	0	100		

Tabela 10: Análise granulométrica secção 2.

Secção 2

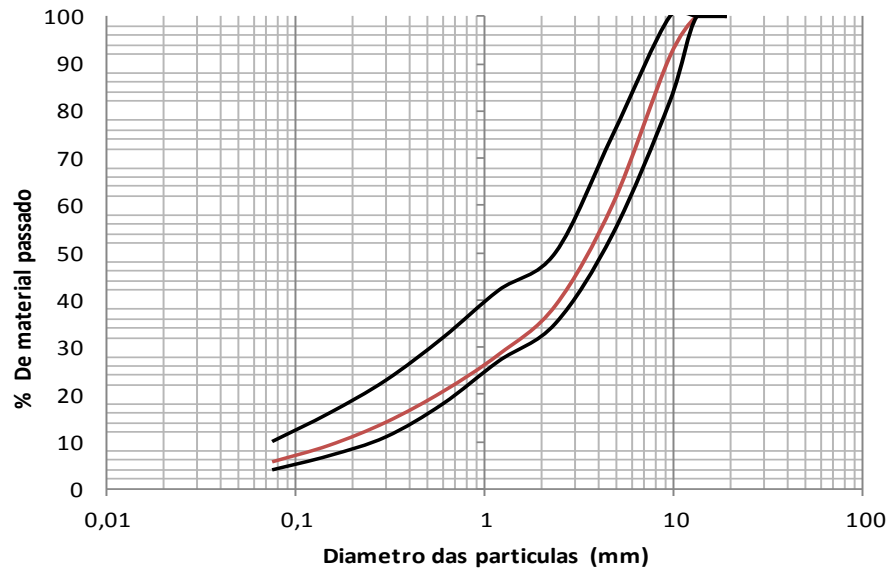


Gráfico 4: granulometria da secção 2.

A tabela e gráfico abaixo, apresentam os resultados do ensaio de granulometria da secção 3

Análise granulométrica secção 3						
Peneiros	Material retido		Material acumulado		Fuso	
Mm	Peso (g)	Perc.(%)	Passado(%)	Retido(%)	Limite inferior	Limite superior
19.0	0.0	0.0	100	0.0	100	100
13.2	0.0	0.0	100	0.0	100	100
9.5	82.5	7.2	92.1	7.2	82.0	100
4.75	347.0	30.5	62.3	37.7	54.0	75
2.36	261.8	23.0	39.3	60.7	35.0	50
1.180	110.6	9.7	29.5	70.5	27.0	42
0.600	90.5	8.0	21.6	78.4	18.0	32
0.300	72.2	6.3	15.3	84.7	11.0	23
0.150	88.8	6.0	9.2	90.8	7.0	16
0.075	44.6	3.9	5.3	94.7	4.0	10
<0.075	60.3	5.3	0.0	100		
Total	1138.1	100	0.0	100		

Tabela 11: Análise granulométrica secção 2.

Secção 3

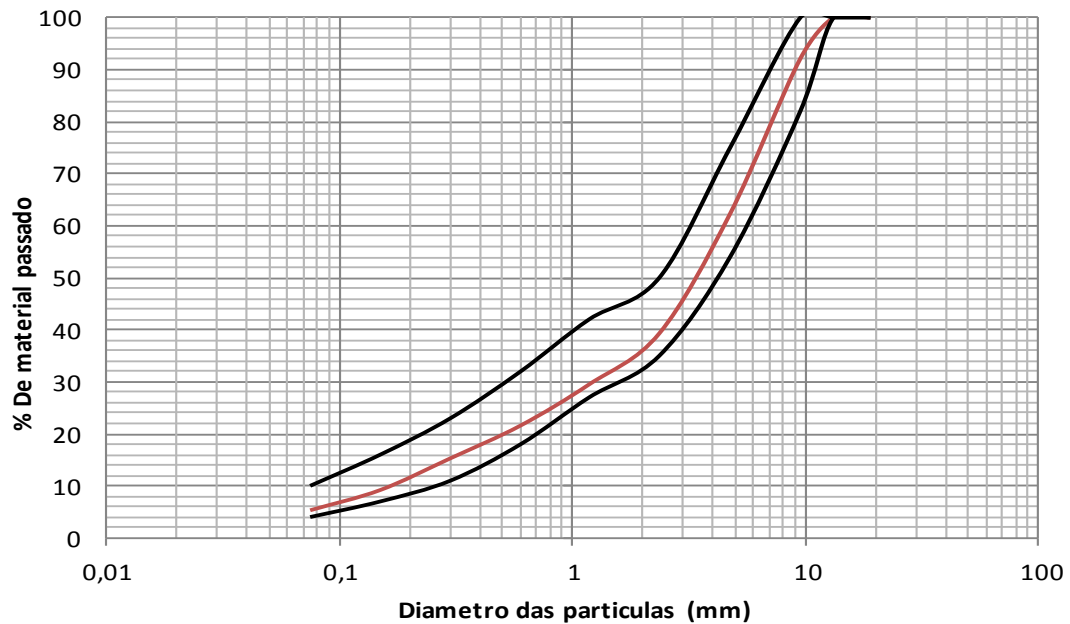


Gráfico 5: granulometria da secção 3.

Os gráficos acima, apresentam os resultados dos ensaios das análises granulometrias. Analisando a percentagem do material que passa pelos peneiros, podemos perceber que a curva granulométrica da secção um esta mais próxima do fuso inferior, principalmente nos peneiros 1.180 mm, 0.600mm, 0.300mm, 0.150mm e 0.075mm,isto é, a diferença entre o peneiro e o fuso inferior é de 1,2%, 2,5%, 3,3%, 2,8% e 1,8% respectivamente. por um lado, analisando os fusos de forma isolada podemos perceber que a máxima diferença em percentagem no material que passa é observado no peneiro 4.75mm com uma percentagem máxima de 21% e uma percentagem mínima de 6% no peneiro 0.075mm. Apesar da curva granulométrica da amostra analisada estar mais próxima da curva do fuso inferior, ela ainda esta dentro dos parâmetros recomendados pela norma em vigor (SATCC).

Ao se fazer a análise da percentagem do material que passa pelos peneiros na secção dois, pode-se perceber que a curva granulométrica da mesma esta mais próxima do fuso inferior, olhando para os peneiros é possível constatar que nos peneiros 1.180mm, 0.600mm, 0.300mm, 0.150mm e 0.075mm existe uma diferença significativa entre a curva granulométrica e o fuso inferior, isto é, a diferença entre os peneiros e o fuso inferior é de 1,4%, 2,6%, 3,1%, 2,2% e 1,7%, respectivamente. A curva granulométrica da secção dois não tem muita diferença entre a curva granulométrica da secção um, o que significa que a curva granulométrica da secção dois esta dentro dos parâmetros exigidos pela norma em vigor (SATCC).

Analisando a percentagem do material que passa pelos peneiros da secção três, podemos perceber a curva granulométrica da secção três esta ligeiramente afastada do fuso inferior com as seguintes diferenças: 2.5%, 3.6%, 4.3%, 2,2% e 1.3%. para os seguintes peneiros respectivamente, 1.180mm, 0.600mm, 0.300mm, 0.150mm e 0.075mm. fazendo uma comparação entre todas as curvas das secções em estudo, podemos perceber que o peneiro 0.150mm das secções dois e três apresentam a mesma percentagem do material passado. E na secção três verificou-se uma redução no peneiro 0.075mm comparado com as demais secções.

De uma forma geral, podemos concluir que todas as curvas granulométricas estão de acordo com os parâmetros exigidos pelas normas SATCC, e normas de execução da ANE, IP, como ilustra a tabela abaixo:

Tamanho da peneira (mm)	Continuamente classificado		
	Grosso	Médio	Fino
26.5	100	-	-
19.0	85-100	-	-
13.2	71-84	100	-
9.5	62-76	82-100	100
4.75	42-60	54-75	64-88
2.36	30-48	35-50	45-60
1.18	22-38	27-42	35-54
0.600	16-28	18-32	24-40
0.300	12-20	11-23	16-28
0.150	8-15	7-16	10-20
0.075	4-10	4-10	4-12
Agregado	93.5%	93.5%	93.0%
Betumem*	5.5%	5.5%	6.0%
Enchimento activo**	1.0%	1.0%	1.0%

Tabela12: limites de classificação para agregado combinado e proporções de mistura para revestimento de asfalto, tabela 4202/3, SATCC.

Por se tratar de mistura betuminosa com a classificação média, realizaram-se os ensaios segundo as normas padronizadas.

4.2.1.2. Resultados do ensaio de baridade máxima teórica

Para a obtenção dos resultados da baridade máxima teórica foram necessários 1200g da mistura betuminosa a uma temperatura ambiente, um picnómetro, um recipiente com água a uma temperatura ambiente de 25°C e uma balança.

Para a realização do ensaio de baridade máxima teórica, foi preciso primeiramente se conhecer o peso do picnómetro, depois de se conhecer o peso do mesmo que foi de 1585g,

seguiu-se com o procedimento que foi colocar a amostra dentro do picnómetro para poder se conhecer o peso da amostra que lá foi colocada, e com o mesmo foi possível fazer-se o calculo da amostra seca que para o caso foi a diferença do valor do picnómetro mais amostra menos o peso da amostra, assim avançou-se com o procedimento, para permitir a entrada da água no picnómetro foi necessário que o manómetro estivesse estabilizado, enquanto enchia-se o picnómetro martelava-se o picnómetro com ajuda de uma mareta plástica para redução de vazios na amostra. A tabela a baixo, mostra com detalhes os resultados desse ensaio.

Conforme a tabela, podemos perceber que há uma ligeira diferença do peso específico da mistura, porém não significativa por se tratar da última casa decimal.

Baridade máxima teórica TMH1 C4				
Número do ensaio		1		
		Secção 1	Secção 2	Secção 3
T	Temperatura do ensaio °C	25	25	25
A	Picnómetro sem encher (g)	1585	1585	1585
B	Picnómetro sem encher de água + amostra (g)	2785	2787	2789
C=B-A	Amostra seca (g)	1200	1202	1204
D	Picnómetro cheio de água (g)	11787	11787	11787
C+D	Picnómetro cheio de água + amostra seca (g)	12987	12989	12991
E	Picnómetro+água+amostra (g)	12471	12472	12474
(C+D)-E=V	Peso da água deslocada (g)	516	517	517
F	Peso corrigido da água deslocada (g)	516	517	517
K	Constante da água (g/cm ³)	1.000	1.000	1.000
G _s =C/(F*K)	Peso específico (g/cm ³)	2.326	2.325	2.329
Peso específico da mistura betuminosa		2.326	2.325	2.329

Tabela 13: Baridade máxima teórica TMH1 C4.

4.2.1.3. Resultados do ensaio de baridades

Para a realização desse ensaio foi necessária uma determinada quantidade da mistura betuminosa a uma temperatura de 155°C, e seis moldes de compactação e um soquete de 8kg. Após a compactação da mistura para a obtenção dos provetes de 5cm, mediu-se os provetes três vezes com uma régua para determinação da altura, fez-se uma média das três alturas medidas. Após se conhecer a média dos seis provetes, levou-se cada um para uma balança

para se conhecer o peso do mesmo no ar, na água e na superfície seca. A tabela a baixo ilustra detalhadamente os resultados obtidos no ensaio.

Baridades da secção 1							
Nº. Provete	H media (mm)	ρ_w (kgcm ³)	Peso (g)			baridade ρ_{bssd} (g/cm ³)	Vazios (%)
			No ar(m1)	Na água(m2)	Sup.seca (m3)		
1	63.5	996	1059.3	586.5	1062.8	2.215	4.7
2	63.5	996	1059.8	585.4	1061.7	2.216	4.7
3	63.4	996	1060.2	585.1	1063.5	2.207	5.1
4	63.3	996	1060.4	584.2	1061.2	2.214	4.8
5	63.4	996	1060.7	584.6	1062.1	2.212	4.9
6	63.2	996	1060.5	585.0	1062.4	2.213	4.9
Baridade da secção 2							
1	63.4	996	1059.0	584.6	1060.9	2.214	4.8
2	63.4	996	1061.1	585.1	1062.5	2.214	4.8
3	63.5	996	1059.7	585.0	1061.8	2.214	4.8
4	63.6	996	1060.2	585.6	1062.7	2.213	4.8
5	63.5	996	1059.8	583.1	1061.3	2.207	5.1
6	63.4	996	1059.3	584.9	1062.5	2.209	5.0
Baridade da secção 3							
1	63.3	996	1059.7	586.4	1060.9	2.224	4.5
2	63.5	996	1060.6	585.7	1061.8	2.219	4.7
3	63.4	996	1061.9	585.4	1062.3	2.218	4.8
4	63.5	996	1060.3	586.5	1061.7	2.222	4.6
5	63.3	996	1061.1	586.4	1062.0	2.222	4.6
6	63.3	996	1060.5	585.9	1062.7	2.215	4.9

Tabela 14: Baridades das secções.

4.3. Resultados do ensaio de resistência conservada

Para realizar o ensaio de resistência conservada da mistura betuminosa em estudo, foram feitos seis provetes para cada ensaio, depois de obtidos os provetes dividem-se os provetes em dois grupos, cada grupo contendo três provetes que foram ensaiados em duas fases.

Na primeira fase foram totalmente imersos três provetes na água numa temperatura de 60°C durante 30 minutos, passado esse tempo foram tirados os provetes e colocados numa prensa para a avaliação da estabilidade e deformabilidade de cada provete e depois determinou-se o valor médio desse primeiro grupo.

Na segunda fase foram totalmente imersos três provetes na água numa temperatura também de 60°C como na primeira fase, porem a única diferença residiu no tempo que foi de 24 horas, e passado esse tempo foram tirados os provetes e colocados numa prensa para a avaliação da estabilidade e deformabilidade de cada provete e depois determinou-se o valor médio desse primeiro grupo.

4.3.1. Deformação

Analisando as tabelas abaixo, podemos perceber que a deformação das secções dois e três foi constante, com uma média de 3.5mm para os provetes da primeira fase. E tendo se notado uma ligeira diferença na deformação média dos provetes da primeira secção que teve como média 3.6mm. Para os provetes do segundo grupo, tivemos a mesma situação verificada nas secções dois e três, porem, com uma deformação média de 3.3mm e tendo se verificado uma media de 3.5mm para a primeira secção.

4.3.2. Estabilidade e resistência conservada

Para os resultados da estabilidade de todas as secções podemos perceber que a secção um e a dois tiveram uma deformação media de 11.7kN e tendo também se verificado uma estabilidade corrigida de 12.5kN e para a secção três tivemos uma estabilidade media de 11.6kN e uma corrigida de 12.4kN. Essas medias são reactivamente aos provetes do primeiro grupo, para o segundo grupo verificou-se uma estabilidade media de 11.3kN e uma estabilidade corrigida de 12.2kN isso para as secções um e três, a secção dois tendo a secção dois obtido uma estabilidade de 11.4kN e uma estabilidade corrigida de 12.1KN.

Para a determinação da resistência conservada dividiu-se a estabilidade corrigida do segundo grupo pela estabilidade corrigida do primeiro grupo e tendo-se multiplicado por 100 como manda a norma, que diz que os resultados de resistência conservada devem ser apresentados na forma percentual. Olhando para os resultados obtidos no ensaio de resistência, podemos perceber que a primeira e a segunda secção tiveram uma resistência conservada média de 97% e para a secção três teve uma resistência conservada média de 98%.

z Resistência conservada TMH1 C5 (secção 1)										Res. Cons.	Quoc. Mar.KN/m m
% Bet.	Nº. Pr.	Estab.(S)		Def. Fmm	% betu me	Nº. Pr.	Estab.(S)		Def. F.m m		
		KN	Corr.KN				(KN)	Corrig .KN			
5.2 %	1	11. 7	12.6	3.6	5.2 %	4	11.4	12.2	3.4	97%	3.5
5.2 %	2	12. 0	12.8	3.5	5.2 %	5	11.7	12.6	3.0	98%	3.7
5.2 %	3	11. 1	11.9	3.5	5.2 %	6	10.9	11.7	3.5	98%	3.4
Media		11. 6	12.4	3.5	Média		11.3	12.2	3.3	98%	3.5
Secção 2											
5.0 %	1	11. 3	12.1	3.6	5%	4	11.0	11.7	3.4	97%	3.4
5.0 %	2	11. 6	12.4	3.5	5%	5	11.3	12.1	3.0	97%	3.6
5.0 %	3	12. 1	12.9	3.5	5%	6	11.8	12.6	3.5	98%	3.7
Media		11. 7	12.5	3.5	Média		11.4	12.1	3.3	97%	3.5
Secção 3											
5.2 %	1	11. 7	12.6	3.6	5.2 %	4	11.1	12.2	3.4	97%	3.5
5.2 %	2	12. 0	12.1	3.5	5.2 %	5	11.7	12.6	3.0	98%	3.7
5.2 %	3	11. 1	11.9	3.5	5.2 %	6	10.9	11.7	3.5	98%	3.4
Média		11. 6	12.4	3.5	Média		11.3	12.2	3.3	98%	3.5

Tabela 15: Resultados do ensaio de resistência conservada.

Apesar, de termos registado essas ligeiras diferenças, não influenciaram negativamente nos resultados finais da resistência da mistura betuminosa em todas as secções. Tendo se obtido

para todas as secções uma resistência conservada superior a 96 %, e o coeficiente de Marshall foi 3.5KN/mm para todas as secções, assim sendo, podemos concluir que os resultados são satisfatórios.

Para a mistura em estudo,obteve-se um valor medio de 97% de resistencia conservada. Segundo CETO, citado por (OLIVEIRA,2017), diz que as misturas devem cumprir com o parmetro do valoe minimo de 80%. Logo, verifica-se que a mistura esta dentro dos parametros exigidos pelas normas.

CAPÍTULO V: CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.0. Conclusões

Para avaliação da resistência de um determinado pavimento vários são os parâmetros a serem analisados, para o presente trabalho a avaliação da resistência do pavimento em estudo, foi feita uma análise laboratorial para comparar se os resultados obtidos estavam dentro das normas de execução ou especificações técnicas (SATCC, TMH1 e Normas de Execução da ANE, IP).

Resultados do ensaio de compactação, na primeira secção não tivemos resultados satisfatórios de ensaios de compactação pois o grau de compactação médio foi de 92.4 o que não satisfazia a norma SATCC, os valores de grau de compactação admitidos variam de 100%-102% para base estabilizada materiais químicos, para as demais secções obtivemos os seguintes valores: 100.2% para secção dois e 100.6% para secção três, assim sendo podemos concluir que as bases do pavimento em estudo tiveram resultados satisfatórios pois estavam de acordo com as normas SATCC, para o caso da secção um foi rectificada a base e tivemos um grau de compactação médio de 101.5%.

No que diz respeito ao betume, a que se ter bastante atenção na percentagem do betume pois, quando uma determinada mistura betuminosa tem baixa percentagem de betume, os seus agregados podem segregar, por um outro lado, o excesso do betume não garante um aumento de resistência da mistura porque com percentagens elevadas de betume o pavimento vai sofrer deformações durante a sua vida útil, com isso podemos concluir que quanto maior for a percentagem de betume, maior será a deformação do pavimento. Analisando o ensaio de baridade máxima teórica da primeira secção podemos perceber uma ligeira diferença em termos de casas decimais sendo a secção um com um Baridade de 2,326, a secção dois com um Baridade de 2,325 e Baridade de 3,329 para a secção três. O que não influencia negativamente nos resultados pois são diferenças de décimas. E o que a norma pede é um resultado de Baridade que esta acima de 2,200. Então concluímos que o ensaio de baridade máxima teórica satisfaz as condições exigidas pelas normas em vigor e esse ensaio foi realizado segundo a norma TMH1.

Para resistência da mistura betuminosa, tivemos como resultados da resistência conservada das três secções valores que variavam em torno de 97% a 98%, com isso, podemos concluir que este ensaio estava dentro dos parâmetros exigidos para a resistência de uma mistura betuminosa.

Durante a realização deste trabalho, podemos concluir que para determinar a resistência de uma determinada mistura betuminosa vários são os parâmetros a serem avaliados, pois cada parâmetro contribui para a resistência final da mistura betuminosa, desde os agregados até aos ligantes.

5.1. Recomendações e Sugestões para trabalhos futuros

5.1.1. Recomendações

- Para garantir a resistência da mistura betuminosa a que se ter bastante atenção na percentagem do betume a ser aplicado e essa mesma percentagem vária de acordo com os limites de classificação para agregado combinado e proporções de mistura para revestimento de asfalto;
- O nível de traficabilidade que um determinado pavimento estará sujeito tem uma grande influencia na durabilidade do pavimento, por outro lado, quanto maior for o nível de trafego, maior deve ser a resistência do pavimento para garantir a vida útil do pavimento.

5.1.2. Sugestões

- Estudar sobre todos os tipos de agregados, suas principais influências no que se refere a aplicação num pavimento flexível;
- Estudar os tipos de ligantes e avaliar como um ligante pode influenciar negativamente na resistência da mistura betuminosa;
- Investigar como o clima pode alterar as condições de uma camada de desgaste de um pavimento flexível no que diz respeito a resistência do mesmo.

5.3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

África Environment Wikifocus. Estrada Nacional Número 1(Moçambique). [online] disponível na internet via WWW. URL: [http://pt.m.wikipedia.org/wiki/estrada_nacional_n.%c2%ba_1_\(mo%c3%a7ambique\)](http://pt.m.wikipedia.org/wiki/estrada_nacional_n.%c2%ba_1_(mo%c3%a7ambique)).

Arquivo capturado em 12 de Março de 2023

ANTUNES, D. S. C.. *Misturas betuminosas temperadas, do tipo SMA, com incorporação de material betuminoso reciclado e fibras celulósicas- contribuição para a sua caracterização*, Dissertação de mestrado em Engenharia Civil- especialização em construção urbana, Departamento de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Portugal, 2014, 137P.

AZAMBUJA, A.R.. *Pavimentos asfáltico: análise de patologias na repavimentação de trechos devido a obras de rede de esgoto sanitário*, Monografia em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, Brazil, 2009, 84P.

BRANCO, F. et al.. *materiais de pavimentação*. 2008

DANIELESK, M. L.. *Proposta de metodologia para avaliação superficial de pavimentos urbanos: aplicação a rede viária de Porto Alegre*. Trabalho de conclusão de curso de mestrado profissionalizante em Engenharia- modalidade profissionalizante- ênfase transportes, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, Brazil, 2004, 152P.

FONSECA, P. M. L.. *Propriedades volumétricas de misturas betuminosas (com e sem fibras)*. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2011.

FRANCISCO, A. P. S.. *Comportamento estrutural de pavimentos rodoviários flexíveis*, Dissertação de mestrado em Engenharia de Construção Civil, Instituto Politécnico de Bragança, 2012. 97P.

GAMEIRO, A. F. R.. *Produção de misturas betuminosas com betumes modificados: compactabilidade e comportamento mecânico*. Dissertação para obtenção do grau de mestrado em Engenharia Civil- perfil de construção. Faculdade de ciências e tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Portugal, 2013. 103P.

LOPES, O. M. M.. *Misturas betuminosas- determinação das características do calculo dos pavimentos* , mestrado em Integrado em Engenharia Civil, departamento de Engenharia Civil, Universidade de Porto, Portugal, 2009. 59P.

MAE, *Perfil do distrito de Manhica: Provincia de Maputo*,2005.

MARQUES, G. L. O.. *Notas de aulas da disciplina: pavimentação TRN 032*. Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juizes de fora campus Universitario, MG. 2006.

MENDES, S. F.. *Caracterizacao mecânica de misturas betuminosas a aplicar em infra-estruturas de transporte*, Dissertacao de mestrado em Engenharia Civil na área de especialização em Vias de Comunicacao e transportes, Departamento de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Portugal, 2011. 105P.

MUHALE, F. J & VELENTE, I. R. A. D.. Estudo das causas de degradação precoce no Pavimneto da Estrada Nacional Número 1- LOTE A: contracto número 22/DIMAN-ANE/EP/312.2/2019 LOTE A: Manutenção periódica da Estrada EN1: Marracuene/Manhica, Laboratório do controle de qualidade da Construções JJR e Filhos Moçambique, 2019

OLIVEIRA, A. A. F.. *Misturas betuminosas do tipo SMA*. Dissertação, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal, 2017. 117P.

PAIS, J. C & PEREIRA, A. A.. *Avaliação da resistência da mistura betuminosa a reflexão de fendas*. 3ºsimposio internacional de avaliação de pavimentos e projectos de reforço- 3º SINAPPRE. Universidade do Minho, Belém, Brazil, 1999. 99-103P.

REIS, N. F. S.. *Analise estrutural de pavimentos rodoviários: aplicação a um pavimento rododviario reforçado com malha de aço*, Dissertacao de mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Tecnico, Universidade Tecnica de Lisboa, Portugal, 2009. 97P.

SANTOS, J. R. C.. *Misturas betuminosas a quente. Uma analise a abordagem empírica e fundamental da norma de produto*, Mestrado em Engenharia Geologica e minas, Faculdade de Ciencias e Tecnologia, Departament de ciência da terra, Universidade de Coimbra, Portugal, 2016.75P.

SATCC, *Especificações-Padrão para as Obras de Estradas e Ponte*. 2001.

SILVA, A. T. A. F.. *contolo da compactação com recurso a gamadensimetro- caso de estudo: ETAR de castelo branco*. Estagio apresentado ao instituto superior de Engenharia do

Porto para cumprimento dos requisitos necessários a obtenção do grau de mestre em Engenharia Geotécnica e Geoambiente, Departamento de Engenharia Geotécnica, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal, 2013. 115P.

5.4. ANEXOS

Perfil (Km) Profu (mm) Número de teste			Ens.de compac. secção 1		Ensaio de Campo					
			D.máx kg/m ³	O.M.C %	D.hum kg/m ³	D.seca kg/m ³	Teor de hum.(%)	% comp	Média	Esp.da camad
12+500 CL	150	1	2120	10.5	2018	1906	5.9	89.9	88.2	150
	150				1888	1790	5.5	84.4		150
	150				2028	1917	5.8	90.4		150
12+520 LE	150	2	2120	10.5	2110	1965	7.4	92.7	93.9	150
	150				2158	2011	7.3	94.9		150
	150				2161	1994	8.4	94.0		150
12+540 LD	150	3	2120	10.5	2139	2007	6.6	94.6	93.8	150
	150				2101	1982	6.0	93.5		150
	150				2101	1975	6.4	93.1		150
12+560 CL	150	4	2120	10.5	2072	1949	6.3	91.9	91.1	150
	150				2019	1907	5.9	89.9		150
	150				2053	1940	5.8	91.5		
12+580 LE	150	5	2120	10.5	2074	1949	6.4	91.9	92.3	150
	150				2058	1947	5.7	91.8		150
	150				2081	1973	5.5	93.0		150
12+600 LD	150	6	2120	10.5	2073	1956	6.0	92.2	91.2	150
	150				2006	1907	5.2	89.9		150
	150				2056	1936	6.0	91.3		150
12+620 CL	150	7	2120	10.5	2129	1988	7.1	93.8	92.7	150
	150				2100	1963	7. 0	92.6		150
	150				2088	1944	7.4	91.7		150
12+640 LE	150	8	2120	10.5	2136	2027	5.4	95.6	96.1	150
	150				2136	2032	5.1	95.9		150
	150				2154	2055	4.8	97.0		150
								Média	92.4	

Tabela 16: Ensaio de compactação in situ, com uso a troxler. secção 1.

Perfil Km			Ens.de compact.		Ensaio de Campo					
Profu (mm)			secção 2							
Número de teste			D.máx kg/m ³	O.M.C %	D.hum kg/m ³	D.seca kg/m ³	Teor de hum.(%)	%comp	Média	Esp.da camad
12+900 LD	150	1	2120	10.5	2245	2100	6.9	99.1	98.3	150
	150				2241	2079	7.8	98.1		150
	150				2238	2076	7.8	97.9		150
12+920 LE	150	2	2120	10.5	2348	2174	8.0	102.6	100.5	150
	150				2281	2118	7.7	99.9		150
	150				2256	2103	7.3	99.2		150
12+940 CL	150	3	2120	10.5	2275	2126	7.0	100.3	99.3	150
	150				2230	2192	6.6	98.7		150
	150				2233	2099	6.4	99.0		150
12+960 LD	150	4	2120	10.5	2293	2130	7.5	100.5	100.6	150
	150				2304	2116	8.9	99.8		150
	150				2306	2151	7.2	101.5		150
12+980 LE	150	5	2120	10.5	2286	2148	6.4	101.3	100.9	150
	150				2241	2112	6.1	99.6		150
	150				2296	2158	6.4	101.8		150
13+000 CL	150	6	2120	10.5	2215	2102	5.4	99.1	99.5	150
	150				2257	2141	5.4	101.0		150
	150				2215	2086	6.2	98.4		150
13+020 LD	150	7	2120	10.5	2328	2184	6.6	103.0	102.2	150
	150				2332	2175	7.2	102.6		150
	150				2320	2142	8.3	101.0		150
13+040 LE	150	8	2120	10.5	2320	2076	7.0	97.9	100.0	150
	150				2242	2109	6.3	99.5		150
	150				2316	2173	6.6	102.5		150
								Média	100.2	

Tabela 17: Ensaio de compactação in situ, com uso a troxler, secção 2

Perfil (Km)			Ens.de compact.		Ensaio de Campo					
Profu (mm)			secção 3							
Número de teste			D.máx kg/m ³	O.M.C %	D.hum kg/m ³	D.seca kg/m ³	Teor de hum.(%)	%comp	Média	Esp.da camad
13+100 LE	150	1	2120	10.5	2286	2138	6.9	100.9	99.8	150
	150				2263	2099	7.8	99.0		150
	150				2275	2110	7.8	99.5		150
13+120 CL	150	2	2120	10.5	2243	2077	8.0	98.0	98.6	150
	150				2228	2069	7.7	97.6		150
	150				2283	2128	7.3	100.4		150
13+140 LD	150	3	2120	10.5	2268	2120	7.0	100.0	101.8	150
	150				2317	2174	6.6	102.5		150
	150				2318	2179	6.4	102.8		150
13+160 LE	150	4	2120	10.5	2279	2120	7.5	100.0	100.3	150
	150				2289	2102	8.9	99.1		150
	150				2311	2156	7.2	101.7		
13+180 CL	150	5	2120	10.5	2302	2164	6.4	102.1	101.8	150
	150				2261	2131	6.1	100.5		150
	150				2318	2179	6.4	102.8		150
13+200 LD	150	6	2120	10.5	2242	2127	5.4	100.3	101.6	150
	150				2297	2179	5.4	102.8		150
	150				2289	2155	6.2	101.7		150
								Média	100.6	

Tabela 18: Ensaio de compactação in situ, com uso a troxler secção 3.

Código da Obra: MZ: 415/21	Tipo de Mistura
Nome da Obra: ENTRADA N1 ENTRE MARRACUENE E MANHIÇA E 3 DE FEVEIREIRO E INCOLUANE (5,5 KM) NA PROVINCIA DE MAPUTO	MEDIUM CONTINUOUSLY GRADED ASPHALT
Dono da Obra: ANE - ADMINISTRAÇÃO NACIONAL DE ESTRADAS	Nº Amostra: S1200 *

CARACTERÍSTICAS DA MISTURA

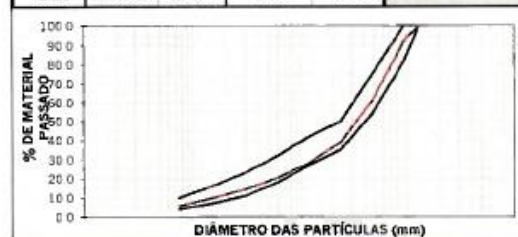
Dia da colheita	19/02/2022
Localização	Central

Temperatura	160 °C
Hora	07H : 54M

ANALISE GRANULOMÉTRICA						
Peneiros mm	Material Retido		Mat. Acumulado		Fuso	
	Peso (g)	Perc. (%)	Passado (%)	Retido (%)	Limite inferior	Limite superior
19.0	0.0	0.0	100.0	0.0	100.0	100.0
13.2	0.0	0.0	100.0	0.0	100.0	100.0
9.5	88.0	7.7	92.3	7.7	82.0	100.0
4.75	353.1	31.0	61.2	38.8	54.0	75.0
2.36	252.7	22.2	39.0	61.0	35.0	50.0
1.180	123.4	10.8	28.2	71.8	27.0	42.0
0.600	87.4	7.7	20.5	79.5	18.0	32.0
0.300	70.0	6.2	14.3	85.7	11.0	23.0
0.150	52.1	4.6	9.8	90.2	7.0	16.0
0.075	45.3	4.0	5.8	94.2	4.0	10.0
< 0,075	65.8	5.8	0.0	100.0		
Total	1137.8	100.0	0.0	100.0		

Provetes	
(Compactador de impacto com pedestral de madeira)	
Nº pancadas	75
Temperatura compactação	155 °C

BARIDADE MÁXIMA TEÓRICA TMH1 C4		
Numero do Ensaio		1
T	Temperatura do ensaio (°C)	25
A	Picnómetro sem encher (g)	1,585
B	Picnómetro sem encher de água + Amostra (g)	2,785
C=B-A	Amostra seca (g)	1,200
D	Picnómetro cheio de água (g)	11,787
C+D	Picnómetro cheio de água + Amostra seca (g)	12,987
E	Picnómetro+ água + Amostra (g)	12,471
(C+D)-E+V	Peso de água deslocada (g)	516
F	Peso Corrigido de água deslocada (g)	516
K	Constante da água (g/cm ³)	1 000
Gs=C/(F*K)	Peso Específico (g/cm ³)	2,326
Peso específico da mistura betuminosa		γ^m 2.326 g/cm ³



Porcentagem de Betume		
Tara	W_t	432.6
Tara+Amostra	W_{t+s}	1,632.9
Tara+Agregado	W_{t+a}	1,569.3
Amostra	W_s	1,200.3
Agregado	W_a	1,137.8
Betume	W_{oss}	62.5
% betume		5.21%
Bandeira betume		1.03
Rel. ponderal filler/betume		1.1

Baridades								
Nº prov.	h média (mm)	h (mm)	ρ_w (Kg/cm ³)	Peso (g)			Baridade ρ_{bust} (g/cm ³)	Vazios (%)
				no ar (m_1)	na água (m_2)	sup. seca (m_3)		
1	63.5		996.0	1059.3	586.5	1062.8	2.215	4.7
2	63.5		996.0	1059.8	585.4	1061.7	2.216	4.7
3	63.4		996.0	1060.2	585.1	1063.5	2.207	5.1
4	63.3		996.0	1060.4	584.2	1061.2	2.214	4.8
5	63.4		996.0	1060.7	584.6	1062.1	2.212	4.9
6	63.2		996.0	1060.5	585.0	1062.4	2.213	4.9
				Temp.	25.0 °C	Médias	2.213	4.8

RESISTÊNCIA CONSERVADA TMH1 C5													
Imersão a 60 °C / 30 minutos						Imersão a 60 °C / 24 horas							
Cargas de ruptura													
% Betume	Nº Prov.	Estabilidade (S)		Deform. F (mm)	% Betume	Nº Prov.	Estabilidade (S)		Deform. F (mm)	Resistência conservada	Quociente Marshall (kN/mm)	Test ITS	
		(KN)	Corrig. (kN)				(KN)	Corrig. (kN)				% Betume	Nº Prov.
5.2%	1	11.4	12.1	3.5	5.2%	4	11.0	11.8	3.5	97%	3.5		
5.2%	2	12.4	13.3	3.5	5.2%	5	12.1	13.0	3.5	98%	3.8		
5.2%	3	11.2	12.0	3.8	5.2%	6	10.9	11.7	3.5	97%	3.2		
Media		11.7	12.5	3.6	Media		11.3	12.2	3.5	97%	3.5		

Tabela 19: relatório do ensaio de mistura betuminosa da seccao 1.

Código da Obra: MZ: 415/21	Tipo de Mistura
Nome da Obra: ENTRADA N1 ENTRE MARRACUENE E MANHIÇA E 3 DE FEVEREIRO E INCOLUANE (5,5 KM) NA PROVINCIA DE MAPUTO	MEDIUM CONTINUOUSLY GRADED ASPHALT
Dono da Obra: ANE - ADMINISTRAÇÃO NACIONAL DE ESTRADAS	Nº Amostra: S1300

CARACTERÍSTICAS DA MISTURA

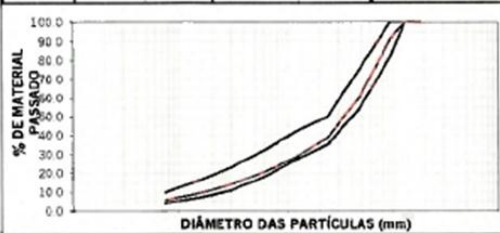
Dia da colheita	21/02/2022
Localização	Central

Temperatura	160 °C
Hora	09H :00M

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA						
Peneiros mm	Material Retido		Mat. Acumulado		Fuso	
	Peso (g)	Perc. (%)	Passado (%)	Retido (%)	Limite inferior	Limite superior
19.0	0.0	0.0	100.0	0.0	100.0	100.0
13.2	0.0	0.0	100.0	0.0	100.0	100.0
9.5	96.7	8.5	91.5	8.5	82.0	100.0
4.75	355.4	31.2	60.3	39.7	54.0	75.0
2.36	245.9	21.6	38.8	61.2	35.0	50.0
1.180	118.3	10.4	28.4	71.6	27.0	42.0
0.600	88.3	7.7	20.6	79.4	18.0	32.0
0.300	74.6	6.5	14.1	85.9	11.0	23.0
0.150	55.4	4.9	9.2	90.8	7.0	16.0
0.075	40.3	3.5	5.7	94.3	4.0	10.0
< 0.075	65.1	5.7	0.0	100.0		
Total	1140.0	100.0	0.0	100.0		

Provetes	
(Compactador de impacto com pedestral de madeira)	
Nº pancadas	75
Temperatura compactação	155 °C

BARIDADE MÁXIMA TEÓRICA TMH1 C4		
Número do Ensaio		
T	Temperatura do ensaio (°C)	25
A	Picnómetro sem encher (g)	1.585
B	Picnómetro sem encher de água + Amostra (g)	2.787
C=B-A	Amostra seca (g)	1.202
D	Picnómetro cheio de água (g)	11.787
C+D	Picnómetro cheio de água + Amostra seca (g)	12.989
E	Picnómetro+ água + Amostra (g)	12.472
(C+D)-E+V	Peso de água deslocada (g)	517
F	Peso Corrigido de água deslocada (g)	517
K	Constante da água (g/cm³)	1.000
Gs=C/(F*K)	Peso Específico (g/cm³)	2.325
Peso específico da mistura betuminosa		$\gamma = 2.325 \text{ g/cm}^3$



Porcentagem de Betume		
Tara	W_t	432.6
Tara+Amostra	W_{t+s}	1.632.6
Tara+Agregado	W_{t+a}	1.573.0
Amostra	W_s	1.200.0
Agregado	W_a	1.140.0
Betume	W_{loss}	60.0
% betume		5.00%
Baridade betume		1.03
Rel. ponderal filler/betume		1.1

Baridades								
Nº prov.	h média (mm)	h (mm)	ρ_w (Kg/cm³)	Peso (g)			Baridade $\rho_{b,ind}$ (g/cm³)	Vazios (%)
				no ar (m_1)	na água (m_2)	sup. seca (m_3)		
1	63.4		996.0	1059.0	584.6	1060.9	2.214	4.8
2	63.4		996.0	1061.1	585.1	1062.5	2.214	4.8
3	63.5		996.0	1059.7	585.0	1061.8	2.214	4.8
4	63.6		996.0	1060.2	585.6	1062.7	2.213	4.8
5	63.5		996.0	1059.8	583.1	1061.3	2.207	5.1
6	63.4		996.0	1059.3	584.9	1062.5	2.209	5.0
				Temp.	26.0 °C	Médias	2.212	4.9

RESISTÊNCIA CONSERVADA TMH1 C5													
Imersão a 60 °C / 30 minutos						Imersão a 60 °C / 24 horas							
Cargas de ruptura										Resistência conservada	Quociente Marshall (kN/mm)	Test ITS	
% Betume	Nº Prov.	Estabilidade (S) (kN)		Deform. f (mm)	% Betume	Nº Prov.	Estabilidade (S) (kN)		Deform. f (mm)			% Betume	Nº Prov.
5.0%	1	11.3	12.1	3.6	5.0%	4	11.0	11.7	3.4	97%	3.4		
5.0%	2	11.6	12.4	3.5	5.0%	5	11.3	12.1	3.0	97%	3.6		
5.0%	3	12.1	12.9	3.5	5.0%	6	11.8	12.6	3.5	98%	3.7		
Media		11.7	12.5	3.5	Media		11.4	12.1	3.3	97%	3.5		

Tabela 20: relatório do ensaio de mistura betuminosa da secção 2.

Código da Obra: MZ: 415/21		Tipo de Mistura	
Nome da Obra: ENTRADA N1 ENTRE MARRACUENE E MANHIÇA E 3 DE FEVEREIRO E INCOLUANE (5.5 KM) NA PROVINCIA DE MAPUTO		MEDIUM CONTINUOUSLY GRADED ASPHALT	
Dono da Obra: ANE - ADMINISTRAÇÃO NACIONAL DE ESTRADAS		Nº Amostra: S1300	

CARACTERÍSTICAS DA MISTURA			
Dia da colheita		21/02/2022	
Localização		Central	
Temperatura		160 °C	
Hora		09H :00M	

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA						
Peneiras mm	Material Retido		Mat. Acumulado		Fuso	
	Peso (g)	Perc. (%)	Passado (%)	Retido (%)	Limite inferior	Limite superior
19.0	0.0	0.0	100.0	0.0	100.0	100.0
13.2	0.0	0.0	100.0	0.0	100.0	100.0
9.5	96.7	8.5	91.5	8.5	82.0	100.0
4.75	355.4	31.2	60.3	39.7	54.0	75.0
2.36	245.9	21.6	38.8	61.2	35.0	50.0
1.180	118.3	10.4	28.4	71.6	27.0	42.0
0.600	88.3	7.7	20.6	79.4	18.0	32.0
0.300	74.6	6.5	14.1	85.9	11.0	23.0
0.150	55.4	4.9	9.2	90.8	7.0	16.0
0.075	40.3	3.5	5.7	94.3	4.0	10.0
< 0.075	65.1	5.7	0.0	100.0		
Total	1140.0	100.0	0.0	100.0		

Provetes	
(Compactador de impacto com pedestal de madeira)	
Nº pancadas	75
Temperatura compactação	155 °C

BARIDADE MÁXIMA TEÓRICA TMH1 C4		
Número do Ensaio		1
T	Temperatura do ensaio (°C)	25
A	Picnómetro sem encher (g)	1,585
B	Picnómetro sem encher de água + Amostra (g)	2,787
C=B-A	Amostra seca (g)	1,202
D	Picnómetro cheio de água (g)	11,787
C+D	Picnómetro cheio de água + Amostra seca (g)	12,989
E	Picnómetro+ água + Amostra (g)	12,472
(C+D):E=V	Peso de água deslocada (g)	517
F	Peso Corrigido de água deslocada (g)	517
K	Constante da água (g/cm³)	1,000
Gs=C/(F*K)	Peso Especifico (g/cm³)	2,325
Peso específico da mistura betuminosa		γ = 2.325 g/cm3

Baridades								
Nº prov.	h média (mm)	h	ρ _w (Kgcm³)	Peso (g)			Baridade ρ _{bm} (g/cm³)	Vazios (%)
				no ar (m ₁)	na água (m ₂)	sup. seca (m ₃)		
1	63.4		996.0	1059.0	584.6	1060.9	2.214	4.8
2	63.4		996.0	1061.1	585.1	1062.5	2.214	4.8
3	63.5		996.0	1059.7	585.0	1061.8	2.214	4.8
4	63.6		996.0	1060.2	585.6	1062.7	2.213	4.8
5	63.5		996.0	1059.8	583.1	1061.3	2.207	5.1
6	63.4		996.0	1059.3	584.9	1062.5	2.209	5.0
				Temp.	26.0 °C	Médias	2.212	4.9

RESISTÊNCIA CONSERVADA TMH1 C5									
Imersão a 60 °C / 30 minutos					Imersão a 60 °C / 24 horas				
Cargas de ruptura									
% Betume	Nº Prov.	Estabilidade (S)		Deform. f (mm)	% Betume	Nº Prov.	Estabilidade (S)		Deform. f (mm)
		(kN)	Corrig. (kN)				(kN)	Corrig. (kN)	
5.0%	1	11.3	12.1	3.6	5.0%	4	11.0	11.7	3.4
5.0%	2	11.6	12.4	3.5	5.0%	5	11.3	12.1	3.0
5.0%	3	12.1	12.9	3.5	5.0%	6	11.8	12.6	3.5
Media		11.7	12.5	3.5	Media		11.4	12.1	3.3

Resistência conservada	Quociente Marshall (kN/mm)	Test ITS		
		% Betume	Nº Prov.	K _{oa}
97%	3.4			
97%	3.6			
98%	3.7			
97%	3.5			

DIÁMETRO DAS PARTÍCULAS (mm)	
100.0	90.0
80.0	70.0
60.0	50.0
40.0	30.0
20.0	10.0
0.0	0.0

Percentagem de Betume		
Tara	W _t	432.6
Tara+Amostra	W _{ts}	1,632.6
Tara+Agregado	W _{tea}	1,573.0
Amostra	W _a	1,200.0
Agregado	W _a	1,140.0
Betume	W _{loss}	60.0
% betume		5.00%
Baridade betume		1.03
Rel. ponderal filler/betume		1.1

Tabela 21: relatório do ensaio de mistura betuminosa da secção 3.



DELEGAÇÃO PROVINCIAL DE MAPUTO
LABORATÓRIO PROVINCIAL DE MAPUTO
ENSAIO TROXLER

100,

ADMINISTRAÇÃO NACIONAL DE ESTRADAS
CLIENTE: JIR/INGEROP DATA: 16/05/2022
PROJECTO: N13 DE FEVEREIRO - INCOLLUANE
CAMADA: BASE
OBS.: EFECTUADO: DA LUZ

Data Teste	Perfil (Km)	Profundid (mm)	Nº Teste	Ensaio de Compactacao		Ensaio de Campo			Esp. da camada(mm)		
				D.Max (kg/m³)	O.M.C. (%)	D.Humid(kg/m³)	D.Secal(kg/m³)	Teor de Humididade(%)		% Comp.	Média
13.05.2022	12+500CL	150	1	2120	10.5	2018	1906	5.9	89.9	88.2	150
"	"	150	"	"	"	1888	1790	5.5	84.4	88.2	150
"	"	150	"	"	"	2028	1917	5.8	90.4	88.2	150
"	"	150	"	"	"	2110	1965	7.4	92.7	88.2	150
"	12+520LE	150	2	2120	10.5	2158	2011	7.3	94.9	93.9	150
"	"	150	"	"	"	2161	1994	8.4	94.0	93.9	150
"	"	150	"	"	"	2139	2007	6.6	94.6	93.8	150
"	12+540LD	150	3	2120	10.5	2101	1982	6.0	93.5	93.8	150
"	"	150	"	"	"	2101	1975	6.4	93.1	93.8	150
"	"	150	"	"	"	2072	1949	6.3	91.9	91.1	150
"	"	150	"	"	"	2019	1907	5.9	89.9	91.1	150
"	12+560CL	150	4	2120	10.5	2053	1940	5.8	91.5	91.1	150
"	"	150	"	"	"	2074	1949	6.4	91.9	91.1	150
"	"	150	"	"	"	2058	1947	5.7	91.8	92.3	150
"	12+580LE	150	5	2120	10.5	2081	1973	5.5	93.0	92.3	150
"	"	150	"	"	"	2073	1956	6.0	92.2	92.3	150
"	"	150	"	"	"	2006	1907	5.2	89.9	91.2	150
"	12+600LD	150	6	2120	10.5	2052	1936	6.0	91.3	91.2	150
"	"	150	"	"	"	2129	1988	7.1	93.8	91.2	150
"	"	150	"	"	"	2100	1963	7.0	92.6	92.7	150
"	12+620CL	150	7	2120	10.5	2088	1944	7.4	91.7	92.7	150
"	"	150	"	"	"	2136	2027	5.4	95.8	92.7	150
"	"	150	"	"	"	2135	2032	5.1	95.9	96.1	150
"	12+640LE	150	8	2120	10.5	2154	2055	4.8	97.0	96.1	150
"	"	150	"	"	"					97.0	150
										92.4	
										MEDIA	

Tabela 22: relatório do ensaio de compactação in situ, com uso a troxler.



DELEGAÇÃO PROVINCIAL DE MAPUTO
LABORATÓRIO PROVINCIAL DE MAPUTO
ENSAIO TROXLER

ADMINISTRAÇÃO NACIONAL DE ESTRADAS

CLIENTE: JIR/ INGEROP DATA: 20/05/2022

PROJECTO: N1 3 DE FEVEREIRO - INCOLUANE

CAMADA: BASE DE TOUT VENANT + 3% DE CIMENTO

OBS.: EFECTUADO: DA LUZ

Data Teste	Perfi (Km)	Profundid (mm)	Nº Teste	Ensaio de Compactacao		Ensaio de Campo			% Comp.	Média	Esp. da camada(mm)
				D.Max (Kg/m³)	O.M.C (%)	D.Humidat(Kg/m³)	D.secat(Kg/m³)	Teor de Humidade(%)			
20.05.2022	12+900LD	150	1	2120	10.5	2245	2100	6.9	99.1	98.3	150
				2241	2079	7.8	98.1	150			
				2238	2076	7.8	97.9	150			
"	12+920LE	150	2	2120	10.5	2348	2174	8.0	102.6	100.5	150
				2281	2118	7.7	99.9	150			
				2256	2103	7.3	99.2	150			
"	12+940CL	150	3	2120	10.5	2275	2126	7.0	100.3	99.3	150
				2230	2092	6.6	98.7	150			
				2233	2099	6.4	99.0	150			
"	12+960LD	150	4	2120	10.5	2290	2130	7.5	100.5	100.6	150
				2304	2116	8.9	99.8	150			
				2308	2151	7.2	101.5	150			
"	12+980LE	150	5	2120	10.5	2286	2148	6.4	101.3	100.9	150
				2241	2112	6.1	99.6	150			
				2296	2158	6.4	101.8	150			
"	13+000CL	150	6	2120	10.5	2215	2102	5.4	99.1	99.5	150
				2257	2141	5.4	101.0	150			
				2215	2086	6.2	98.4	150			
"	13+020LD	150	7	2120	10.5	2328	2184	6.6	103.0	102.2	150
				2332	2175	7.2	102.6	150			
				2320	2142	8.3	101.0	150			
"	13+040LE	150	8	2120	10.5	2221	2076	7.0	97.9	100.0	150
				2242	2109	6.3	99.5	150			
				2316	2173	6.6	102.5	150			
MEDIA										100.2	

Tabela 23: relatório do ensaio de compactação in situ, com usa troxler

Informação da contagem										
Posto	121	Sentido	3 de Fevereiro - Incoluane					Província	Maputo	
Estrada	N1	Data	12/12/23				(2 feira)			
Horas		Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classe E	Classe F	Classe G	Classe H	
Início	Fim									
7:00	8:00	25	23	16	8	4	13	6	5	
16:00	17:00	23	2	30	7	18	17	19	9	
SubTotal		48	25	46	15	22	30	25	14	
total	253									
Posto	121	Sentido	3 de Fevereiro - Incoluane					Província	Maputo	
Estrada	N1	Data	13/12/23				(3Feira)			
Horas		Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classe E	Classe F	Classe G	Classe H	
Início	Fim									
7:00	8:00	40	45	25	11	11	5	12	4	
16:00	17:00	20	22	35	5	23	10	23	3	
Subtotal		60	67	60	16	34	15	35	7	
Total	294									
Posto	121	Sentido	3 de Fevereiro – Incoluane					Província	Maputo	
Estrada	N1	Data	11/12/23				(4Feira)			
Horas		Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classe E	Classe F	Classe F	Classe H	
Início	Fim									
7:00	8:00	24	19	13	8	10	6	8	5	
16:00	17:00	15	15	18	8	18	11	9	4	
Subtotal		39	34	31	16	28	17	17	9	
Total	191									

Tabela 25: contagem de trafego sentido 3 de Fevereiro – Incoluane

Informação da contagem										
Posto	121	Sentido	Incoluane - 3 de Fevereiro					Província	Maputo	
Estrada	N1	Data	12/12/23				(2 feira)			
Horas		Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classe E	Classe F	Classe G	Classe H	
Início	Fim									
7:00	8:00	25	36	20	5	8	4	5	7	
16:00	17:00	40	20	22	4	17	10	11	7	
SubTotal		65	56	42	9	25	14	16	14	
total	241									
Posto	121	Sentido	Incoluane - 3 de Fevereiro					Província	Maputo	
Estrada	N1	Data	13/12/23				(3Feira)			
Horas		Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classe E	Classe F	Classe G	Classe H	
Início	Fim									
7:00	8:00	27	22	23	10	10	13	17	5	
16:00	17:00	30	25	25	6	25	31	20	6	
Subtotal		57	47	45	16	35	44	37	11	
Total	292									
Posto	121	Sentido	Incoluane - 3 de Fevereiro					Província	Maputo	
Estrada	N1	Data	11/12/23				(4Feira)			
Horas		Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classe E	Classe F	Classe F	Classe H	
Início	Fim									
7:00	8:00	18	16	38	4	10	7	6	6	
16:00	17:00	29	17	25	11	18	11	13	3	
Subtotal		47	33	63	15	28	18	19	9	
Total	232									

Tabela 26: contagem de trafego sentido Incoluane - 3 de Fevereiro

Informação da contagem										
Posto	121	Sentido	Ambos					Província	Maputo	
Estrada	N1	Data	12/12/23				(2 feira)			
Horas		Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classe E	Classe F	Classe G	Classe H	
Início	Fim									
7:00	8:00	50	56	36	13	12	17	11	12	
16:00	17:00	63	22	52	11	35	27	30	16	
SubTotal		113	78	88	24	47	44	41	28	
total	463									
Posto	121	Sentido	Ambos					Província	Maputo	
Estrada	N1	Data	13/12/23				(3Feira)			
Horas		Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classe E	Classe F	Classe G	Classe H	
Início	Fim									
7:00	8:00	67	67	47	21	21	18	29	9	
16:00	17:00	53	35	48	9	45	53	55	11	
Subtotal		120	102	95	30	66	71	84	20	
Total	588									
Posto	121	Sentido	Ambos					Província	Maputo	
Estrada	N1	Data	11/12/23				(4Feira)			
Horas		Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classe E	Classe F	Classe F	Classe H	
Início	Fim									
7:00	8:00	42	35	51	12	20	13	14	11	
16:00	17:00	44	32	43	19	36	22	22	7	
Subtotal		86	67	94	31	56	35	36	18	
Total	423									

Tabela 27:contagem de trafego Ambos sentidos

informação da contagem									
Posto	121	Sentido	Total nos 3 dias consecutivos				Província		Maputo
Estrada	N1	Data	11, 12 e 13/12/23		(2,3,4feira)				
Horas		Classe	Classe	Classe	Classe	Classe	Classe	Classe	Classe
Início	Fim	A	B	C	D	E	F	G	H
7:00	8:00	159	158	134	46	53	48	54	32
16:00	17:00	160	89	143	36	116	102	107	34
SubTotal		319	247	277	85	169	150	161	66
Total		1474							

Tabela 28: Informação da contagem total nos 3 dias consecutivos

Legenda

A= veículos ligeiros simples e ligeiros com tracção nas quatro rodas

B= veículos ligeiros de mercadorias, com dois eixos (rodado traseiro simples)

C= veículos ligeiros de passageiros (capacidade <20 passageiros)

D= veículos pesados de passageiros (>20 passageiros)

E= veículos pesados de 2 eixos (rodado traseiro duplo)

F= veículos pesados de 3 eixos

G= veículos pesados de 3 eixos

H= Tractores agrícolas com ou sem reboque