



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

**Análise da Modalidade empregue para as Obras de
Emergência Conducentes à Reposição da Transitabilidade
na Estrada R807, Troço Coca-Cola/Matola Gare**



RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Revelino César Langa

Supervisores: Eng.º Celso Nicols (FE-UEM)

Eng.º Jorge Rungo (ANE, IP)

Eng.ª Munira Nhamossa (ANE, IP)

Maputo, Março de 2023

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

**Análise da Modalidade empregue para as Obras de
Emergência Conducentes à Reposição da
Transitabilidade na Estrada R807, Troço Coca-
Cola/Matola Gare**

Relatório de estágio profissional
apresentado no departamento de
Engenharia Civil da Faculdade de
Engenharia da Universidade
Eduardo Mondlane para a
Obtenção do grau de licenciatura

Revelino César Langa

Supervisores: Eng.º Celso Nicols (FE-UEM)

Eng.º Jorge Rungo (ANE, IP)

Eng.ª Munira Nhampossa (ANE, IP)

Maputo, Março de 2023

TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA _____ CIVIL _____

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante _____

Entregou no dia ___/_____/20___As --- cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência: _____

Intitulado: _____

Maputo, __ de _____ de 20

O Chefe de Secretaria

DEDICATÓRIA

*Dedico o presente trabalho aos meus pais,
irmãos e amigos que acreditaram em mim e
fizeram todo possível para que eu chegasse
até esta etapa de minha vida.*

AGRADECIMENTO

Primeiramente agradecer a Deus pela vida, por dar-me forças e capacitar-me para enfrentar os desafios e obstáculos que apareceram durante a minha trajetória como estudante e dar-me coragem para seguir sempre em frente.

Meus agradecimentos vão também para os meus pais pelo apoio, pelo sustento e suprimento de todas as necessidades como estudante durante todo período de formação académica. Sem eu não conseguiria chegar até aqui.

Aos meus irmãos, amigos e colegas da faculdade que me acompanharam durante esta jornada, prestando seu apoio, momentos de alegria e encorajamento, meu muito obrigado.

À Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, à todos os docentes e funcionários que contribuíram para a minha formação através dos seus ensinamentos, em especial ao supervisor Eng Celso Nicols, que contribuiu para a materialização deste trabalho, meu muito obrigado.

À ANE, IP (Delegação Provincial de Maputo), especialmente ao Eng.º Jorge Rungo e à Eng.ª Munira Nhampossa pela recepção, por me ajudarem sempre que precisei e pela contribuição para a realização do trabalho, muito obrigado.

À toda a minha família

RESUMO

Um dos maiores problemas que Moçambique enfrenta está relacionado com o nível de qualidade das estradas. É sabido por todos que as estradas são infraestruturas que impulsionam o desenvolvimento de outros sectores da economia no país. Portanto, a boa execução e a correcta manutenção dos mesmos é também um requisito importante para o desenvolvimento das infraestruturas económicas existentes e futuras.

Muitas vezes, os problemas encontrados nas estradas são originados pela deficiência de sistemas de drenagem das águas pluviais. Em muitos casos em que se verifica a existência de sistemas de drenagem, simultaneamente são verificados outros problemas associados com o assoreamento originados pela falta de limpeza dos sistemas. Em muitos casos o maior problema poderá não estar associado com a qualidade dos materiais utilizados ou até mesmo com o dimensionamento do pavimento, mas sim com o encaminhamento das águas das chuvas.

Neste trabalho é apresentado uma análise da modalidade empregue para as Obras de Emergência Conducentes à Reposição da Transitabilidade na Estrada R807, troço Coca-Cola/Matola Gare, com extensão de 12,5 km. A solução de beneficiação adoptada tem como principal objectivo, o melhoramento das condições de transitabilidade da via reduzindo o congestionamento do tráfego, o tempo de viagem e os custos operacionais dos veículos e, aumento da segurança e da comodidade da via.

A materialização deste trabalho, inicia com uma revisão da bibliografia, onde são apresentadas as classificações de estradas em Moçambique, os tipos de pavimentos, suas características e tipos de materiais utilizados em pavimentos rodoviários, inclusive os materiais utilizados em Moçambique. São também apresentados os métodos de dimensionamento de pavimentos utilizados em Moçambique, os tipos de defeitos em pavimentos e a metodologia para o estudo de drenagem das águas pluviais.

Em seguida, é apresentado o relatório de estágio realizado na instituição ANE – Delegação Maputo, onde foi feito o acompanhamento de actividades de uma obra. No relatório, são apresentadas as fases do processo de execução das intervenções de manutenção previamente planeadas e é feita a análise da solução de beneficiação tendo em conta a qualidade dos materiais alocados e do material existente e, os aspectos relativos à drenagem das águas pluviais.

Palavras-chaves: Pavimentos, Drenagem, Manutenção, Normas de execução da ANE e Solução de beneficiação.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Considerações gerais.....	1
1.2. Contextualização.....	2
1.3. Justificativa.....	2
1.4. Objectivos.....	3
1.4.1. Objectivos Gerais.....	3
1.4.2. Objectivos Específicos.....	3
1.5. Problematização.....	3
1.6. Metodologia.....	4
1.7. Cronograma das actividades.....	4
2. REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1. Estradas e Pavimentos Rodoviários.....	5
2.1.1. Estrada	5
2.1.1.1. Sistema de Classificação de Estradas em Moçambique.....	5
2.1.1.2. Sistema de Numeração.....	6
2.1.1.3. Rede de Estradas Classificadas por província (2020).....	6
2.1.2. Pavimentos Rodoviários	7
2.1.2.1. Tipos de pavimentos rodoviários.....	7
2.1.2.2. Acções induzidas pelo tráfego nos pavimentos flexíveis.....	8
2.1.2.3. Distribuição das tensões em pavimentos flexíveis e rígidos.....	9
2.1.2.4. Caracterização das camadas de um pavimento.....	9
2.1.2.5. Estudos geotécnicos de materiais para pavimentação	11
2.1.2.6. Estudo de ocorrência de materiais para pavimentação.....	12
2.1.2.7. Sistemas de classificação de solos de rodovias.....	13
2.1.2.8. Materiais granulares e sua aplicação em camadas de Pavimento.....	15
2.1.2.9. Solos de Moçambique usados em Pavimentação.....	16
2.1.2.10. Solos e materiais granulares estabilizados	17
2.1.2.10.1. Estabilização mecânica.....	18
2.1.2.10.2. Estabilização granulométrica	19
2.1.2.10.3. Estabilização química	19
2.1.2.11. Dimensionamento de pavimentos flexíveis	22
2.1.2.11.1. Métodos de dimensionamento	22

2.1.2.11.2. Metodologias de dimensionamentos em uso em Moçambique.....	23
2.1.2.12. Patologias em pavimentos rodoviários.....	24
2.1.2.12.1. Classificação de defeitos em pavimentos flexíveis	24
2.1.3. Manutenção de estradas pavimentadas	30
2.1.4. Drenagem de água pluvial em pavimentos rodoviários	30
2.1.4.1. Tipos de drenagem de água pluvial	31
3. APRESENTAÇÃO DA INSTITUIÇÃO DE ESTÁGIO.....	35
3.1. Administração Nacional de Estradas.....	35
3.1.1. Administração Nacional de Estradas - Delegação de Maputo	36
3.1.2. Estrutura Organizacional da ANE, IP	37
3.1.2.1. Área de afectação do estudante.....	37
3.1.2.2. Plano de actividades do estágio	38
4. APRESENTAÇÃO DO CASO DE ESTUDO.....	40
4.1. Composição da equipe de trabalho envolvidas	40
4.2. Localização da estrada em estudo	40
4.2.1. Classificação da estrada.....	41
4.3. Caracterização da estrada em estudo.....	41
4.3.1. Levantamentos topográficos	42
4.3.1.1. Etapas do levantamento topográfico	42
4.3.2. Inspeção visual	43
4.3.2.1. Painelas ou buracos.....	44
4.3.2.2. Desgaste e polimento dos agregados do revestimento.....	46
4.3.2.3. Falhas nas arestas	47
4.3.2.4. Fissuras do tipo pele de crocodilo	48
4.3.2.5. Fissuras longitudinais	49
4.3.3. Investigação de materiais	55
4.3.3.1. Ensaio necessários	56
4.3.3.1.1. Ensaio de caracterização do solo	56
4.3.3.1.2. Ensaio de Compactação.....	57
4.3.3.1.3. Ensaio de CBR (Capacidade de suporte).....	57
4.3.4. Estudo da drenagem das águas pluviais	57
5. SOLUÇÕES DE BENEFICIAÇÃO/ METODOLOGIA ADOPTADA.....	60
5.1. Equipamentos usados	61

5.2. Gestão de tráfego e sinalização rodoviária	63
5.3. Implantação das cotas da estrada.....	65
5.4. Demolições de estruturas existentes.....	67
5.5. Construção de passagem molhada	67
5.6. Escarificação do pavimento betuminoso existente	71
5.7. Construção de dreno de inertes (Pedra rachão)	74
5.8. Construção da camada de sub-base em tout-venant estabilizado mecanicamente.....	77
5.9. Reparação e estabilização da base com tout-venant, estabilizado com 3% de cimento	79
5.10. Revestimento betuminoso da estrutura do pavimento	85
5.10.1. Rega de impregnação betuminosa.....	85
5.10.2. Revestimento em betão asfáltico a quente.....	88
5.11. Construção do pavimento rígido	92
5.12. Construção de valas revestidas	97
5.13. Controle de qualidade do betão	102
5.14. Ensaio do betume	103
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	105
6.1. Conclusões.....	105
6.2. Recomendações.....	105
7. BIBLIOGRAFIA	106
7.1. Referências bibliográficas	106
8. ANEXOS	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura de um pavimento flexível	7
Figura 2: Secção transversal típica de pavimento rígido.....	8
Figura 3: Representação esquemática das solicitações e comportamento dum pavimento rodoviário flexível	9
Figura 4: Distribuição de carga nos pavimentos rígido e flexível.....	9
Figura 5: Camadas do pavimento flexível.....	9
Figura 6: Pavimento rígido.....	11
Figura 7: Defeitos em pavimentos asfaltados.....	24
Figura 8: Relação entre risco, período de retorno e vida útil de uma obra	33
Figura 9: Logotipo da instituição ANE, IP	35
Figura 10: Organograma da ANE, IP.....	37
Figura 11: Localização da estrada.....	40
Figura 12: Estrada R807 e pontos de estudo	42
Figura 13: Patologia tipo panela ou buraco (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Socimol/MEREC).....	45
Figura 14: Patologia tipo panela ou buraco (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Mafurreira).....	45
Figura 15: Patologia tipo panela ou buraco (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Mafurreira).....	45
Figura 16: Patologia tipo polimento dos agregados do revestimento (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Mafurreira)	46
Figura 17: Patologia tipo desgaste do revestimento (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Mafurreira).....	47
Figura 18: Patologia tipo falha na aresta (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Socimol/MEREC).....	47
Figura 19: Patologia tipo falha na aresta (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare)	47
Figura 20: Patologia tipo pele de crocodilo (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Mafurreira).....	48
Figura 21: Patologia tipo pele de crocodilo (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Coca-Cola)	48
Figura 22: Patologia tipo fissura longitudinal (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Mafurreira).....	49
Figura 23: Patologia tipo fissura longitudinal (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Coca-Cola)	49
Figura 24: Patologias tipos fissura longitudinal e falha na aresta (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Coca-Cola)	50
Figura 25: Patologias diversas (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Coca-Cola).....	50
Figura 26: Patologia diversas (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Mafurreira) ..	51
Figura 27: Patologia diversas (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Mafurreira) ..	51
Figura 28: Patologia diversas (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Mafurreira) ..	51
Figura 29: Drenagem existente (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare.....	52
Figura 30: Estado do pavimento existente devido a problemas de drenagem (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Mafurreira).....	52
Figura 31: Situação da valeta existente (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Coca-Cola)	53

Figura 32: Situação da passagem de água existente (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Coca-Cola).....	53
Figura 33: Situação da valeta existente depois das chuvas (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Coca-Cola).....	54
Figura 34: Situação da valeta existente depois das chuvas (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Coca-Cola).....	54
Figura 35: Situação da passagem húmida existente (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Coca-Cola)	54
Figura 36: Motoniveladora, Escavadora/ Giratória e retroscavadora	61
Figura 37: Betoneira, Camião aspersor de água e camião cisterna	61
Figura 38: Camião basculante, Cilindro de rolo liso e Cilindro estático liso.....	62
Figura 39: Cilindro pedestre, Compactador de rolos pneumáticos e Compressor de ar.....	62
Figura 40: Pavimentadora e Bobcat amplificada com uma vassoura mecânica.....	63
Figura 41: Sinalização temporária para a gestão do tráfego	64
Figura 42: Construção dos desvios temporários para assegurar a circulação do tráfego	65
Figura 43: Equipamentos topográficos usados para implantação de cotas topográficas	66
Figura 44: Implantação de cotas topográficas	66
Figura 45: Colocação das cotas e dos afastamentos	67
Figura 46: Demolição da estrutura existente (km 3+200 e km 5+795)	67
Figura 47: Abertura da caixa do drift (km 5+795)	68
Figura 48: Colocação e compactação da camada de rachão (km 5+795).....	68
Figura 49: Colocação de material tout-venant para redução de vazios (km 5+795).....	69
Figura 50: Preparação da cofragem e colocação da malha electrossoldada (km 5+795)	69
Figura 51: Slump test do betão recém chegado (km 5+795).....	69
Figura 52: Colocação, espalhamento e adensamento do betão (km 5+795)	70
Figura 53: Nivelamento e regularização da superfície de rodagem (km 5+795)	70
Figura 54: Colocação de areia grossa para manter a humidade na cura do betão (km 5+795)	70
Figura 55: Passagem molhada concluída (km 5+795).....	71
Figura 56: Escarificação do pavimento betuminoso existente (km 5+795).....	72
Figura 57: Escarificação do pavimento betuminoso existente (km 0+250).....	72
Figura 58: Nivelamento do material In situ (km 5+795)	74
Figura 59: Compactação da camada de sub-base (km 5+795).....	74
Figura 60: Abertura da caixa do dreno de inerte (km 0+250)	75
Figura 61: Colocação da primeira camada de manta geotêxtil (km 0+250).....	75
Figura 62: Colocação das pedras rachão em espessuras de 20 cm (km 0+250).....	76
Figura 63: Colocação da segunda camada de manta geotêxtil (km 0+250).....	76
Figura 64: Dreno de inerte (km 0+250).....	76
Figura 65: Fornecimento do material tout-venant (km 0+250).....	77
Figura 66: Espalhamento do material para a camada de sub-base (km 0+250)	77
Figura 67: Rega da plataforma para tarefas de compactação (km 0+250).....	78
Figura 68: Compactação da plataforma com cilindro de rolo liso (km 0+250).....	78

Figura 69: Compactação da plataforma com compactador rolo pneumático (km 0+250)	78
Figura 70: Camada de sub-base finalizada (km 0+250)	79
Figura 71: Fornecimento do material estabilizado (km 5+795)	80
Figura 72: Espalhamento do material estabilizado da camada de base (km 5+795)	80
Figura 73: Rega da plataforma para manter a humidade do material (km 5+795)	81
Figura 74: Compactação da plataforma com cilindro de rolo liso (km 5+795)	81
Figura 75: Verificação das cotas e cortes do material excedente (km 5+795)	81
Figura 76: Compactação da plataforma com compactador rolo pneumático (km 5+795)	82
Figura 77: Ensaio de compactação com o TROXLER (km 5+795)	82
Figura 78: Camada de base finalizada (km 5+795)	83
Figura 79: Camada de base finalizada (km 0+250)	83
Figura 80: Fonte de água para a rega da plataforma	84
Figura 81: Rompimento de tubos de distribuição de água potável (km 5+795)	85
Figura 82: Limpeza da plataforma com vassoura mecânica (km 0+250)	87
Figura 83: Limpeza da plataforma com compressor de ar (km 0+250)	87
Figura 84: Faixa de rodagem após a limpeza (km 0+250)	87
Figura 85: Pulverização da superfície com água (km 0+250)	88
Figura 86: Colocação da impregnação betuminosa (km 0+250)	88
Figura 87: Impregnação betuminosa (km 0+250)	88
Figura 88: Colocação da mistura betuminoso (km 0+250)	91
Figura 89: Medição da temperatura durante a colocação da mistura betuminoso (km 0+250)	91
Figura 90: Medição da temperatura e compactação do betão betuminoso com o cilindro estático liso (km 0+250)	91
Figura 91: Compactação do betão betuminoso com o compactador de rolos pneumáticos (km 0+250)	92
Figura 92: Revestimento do pavimento final (km 0+250)	92
Figura 93: Revestimento do pavimento final (km 5+795)	92
Figura 94: Implantação de cotas topográficas (km 3+200)	93
Figura 95: Corte da base existente (km 3+200)	94
Figura 96: Espalhamento do material para a sub-base (km 3+200)	94
Figura 97: Implantação da laje de betão (km 3+200)	94
Figura 98: Cofragem da laje (km 3+200)	95
Figura 99: Colocação de armadura (km 3+200)	95
Figura 100: Colocação e vibração do betão (km 3+200)	95
Figura 101: Regularização da laje de betão (km 3+200)	96
Figura 102: Tratamento superficial da laje (km 3+200)	96
Figura 103: Laje de betão finalizada (km 3+200)	96
Figura 104: Cura das Lajes de betão (km 3+200) (2023)	97
Figura 105: Escavação da fundação da valeta triangular (km 3+200)	99
Figura 106: Escavação da fundação da vala rectangular (km 3+200)	99
Figura 107: Compactação da fundação da vala rectangular (km 3+200)	99
Figura 108: Cofragem e armação da valeta triangular (km 3+200)	100

Figura 109: Betonagem, regularização e talochagem da valeta triangular (km 3+200)	100
Figura 110: Valeta triangular (km 3+200)	100
Figura 111: Armação, betonagem e alisamento da laje de fundo da vala rectangular (km 3+200)	101
Figura 112: Verificação das cotas da laje de fundo da vala rectangular (km 3+200)	101
Figura 113: Cofragem dos muretes da vala rectangular (km 3+200)	101
Figura 114: Betogem dos muretes da vala rectangular (km 3+200)	102
Figura 115: Vala rectangular (km 3+200)	102
Figura 116: Controle de qualidade do betão	103

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Classe de Estradas e Sistema de Numeração	6
Tabela 2: Rede de Estradas Classificadas	6
Tabela 3: Requisitos para testes em solos naturais	12
Tabela 4: CBR mínimos para materiais granulares	13
Tabela 5: Limites de Atterberg para Graded crushed stone (G1, G2 e G3), Natural gravel (G4 e G5) e Waterbound macadam (fines) (WM)	13
Tabela 6: Sistema de classificação USCS	14
Tabela 7: Sistema de classificação da AASHTO	15
Tabela 8: Requisitos para o uso de materiais granulares em camadas de pavimento..	16
Tabela 9: Características dos solos tropicais.	17
Tabela 10: Classificação e requisitos para materiais estabilizados com cimento.....	20
Tabela 11: Defeitos, causas e intervenções dos defeitos superficiais.....	25
Tabela 12: Defeitos, causas e intervenções dos defeitos por deformações.....	27
Tabela 13: Defeitos, causas e intervenções dos defeitos por fendilhação	28
Tabela 14: Coeficiente de escoamento, C, do método racional	32
Tabela 15: Parâmetros a, b para as curvas I-D-F de Maputo e Matola	32
Tabela 16: Resumo dos dados de entrada e do cálculo do tempo de concentração	59
Tabela 17: Resumo do cálculo de caudal máximo	59
Tabela 18: Resumo dos caudais calculados para as secções das valas predefinidas..	59
Tabela 19: Resultados dos ensaios de compactação e limites exigidos pelas SATCC da camada de sub-base	73
Tabela 20: Resultados dos ensaios de compactação e limites exigidos pelas SATCC da camada de base	82
Tabela 21: Limites granulométricos para a combinação da mistura de agregados e proporções na mistura betumina para camada superficial	89
Tabela 22: requisitos da mistura betuminosa definidos nas especificações da SATCC90	
Tabela 23: Resistência à compressão do betão utilizado na construção da passagem molhada.....	103
Tabela 24: Resistência à compressão do betão utilizado na construção da valeta.....	103
Tabela 25: Requisitos para a mistura betuminosa e valores obtidos.....	104
Tabela 26: Requisitos para a mistura betuminosa a quente.....	104

SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials

ANE, IP – Administração Nacional de Estradas, Instituição Pública

AIA – Avaliação do Impacto Ambiental

CBR – California Bearing Ratio

DCP – Dynamic Cone Penetration

GM – Módulo de Granulometria

HMA – Hot Mixed Asphalt

INE – Instituto Nacional de Estatística

IP/PI – Índice de Plasticidade

km – Quilómetros

LL – Limite de Liquidez

LP – Limite de Plasticidade

m – Metros

m² - Metros quadrados

Mpa – Megapascal

mm/hora – Milímetros por hora

min – Minutos

m/m – Metro por Metro

MOPHRH – Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos hídricos

SADC – Southern Africa Development Community

SAFL - solo arenoso fino laterítico

SAMDM – South African Mechanistic Design Method

SATCC – Southern Africa Transport and Communications Commission

USACE – Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA

USCS – Unified Soil Classification System

TMDA – Tráfego Médio Diário anual

TRH – Technical Recommendations for Highways

TRL ORN – Transport Research Laboratory - Overseas Road Note

TRL/SADC – Transport Research Laboratory /Southern Africa Development Community

S-N Method – Structural Number Method

UCS - Unconfined Compressive Strength

ASTM- American Society for Testing and Materials

ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho apresenta-se subdividido em 8 capítulos, com a seguinte estrutura:

- **Capítulo 1:** Introdução, onde é apresentado a temática do estágio, os objectivos e a metodologia utilizada;
- **Capítulo 2:** Revisão da literatura acerca de pavimentos rodoviários;
- **Capítulo 3:** Apresentação da instituição onde foi realizado o estágio;
- **Capítulo 4:** Apresentação da estrada que serviu de caso de estudo;
- **Capítulo 5:** Apresentação da solução de beneficiação e as actividades desenvolvidas durante o período do estágio;
- **Capítulo 6:** Conclusões e recomendações, onde são apresentadas observações relativas à solução de beneficiação e as actividades desenvolvidas e algumas recomendações;
- **Capítulo 7:** Apresentação das referências bibliográficas;
- **Capítulo 8:** Apresentação dos anexos.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações gerais

O desempenho de um pavimento depende de uma série de factores agrupados em três principais estágios, tais como: Concepção, construção e manutenção. No estágio da concepção desenvolve-se o projecto conceptual da estrada e dá-se início ao processo de Avaliação do Impacto Ambiental (AIA) após encontros preparativos do projecto, a recolha de dados e as investigações de campo, e de seguida faz-se o projecto de dimensionamento dos elementos do pavimento, dos órgãos de drenagem, finalização do projecto geométrico e de sinalização e a conclusão da AIA. A construção da estrada é a materialização por uma equipe especializada do que havia sido planeado no estágio da concepção. Esta etapa consiste em etapas que envolvem o desmatamento e limpeza, drenagem, terraplenagem e camadas de pavimento em material granular ou brita, pavimentos asfaltados e revestimentos, estruturas, testes e controle de qualidade, e trabalhos rodoviários complementares. As manutenções de estradas são actividades que tem como propósito garantir que o fluxo de veículos se dê de forma segura, rápida, confortável e económica. Além disso, as actividades de manutenção de estradas têm em vista aumentar ao máximo a vida útil das estradas.

Em Moçambique a gestão e a realização de actividades de manutenção necessárias em rede de estradas classificadas é da responsabilidade da Administração Nacional de Estradas, Instituição Pública (ANE, IP), e para o caso da rede de estradas não classificadas está na responsabilidade das autoridades locais. O país detém uma rede de estradas classificadas com uma extensão de 30,616 km, dos quais 22,349 km são estradas não revestidas e 8,268 km são estradas revestidas.

Pretende-se com o presente trabalho de culminação do curso de Engenharia Civil, da Universidade Eduardo Mondlane, apresentar uma análise da modalidade empregue para as Obras de Emergência Conducentes à Reposição da Transitabilidade na Estrada R807, troço Coca-Cola/Matola Gare, com extensão de 12,5 km. Por manutenção de emergência entende-se como o conjunto de trabalhos executados com vista a corrigir as deficiências funcionais do pavimento e recuperar a rodovia. São actividades realizadas de imediato em resultado de um problema inesperado.

1.2. Contextualização

A estrada R807, troço Coca-Cola/Matola Gare, com extensão de 12,5 km, localizada no Município de Matola, Província de Maputo, é uma via que permite a comunicação entre o posto administrativo de Pessene e a capital provincial Matola, estabelece a ligação entre a estrada regional R409 e a estrada nacional N2. A estrada também permite a ligação entre os diversos bairros densamente habitados da cidade da Matola e permite o acesso a algumas fábricas localizadas neste distrito. A estrada é considerada um dos corredores de desenvolvimento interurbano do distrito da Matola.

Esta estrada tem sofrido muitos problemas relacionados com a drenagem das águas pluviais. A maior parte dos defeitos do pavimento tem como origem a deficiência de drenagem das águas.

Recentemente foram levadas a cabo actividades de manutenção da estrada com vista no melhoramento das condições de transitabilidade, nas secções onde se identificaram danos considerados críticos no pavimento.

1.3. Justificativa

O estudante optou pela realização de relatório de estágio curricular no âmbito do trabalho final no curso de licenciatura em Engenharia Civil, na Universidade Eduardo Mondlane, para o cumprimento dos requisitos necessários para alcançar o grau de Licenciatura.

A escolha desta opção como forma de culminação do curso foi motivada pelo desejo de aplicar os conhecimentos adquiridos durante a formação académica no contexto de sala de aula e pelo interesse em conhecer o processo de materialização de um projecto, o que permite um contacto directo entre os conhecimentos teóricos e a sua aplicação na prática.

Um dos maiores problemas que tem arrasado Moçambique desde o fim da colonização até os dias de hoje é a falta de manutenção de vias de comunicação e dos sistemas de drenagem de águas pluviais existentes. Numa estrada por mais que tenha sido bem projectado e dimensionado, se não houverem formas de encaminhar águas pluviais para longe da plataforma e de manter a infraestrutura existente, estas podem causar problemas de tal forma que afecte o desenvolvimento de outros sectores de actividade de uma determinada localidade. A manutenção de estradas é uma intervenção de grande importância para as vias pois permitem o contínuo desenvolvimento das localidades e

também contribuem na redução considerável dos custos operacionais de veículos, melhorando deste modo as condições de vida das populações beneficiárias.

1.4. Objectivos

1.4.1. Objectivos Gerais

- Examinar as causas dos danos e a solução empregue para as Obras de Emergência Conducentes a Reposição da Transitabilidade na Estrada R807, troço Coca-Cola/Matola Gare, com extensão de 12,5 km.

1.4.2. Objectivos Específicos

- Identificar os tipos e as causas de danos (Patologias) que ocorrem nas estradas em geral e as possíveis causas particularmente na estrada R807;
- Fazer uma descrição de forma geral dos materiais presentes e mais usados para as camadas que compõem o pavimento de uma estrada na província de Maputo em particular na Estrada R807;
- Mencionar factores a considerar na selecção das camadas dos pavimentos;
- Apresentar os critérios de dimensionamento dos pavimentos recorrendo a normas usadas em Moçambique;
- Identificar a solução adoptada para as Obras de Emergência Conducentes a Reposição da Transitabilidade na Estrada R807, troço Coca-Cola/Matola Gare, com extensão de 12,5 km e descrever os critérios adoptados para a escolha da solução empregue;
- Analisar conformidade do material empregue nos pavimentos;
- Analisar a solução do sistema drenagem das águas.

1.5. Problematização

Uma boa parte da rede de estradas de Moçambique ainda faz parte da rede rodoviária do tempo colonial e o pavimento dessas estradas já atingiu o período de vida útil. Por outro lado, verifica-se o desenvolvimento demográfico e urbano pressionando assim a construção de novas infraestruturas e conservação de infraestruturas já existentes. A falta de execução de planos de conservação de estradas pode levar a deterioração das estradas, implicando em trabalhos de restituição e reconstrução mais exigentes. Por outro lado, a qualidade das obras de manutenção de estradas vem sendo uma preocupação constante pois muitas obras têm tido execução insatisfatória devido à fraca exiguidade financeira associada à fraca capacidade técnica dos intervenientes.

1.6. Metodologia

Para alcançar-se os objectivos definidos no presente trabalho, recorreu-se a seguinte metodologia:

- Pesquisas e consultas bibliográficas de manuais, livros, artigos e estudos;
- Pesquisas e consultas na Internet;
- Visita ao campo para identificação do tipo e causas dos danos ao pavimento existente na estrada R807, troço Coca-Cola/Matola Gare;
- Consulta e análise do projecto de Manutenção de Emergência da estrada R807, troço Coca-Cola/Matola Gare (12,5 km);
- Consultas e discussão de ideias com os supervisores;
- Observação e entrevista durante a execução da obra;

1.7. Cronograma das actividades

Actividade	Setembro				Outubro				Novembro				Dezembro				Janeiro				Fevereiro			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Apresentação, orientação e adaptação à instituição																								
Revisão das normas de execução da ANE																								
Definição da problematização, objectivos e metodologias																								
Análise do projecto																								
Acompanhamento do processo de execução																								
Análise dos resultados																								
elaboração do relatório de pesquisa																								

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Estradas e Pavimentos Rodoviários

2.1.1. Estrada

A estrada pode ser definida como caminho que liga duas ou mais localidades e permite a movimentação de pessoas, animais e veículos. De acordo com Guimarães (2004) citado por José (2014), a estrada é definida como sendo faixas de terreno com características adequadas para permitir o deslocamento de pessoas e veículos.

Segundo o MOPHRH (2021), estrada é uma via de comunicação terrestre especialmente destinada ao trânsito de veículos.

2.1.1.1. Sistema de Classificação de Estradas em Moçambique

Em Moçambique, o sistema de classificação da rede de estradas divide-se em estradas classificadas e estradas não classificadas. A rede de estradas classificadas, por sua vez, subdivide-se em categorias, tais como: estradas primárias, estradas secundárias, estradas terciárias e estradas vicinais. Os grupos de estradas formados por estradas primárias e estradas secundárias são designados por conjunto de estradas Nacionais, e os grupos formados por rede de estradas terciárias e estradas vicinais são designados por estradas Regionais. Segundo ANE, IP (2021).

Estradas Primárias são a espinha dorsal da rede de estradas e ligam:

- Capitais provinciais;
- Capitais provinciais e outras cidades;
- Capitais provinciais e principais portos
- Capitais provinciais e principais postos fronteiriços.

Estradas Secundárias são aquelas que complementam a espinha dorsal da rede de estradas e ligam:

- Estradas primárias;
- Capitais provinciais e portos fluviais ou marítimos;
- Estradas primárias e centros económicos de elevada importância;
- Estradas primárias e outros postos fronteiriços.

Estradas Terciárias são as que estabelecem ligação entre:

- Estradas secundárias e estradas primárias ou outras estradas secundárias;
- Sedes distritais;

- Sedes distritais e postos administrativos;
- Sedes distritais e centros económicos de elevada importância.

Estradas Vicinais são as que estabelecem a ligação entre:

- Estradas terciárias;
- Postos administrativos;
- Postos administrativos e outros centros populacionais.

Estradas Não Classificadas são estradas e picadas fora da classificação.

2.1.1.2. Sistema de Numeração

Tendo em conta as classes de estradas acima referidas, o sistema de numeração de estradas obedece a seguinte numeração:

Tabela 1: Classe de Estradas e Sistema de Numeração

Designação	Banda de Números
Estradas Primárias (a)	N1 – N100
Estradas Primárias (b)	N101 – N199
Estradas Secundárias	N200 – N399
Estradas Terciárias	R400 – R799
Estradas Vicinais	R800 – em diante

(a) Estradas que constituem itinerário principal

(b) Estradas que constituem itinerários principais a Outras estradas Primárias

Fonte: ANE, IP, 2021

2.1.1.3. Rede de Estradas Classificadas por província (2020)

Tabela 2: Rede de Estradas Classificadas

Província	Extensão em km				
	Primária	Secundária	Terciária	Vicinal	Total
Maputo	428	141	533	530	1.632
Gaza	280	752	1,101	578	2,711
Inhambane	558	266	1,154	902	2,880
Manica	513	336	986	635	2,470
Sofala	709	561	843	354	2,467
Tete	540	1,229	788	413	2,970
Zambézia	1,051	722	1,792	992	4,557
Nampula	954	166	1,942	921	3,983
Cabo Delgado	477	365	1,708	422	2,972
Niassa	839	347	1,822	966	3,974
País	6349	4,885	12,669	6,713	30,616

Fonte: ANE, IP, 2021

2.1.2. Pavimentos Rodoviários

Oda & Camargo (2019) citando Yoder & Witczak (1975), definem pavimento como sendo uma estrutura composta por diferentes camadas de materiais, construída sobre um terreno natural denominada de subleito, que recebe as cargas provenientes do tráfego de veículos com rodas flexíveis. Segundo Reis (2009), o pavimento é uma estrutura construída sobre um terreno terraplanado, que suporta as cargas provenientes do tráfego, redistribui essas cargas para a infra-estrutura proporcionando condições satisfatórias de conforto, economia e segurança a quem utiliza a estrutura.

O pavimento rodoviário tem as seguintes funções:

- Resistir aos esforços verticais produzidos pelo tráfego e redistribuí-los para as camadas subjacentes;
- Melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança;
- Resistir aos esforços horizontais (desgaste) que nela actuam, tornando mais durável a superfície de rolamento;
- Resistir às acções das intempéries.

2.1.2.1. Tipos de pavimentos rodoviários

A. Pavimento flexível

O **pavimento flexível** é constituído de uma camada de rolamento (revestimento asfáltico) de pequena espessura, aplicada sobre camadas de base e de sub-base que são construídas sobre camada de reforço do subleito ou directamente sobre o subleito compactado (Oda & Camargo, 2019). A resistência estrutural deste tipo de pavimento é conferida pelas diferentes camadas que constituem o pavimento. O pavimento é composto por revestimento, base, sub-base, reforço do subleito, regularização do subleito e subleito como indicado na figura abaixo.

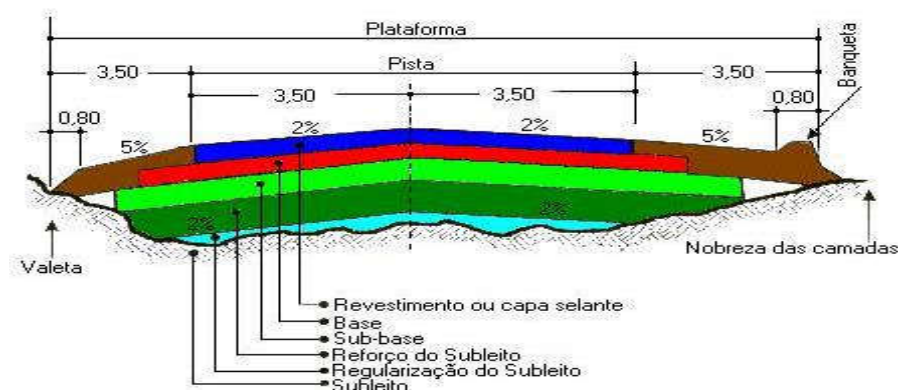


Figura 1: Estrutura de um pavimento flexível - Fonte: Marques (2006)

B. Pavimento rígido

O **pavimento rígido** é constituído por uma laje de betão de cimento Portland de elevada resistência, servindo de camada de desgaste e uma camada de base/Sub-base entre a placa e o subleito. As camadas funcionam essencialmente à tracção (Marques, 2006). O pavimento é composto por laje de betão, sub-base, reforço do subleito, e camadas finais de terraplenagem.

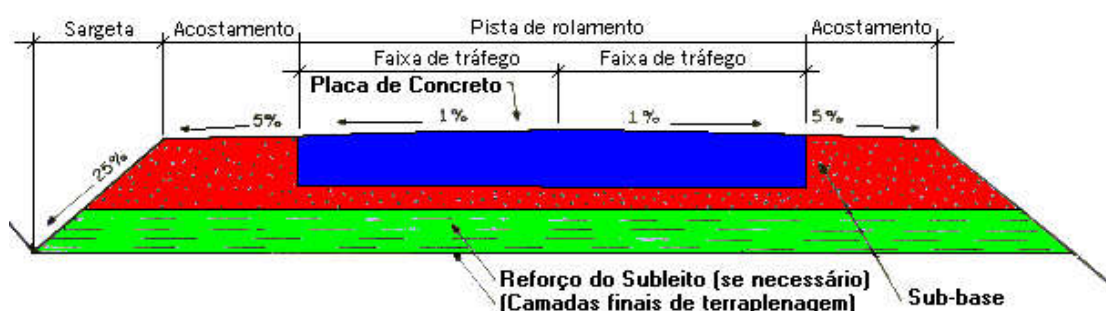


Figura 2: Secção transversal típica de pavimento rígido. Fonte: Marques (2006)

C. Pavimentos Semi-Rígidos

Refere-se a uma situação intermédia entre pavimentos rígidos e flexíveis, como o caso de misturas solo-cimento, solo-cal que apresentam uma razoável resistência à tracção. (Marques, 2006)

O tipo de pavimento, a quantidade de camadas e suas espessuras variam com a qualidade do subleito, com o tráfego que irá solicitar o pavimento e as características dos materiais que irão compor a sua estrutura.

Em Moçambique, são mais utilizados os pavimentos rodoviários flexíveis por serem aqueles que oferecem melhores condições de tráfego, segurança e conforto pela sua qualidade em todas as categorias de estradas. (Chembeze, 2006)

2.1.2.2. Acções induzidas pelo tráfego nos pavimentos flexíveis

Segundo Santos (2009:1), as acções induzidas pelo tráfego quando aplicadas sobre a estrutura do pavimento resultam num estado de tensão-deformação, sendo que neste tipo de pavimentos os esforços críticos, ocorrem em geral, no eixo de simetria de aplicação das cargas, sendo os mais críticos a tensão à tracção na face inferior das camadas betuminosas e a tensão vertical de compressão na face inferior das camadas granulares e no topo do solo de fundação.

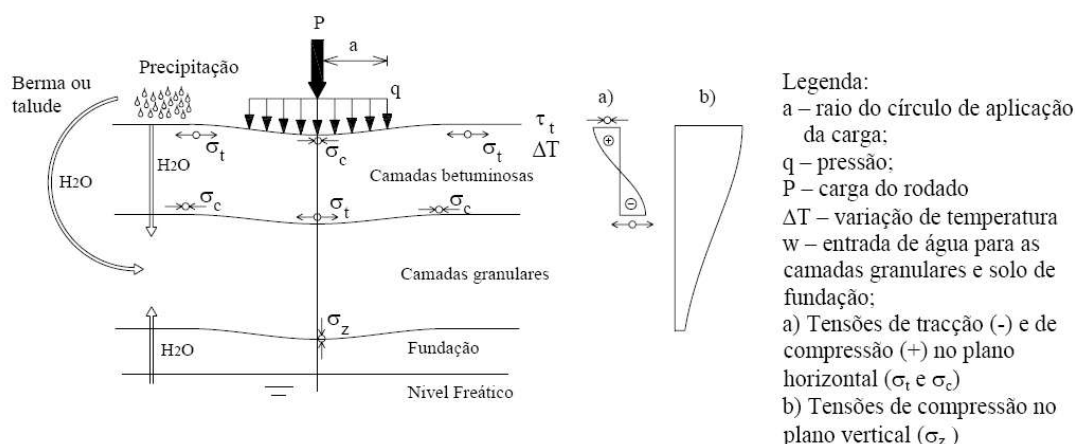


Figura 3: Representação esquemática das solicitações e comportamento dum pavimento rodoviário flexível - Fonte: Minhoto (2005)

2.1.2.3. Distribuição das tensões em pavimentos flexíveis e rígidos

O pavimento rígido tende a distribuir a carga sobre uma área relativamente maior do subleito, devido ao elevado módulo de elasticidade do concreto, sendo que a própria laje de betão fornece a maior parte da capacidade estrutural. Em contrapartida, o pavimento flexível distribui cargas para uma área menor do subleito, apesar de apresentar ter um maior número de camadas. (Oda & Camargo, 2019)

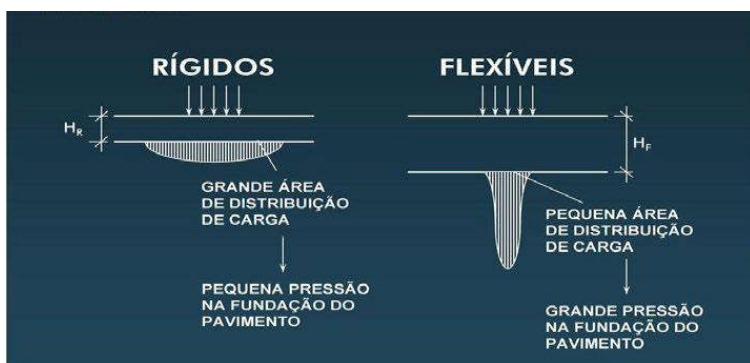


Figura 4: Distribuição de carga nos pavimentos rígido e flexível - Fonte: MOPHRH (2021)

2.1.2.4. Caracterização das camadas de um pavimento

A. Pavimento Flexível

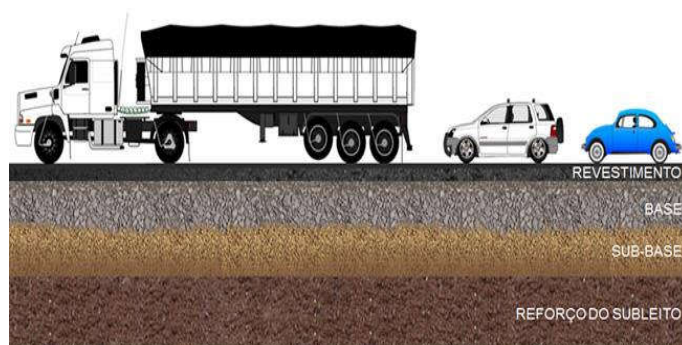


Figura 5: Camadas do pavimento flexível – Fonte: Oda & Camargo (2019)

Subleito (Subrasante) – é a camada de terreno natural de uma estrada que suporta a estrutura do pavimento. Pode ser forte ou pouco resistente, deve resistir também aos esforços impostos pelo carregamento devido ao tráfego dentro de valores compatíveis com a resistência do mesmo.

Reforço de subleito – são solos de qualidade superior aplicados à superfície com a finalidade de aumentar a resistência do subleito. Geralmente é constituído por um solo argiloso selecionado, de boas características físicas e elevada resistência e desempenha funções semelhantes às da camada de sub-base.

Regularização do subleito – Consiste em uma actividade para corrigir falhas da camada final da terraplenagem (Oda & Camargo, 2019). A camada de regularização é constituída por material betuminoso mais pobre, geralmente macadame betuminoso, devendo ter uma superfície nivelada com espessura entre 5 cm e 12 cm. Tem funções de redistribuição e transferência das tensões induzidas na camada de desgaste para as camadas inferiores.

Sub-base - é uma camada sobre a qual assenta a camada de base. É constituído por material granular do tipo tout-venant ou por solos seleccionads de espessura estabelecida de acordo com o valor de suporte, colocado sobre uma subrasante, para sustentar a base (ANE, 2015). É também utilizado nessa camada, solos tratados principalmente por cimento para melhorar as características mecânicas. O padrão de qualidade de material é menos exigente do que para a base, pois recebe esforços menores. A camada tem características drenantes de forma a não contribuir para a estagnação da água e impedir a ascensão da água por capilaridade para as camadas superiores do pavimento e tem espessura que varia entre 15 cm e 20 cm.

Base - É uma camada de espessura entre 15 cm e 30 cm, sobre a qual assenta a camada de desgaste com função de distribuir e transmitir as cargas originadas pelo tráfego às camadas subjacentes. É constituído por material seleccionada de elevado padrão de qualidade estabilizado mecanicamente ou com a adição de cimento ou outros produtos (ANE, IP, 2015). É também conhecido por tout-venant, produzido artificialmente, e é constituída por material britado de granulometria extensa.

Camada de desgaste – é a camada que tem a função de receber directamente a acção do tráfego e transmitti-los às camadas inferiores, de resistir aos esforços horizontais que

nele actuam, e de proporcionar uma superfície de rolamento cómodo e seguro. Sempre que possível deve ser impermeável, de forma a proteger as camadas inferiores e conferir resistência às intempéries e ao desgaste (Oda & Camargo, 2019; Marques, 2006). São constituídas por 2 ou 3 camadas (desgaste, de regularização e/ou betuminosa).

B. Pavimento rígido

A laje de betão que funciona como a camada de desgaste, pode ou não conter barras metálicas (barras de transferência). Este tipo de pavimento diferentemente dos pavimentos flexíveis apenas é constituído por camada de desgaste (laje de betão) de espessura típica entre 18 cm e 40 cm, base ou sub-base geralmente em materiais granular, reforço do subleito (se necessário) e subleito.



Figura 6: Pavimento rígido

2.1.2.5. Estudos geotécnicos de materiais para pavimentação

Para o dimensionamento de um pavimento rodoviário, os materiais a considerar na aplicação em camadas do pavimento muitas vezes são definidos tendo em conta a disponibilidade de materiais, preços unitários e experiências anteriores.

Reconhecimento do subleito

O estudo do subleito de estradas tem como objectivo o reconhecimento dos solos visando à caracterização das diversas camadas e o posterior traçado dos perfis dos solos para efeito do projeto de pavimento. (Marques, 2006)

O reconhecimento do subleito é normalmente feito em três fases:

- Inspeção expedita no campo;
- Coleta de amostras/ ensaios;
- Traçado do perfil longitudinal.

2.1.2.6. Estudo de ocorrência de materiais para pavimentação

A selecção dos materiais para compor a estrutura do pavimento depende do tipo de pavimento que será construído, escolhido em função de alguns parâmetros, como o tráfego e as características da região (clima, relevo, resistência do material do subleito) (Oda & Camargo, 2019). Para identificar e seleccionar os materiais para compor a estrutura do pavimento, devem ser feitos estudos em jazidas próximas ao local de construção da estrada para verificar a possibilidade de empregar-se nas camadas do pavimento. Esses estudos baseiam-se nos dados da geologia e pedologia da região.

Ensaio laboratoriais requeridos para solos naturais

A lista de ensaios requeridos para a determinação das características dos solos de fundação em função da classificação TRH14 é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3: Requisitos para testes em solos naturais

Tipo de Material	Teste requerido
Solo Natural ou saibro (cascalho), G4 a G10	<ul style="list-style-type: none"> • Granulometria; • Limites de Atterberg; • Compactação; • CBR; • Ensaio de durabilidade em rochas com tendência a uma deterioração rápida com exposição dos seus elementos, ex: rochas sedimentares adulteradas.
Saibro Natural para a produção de camadas de revestimento	<ul style="list-style-type: none"> • Granulometria; • Limites de Atterberg; • Compactação; • CBR; • Ensaio de durabilidade Venter.
Ensaio para estabilização química C1 a C4	<ul style="list-style-type: none"> • Granulometria v Limites de Atterberg; • Compactação; • Consumo inicial de estabilizante; • UCS e ITS; • Durabilidade seca e saturada.

Fonte: SAPEM, Ch8 apud MOPHRH, 2021

Além dos ensaios laboratoriais, podem ser realizados in situ. Um dos ensaios in situ mais requeridos para solos é o ensaio de Cone de Penetração Dinâmica (DCP). Este ensaio permite avaliar a resistência que o terreno oferece à penetração de um cone padronizado até a profundidade de pelo menos 800 mm e permite estimar a espessura das camadas de um solo estratificado, podendo ser usado desde o levantamento inicial no terreno até ao controlo da construção.

2.1.2.7. Sistemas de classificação de solos de rodovias

De entre os vários sistemas de classificação de solos, distinguem-se o Sistema Unificado USCS e o sistema da AASHTO. A referência das especificações técnicas da SATCC tem como base o sistema de classificação divulgado pelo TRH14. Este sistema classifica os materiais granulares não tratados do seguinte modo:

- Graded crushed stone (Britas): G1, G2, G3
- Natural gravels (Saibro, incluindo saibros modificados): G4, G5, G6
- Gravel-soil (Solo-saibro): G7, G8, G9, G10
- Waterbound macadam: WM
- Dump rock (enrocamento de pedra mediana): DR

Uma forma expedita de identificar os materiais granulares acima indicados é através do seu valor de CBR, como ilustrado na Tabela 4.

Tabela 4: CBR mínimos para materiais granulares

Property	Material type				
	G6	G7	G8	G9	G10
Minimum CBR at 93 per cent Mod. AASHTO density (%)	25	15			
Minimum CBR at in-situ density (%)	—	—	10	7	3

Fonte: TRH14

Pode-se ainda identificar os materiais através da determinação dos limites de Atterberg.

Tabela 5: Limites de Atterberg para Graded crushed stone (G1, G2 e G3), Natural gravel (G4 e G5) e Waterbound macadam (fines) (WM)

Property	Material type			
	G1	G2,G3 and G4	G5	(WM) (fine aggregate or natural filler)
Liquid Limit (max)	25	25	30	25
Plasticity Index (max)	4	6	10	6
Linear shrinkage (%) (max)	4	3	5	3
*Linear shrinkage x (%) passing 0.425 mm sieve (max)	—	170 (G4)	170	

* Only applicable to nodular calcrete - for further details see CSIR Research Report 286¹⁰.

Fonte: TRH14

Materiais como Gravel (G6) e Gravel-soil (G7) o PI não deve exceder 12. No caso de materiais G6 e G7. O PI deve ser calculado a partir da seguinte equação:

$$\text{Maximum PI} = 3\text{GM} + 10$$

Onde o módulo de granulometria (GM) é dado por

$$\text{GM} = (P_{2,00\text{mm}} + P_{0,425\text{mm}} + P_{0,075\text{mm}})/100$$

Onde $P_{2,00\text{mm}}$, etc., referem-se a percentagens retidas nos peneiros indicados.

Em Moçambique há uma tendência para usar os sistemas USCS ou AASHTO.

Tabela 6: Sistema de classificação USCS

Principais divisões			Símbolo do Grupo	Nome do Grupo
Solos de grão grosso: mais de 50% retidos no peneiro de 0,075mm	Cascalho: > 50% da fracção grossa retida no peneiro de 5mm	Cascalho limpo <5% passa no peneiro de 0,075mm	GW	Cascalho bem graduado, cascalho fino e grosso
			GP	Cascalho mal graduado
		Cascalho com > 12% finos	GM	Cascalho siltoso
			GC	Cascalho argiloso
	Areia: > 50% da fracção grossa retida no peneiro de 5mm	Areia limpa	SW	Areia bem graduada
			SP	Areia mal graduada
		Areia com > 12% finos	SM	Areia siltosa
			SC	Areia argilosa
Solos de grão fino: mais de 50% passam no peneiro de 0,075mm	Silte e Argila: limite líquido < 50	Inorgânico	ML	Silte
			CL	Argila
		Orgânico	OR	Silte orgânico Argila orgânica
	Silte e Argila: limite líquido > 50	Inorgânico	MH	Silte de elevada plasticidade; silte elástico
			CH	Argila de elevada plasticidade; Argilas gordas
		Orgânico	OH	Argila orgânica Silte orgânico
Solos fortemente orgânicos			Pt	Turfa

Fonte: SAPEM, Ch4 apud MOPHRH, 2021

Tabela 7: Sistema de classificação da AASHTO

Classificação geral	Materiais granulares (35% ou menos passam no peneiro 0,075mm)							Materiais silto-argilosos (>35% passam no peneiro 0,075mm)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Classificação por Grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Análise granulométrica (% que passa)											
2 mm	50 max										
0,425 mm	30 max	50 max	51 max								
0,075 mm	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 max	36 max	36 max	36 max
Caraterísticas da fracção que passa no 0,425mm											
Limite Líquido			40 max	41 max	40 max	41 max	40 max	41 max	40 max	41 max	41 max
Índice de plasticidade	6 max	NP	10 max	10 max	11 max	11 max	10 max	19 max	11 max	11 max	11 max
Materiais constituintes significativos	Fragmentos de pedra, cascalho areia	Areia fina	Silte ou cascalho argiloso areia				Solos siltosos	Solos argilosos			
Geralmente classificado como fundação	Excelente a bom							Razoável a pobre			
Nota: 1 – O Índice de plasticidade do subgrupo A-7-5 é igual ou inferior que o Limite Líquido (LL) -30. O Índice de plasticidade do subgrupo A-7-6 é maior que LL-30											

Fonte: SAPEM, Ch4 apud MOPHRH, 2021

2.1.2.8. Materiais granulares e sua aplicação em camadas de Pavimento

Em Moçambique os requisitos para aplicação de materiais granulares nas camadas de pavimento, de acordo com a classificação do TRH14, estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Requisitos para o uso de materiais granulares em camadas de pavimento.

Localização na estrutura do pavimento	Requisitos (De acordo com as especificações SATCC e o TRH14)
Fundação	Não há requisitos sobre granulometria; CBR mínimo a densidade no local= 10% (G8); 7% (G9); e 3% (G10); Expansão máxima a 100 % de densidade mod AASHTO = 1.5%
Camada seleccionada (Material de aterro)	CBR saturado mínimo a 93% de densidade mod AASHTO = 25% (G6); 15% (G7); PI não deve exceder 12%; no caso de G6 ou G7 com uma larga fracção de material grosso, um PI superior dos solos finos pode ser aceite. Neste caso tal PI pode ser calculado pela fórmula: PI máximo = 3 x Módulo de granulometria (GM) + 10; Expansão máxima a 100 % de densidade = 1.0% (G6); 1.5% (G7); GM mínimo 1.2 (G6); 0.75 (G7)
Sub-base	CBR saturado mínimo = 30% a 95% de densidade mod AASHTO PI máximo = 10; Expansão máxima a 100 % de densidade = 0.5% (G5); 1.0% (G6); GM mínimo 1.5 (G5); 1.2 (G6)
Base	CBR saturado mínimo = 80% a 98% de densidade mod AASHTO PI máximo = 6 (G2, G3, G4). Para solo estabilizado não deve exceder 6% após tratamento; Expansão máxima a 100 % de densidade = 0.2% (G2, G3, G4); GM mínimo= 2.0 (materiais não tratados) ou 1.7 (se o material tiver que ser estabilizado quimicamente); Retracção linear máxima = 3% (G2, G3, G4)
Berma e camada de desgaste	Quando o saibro importado for diferente do da base, os requisitos para a berma e camada de desgaste devem estar em conformidade com o seguinte: <ul style="list-style-type: none"> • Tamanho máximo ----- 37.5mm • Máximo retido no peneiro 37.5mm ----- 0 • Produto de retracção ----- 100 – 240 • Coeficiente de granulometria -----16 – 34 • CBR saturado mínimo a 95% densidade mod AASHTO -15% (Produto de retracção = retracção linear x % passada no 0.425 mm) [Coeficiente de granulometria = (% passada no 26.5 mm – % passada no 2.0 mm) x % passada no 4.75mm/100]

Fonte: TRH14

2.1.2.9. Solos de Moçambique usados em Pavimentação

Em Moçambique predominam variedades de solos usados em pavimentação, sendo mais comum na região sul, solos residuais (saibro), solos lateríticos e cascalhos

lateríticos. Em praticamente todo o país abundam areias aluvionares, especialmente em zonas costeiras e à beira das marginais e de bacias sedimentares. (Chembeze, 2006)

Em camadas de bases, sub-bases e também em camadas de desgaste de estradas pavimentadas, verifica-se o uso generalizado de Riolitos. (Chembeze, 2006)

Trata-se de um país rico em formações montanhosas, motivo pelo qual são aproveitados vários materiais provenientes de pedreiras e sendo muito pouco estudadas outras alternativas de materiais para bases e sub-bases. É também frequente na pavimentação a estabilização de solos com cimento, tendo demonstrado ao longo dos anos ser uma combinação de materiais com bom comportamento mecânico. (Chembeze, 2006)

Principais características dos solos lateríticos

De acordo com Junior (2019), do ponto de vista mecânica e hidráulico os solos lateríticos possuem algumas características, que são visualizadas na Tabela 9, a seguir:

Tabela 9: Características dos solos tropicais.

Propriedades	Solos lateríticos
Contração	Elevadas (Argilas) e Baixa (Areias)
Expansão	Baixa
Suporte a seco	Elevado a muito elevado
Permeabilidade	Baixa

Fonte: Balbo, 2007 apud Junior, 2019

2.1.2.10. Solos e materiais granulares estabilizados

Existem essencialmente três principais tipos de estabilização de solos, a saber:

- Estabilização mecânica;
- Estabilização granulométrica;
- Estabilização química.

Dentre os tipos de estabilização acima mencionadas, existem outros tipos de estabilização de solos poucos utilizadas em pavimentos, tais como:

- **Estabilização elétrica** – consiste na passagem de uma corrente elétrica pelo solo a estabilizar. As descargas sucessivas de alta tensão são usadas no adensamento de solos arenosos saturados e as de baixa tensão contínua são

usadas em solos argilosos empregando os fenômenos de electrosmose¹, electroforese² e consolidação electroquímica.

- **Estabilização Térmica** - é feita através do emprego da energia térmica por meio de congelamento, aquecimento ou termosose³. A solução do congelamento normalmente é temporária, alterando-se a textura do solo. O aquecimento busca rearranjos na rede cristalina dos minerais constituintes do solo.

2.1.2.10.1. Estabilização mecânica

É o tipo de estabilização mais antigas, em que não são empregues ligante hidráulico ou asfáltico em solo para o melhoramento da capacidade de carga do solo. Este tipo de estabilização consiste em aumentar a densidade e durabilidade do solo, empregando o método de compactação com aplicações de cargas (por não possuírem coesão e por não resistirem à tracção), reduzindo o índice de vazios e, conseqüentemente, sua porosidade, com vista a aumentar a resistência mecânica e melhorar a impermeabilidade do solo compactado. (Villibor, 1982 apud Martins, 2018; Bernucci et al, 2008 apud Junior, 2019)

OS tipos de materiais sem aditivo empregado em camadas de base e sub-base são o macadame hidráulico, que consiste em uma camada de brita de graduação aberta que, após a compactação, tem os vazios preenchidos por material fino obtido de britagem (pó de pedra) ou por solos de granulometria apropriada. O macadame seco não necessita de irrigação, o que evita o encharcamento do subleito, simplificando o processo de construção. (Oda & Camargo, 2019)

É também utilizado o macadame betuminoso, também chamada de “base negra”, que consiste no espalhamento do agregado, de tamanho e quantidades especificadas, nivelamento e compactação. Em seguida é espalhado o material betuminoso que penetra nos vazios do agregado, desempenhando a função de ligante. (Marques, 2006)

¹ Electrosmose é o movimento de um líquido polar através de uma membrana porosa ou qualquer outra estrutura porosa sob a influência de um campo eléctrico aplicado.

² Electroforese é uma técnica de separação que se baseia no princípio de migração de iões em um campo eléctrico.

³ Termosose é uma técnica de drenagem onde se promove a difusão de um fluido em um meio poroso pela ação de gradientes de temperatura.

Utiliza-se também o macadame cimentado, que é uma camada de brita espalhada sobre a plataforma da estrada e sujeita a uma compressão, com o objectivo de diminuir o número de vazios, tornando a estrutura mais estável. Logo após é lançada uma argamassa de cimento e areia que penetra nos espaços vazios ainda existentes.

Outro material estabilizado mecanicamente utilizado em base de pavimentos de baixo volume de tráfego é o solo arenoso fino laterítico, constituído por solo de graduação fina, com uma fracção de mais de 50% retida na peneira de abertura 0,075 mm, composto por areia de grãos de quartzo. (Nogami & Villibor, 1995 apud Oda & Camargo, 2019)

Existe também a alvenaria poliédrica ou paralelepípedo como material utilizado na estabilização de camada de pavimentos, que são pedras irregulares ou paralelepípedos assentados num colchão de areia sobre uma sub-base. Podem funcionar como base, quando um outro revestimento é usado sobre sua superfície e também são usados como revestimento final, desempenhando as funções de revestimentos. (Marques, 2006)

2.1.2.10.2. Estabilização granulométrica

Também considerado método de estabilização mecânica, depende da distribuição das partículas, do formato das partículas, da densidade relativa e do atrito interno. Este tipo de estabilização é obtido quando se misturam solos diferentes de modo a obter um material bem graduado. (Yoder e Witczack, 1975 apud Junior, 2019)

Os principais materiais utilizados na estabilização granulométrica são: solos, britas de rochas, escória de alto forno, ou ainda, resíduos da construção civil. Os principais produtos obtidos da estabilização granulométrica são: o solo-brita, os macadames e a brita graduada simples (BGS). (Oda & Camargo, 2019)

2.1.2.10.3. Estabilização química

A estabilização química tem como objectivo principal melhorar a resistência ao cisalhamento (causado pelo atrito produzido pelos contactos das superfícies das partículas) através da adição de ligantes nos pontos de contacto entre os grãos. Este tipo de estabilização ocorre por meio de reacções químicas, causando uma alteração estrutural das partículas sólidas do solo com a utilização de aditivos químicos estabilizadores que consolidam e reagem ao solo. (Marques, 2006; Martins, 2018)

Além de melhorar a resistência ao cisalhamento, pretende-se com este tipo de estabilização:

- Aumentar a estabilidade e a resistência à erosão;
- Aumentar a rigidez das camadas e a capacidade de degradação de carga;
- Reduzir a sensibilidade do material às mudanças do teor de humidade;
- Reduzir a plasticidade.

Os ligantes utilizados para estabilizar os solos são, ligantes hidráulicos (cimento Portland e cal hidráulica), materiais betuminosos, resinas, pozolanas, entre outros. Os mais utilizados em obras de pavimentação de estradas, inclusive em Moçambique, são o cimento portland e os materiais betuminosos.

Materiais estabilizados quimicamente

- Solo-Cimento:** é uma mistura de solo, cimento Portland e água, devidamente compactada, resultando em material duro, cimentado e de acentuada rigidez à flexão, que deve satisfazer aos requisitos de densidade, durabilidade e resistência definidos nas especificações. O teor de cimento recomendado varia de 6 a 10%, dependendo do tipo de solo utilizado. (Oda & Camargo, 2019; Marques, 2006)
- Solo melhorado com cimento:** este tipo de mistura é obtido com a adição de pequeno teor de cimento (2 a 5%) e tem como finalidade modificar as características do solo quanto à sua plasticidade (reduzindo o IP) e sensibilidade à água, sem cimentação acentuada. O ensaio mais empregado para a definição da qualidade da mistura é o CBR. (Oda & Camargo, 2019; Marques, 2006)

Na Tabela 10 são apresentadas resumidamente, especificações técnicas referentes aos materiais granulares estabilizados com cimento, detalhadas no TRH14 e nas especificações da SATCC.

Tabela 10: Classificação e requisitos para materiais estabilizados com cimento

Tipo	Material	Compressão simples em laboratório aos 7 dias (MPa)	
		100% de compactação Mod AASHTO	97% de compactação Mod AASHTO
C1	Brita de granulometria extensa, cimentada, com propriedades do G2 antes da estabilização	6 a 12	4 a 8
C2	Brita de granulometria extensa ou saibro, cimentada, com propriedades do G2 ou G4 antes da estabilização	3 a 6	2 a 4
C3	Saibro natural, com max dim 63mm	1.5 a 3	1 a 2
C4	Saibro natural, com max dim 63mm	0.75 a 1.5	0.5 a 1

Fonte: TRH14 apud MOPHRH, 2021

De acordo com as especificações da SATCC (1998), as bases compostas por material granular estabilizado com cimento devem apresentar resistência à compressão não confinada aos 7 dias 1,5 – 3,0 MPa, a 100% da densidade AASHTO modificada (ou 1,0 – 1,5 MPa, a 97%, para um teste modificado) e as sub-bases, 0,75 – 1,5 MPa, a 100% de densidade AASHTO modificada (ou 0,5 – 0,75 MPa, a 97% para um teste modificado).

- a. **Solo-cal:** é uma mistura de solo, cal (variando de 5 a 6%) e água e, às vezes, cinza volante, pozolana artificial (chamada fly-ash). O processo de estabilização ocorre por carbonatação ou por pozolanização, que é uma cimentação fraca e forte, respectivamente. A estabilização ocorre também por alteração do solo, quanto à plasticidade e sensibilidade. (Oda & Camargo, 2019; Marques, 2006)
- b. **Solo melhorado com cal:** é uma mistura de solo, cal e água que melhora a textura e a estrutura dos solos, melhorando a plasticidade e a sensibilidade à água e aumentando a resistência mecânica. Este tipo de estabilização não oferece à mistura características acentuadas de resistência e durabilidade. (Oda & Camargo, 2019; Marques, 2006)

Estas duas técnicas também têm mostrado eficiência para os casos de cascalho natural/solos que não satisfazem os requisitos de CBR e/ou de IP, argilas densas / materiais expansivos. (SATCC, 1998)

- c. **Solo-betume:** é uma mistura de solo, água e material asfáltico (emulsão asfáltica). A presença do material betuminoso garante a constância do teor de humidade da compactação na mistura, proporcionando também uma impermeabilização no material. A obturação dos vazios do solo dificulta a acção de água capilar devido à criação de uma película hidrorrepelente que envolve aglomerados de partículas finas. (Oda & Camargo, 2019; Marques, 2006)
Segundo SATCC (1998), esta técnica tem se mostrado eficiente para os casos de cascalho natural/solos que não satisfazem os requisitos de CBR e/ou de IP, materiais sem coesão - areias.
- d. **Solo Estabilizado com Adição de Sais Minerais:** os sais como o cloreto de sódio e o cloreto de cálcio podem ser misturados ao solo com o objectivo de modificar alguns índices físicos, melhorando suas características resistentes. (Marques, 2006)
- e. **Solo Estabilizado com Adição de Resinas:** a resina é adicionada ao solo funcionando como um material ligante. (Marques, 2006)

Segundo Marques (2006), além dos tipos de estabilização acima mencionados, nesses últimos anos, tem surgido uma grande variedade de outros métodos e processos construtivos que visam oferecer ao solo, características de resistência e melhoria de suas qualidades naturais e que podem ser classificadas como Métodos especiais de estabilização. Esses métodos englobam, solos reforçados com Geossintéticos, solo pregado, colunas solo-cal, colunas solo-brita, compactação dinâmica, Jet Grouting, Compaction Grouting, drenos verticais de areia, microestacas, estabilização via fenômenos de condução em solos.

2.1.2.11. Dimensionamento de pavimentos flexíveis

Consiste na determinação das camadas em termos de materiais e espessuras, de modo que essas camadas sejam suficientes para resistir, transmitir e distribuir as tensões das cargas repetidas do tráfego, e suportar deformações e trincas por fadiga consideráveis ou desgaste superficial excessivo.

Segundo Huang (1993), Yoder e Witkzack (1975), Oglosby (1982) e Salter (1986), o dimensionamento de pavimento de estrada requer considerar o grande número de factores que afectam a deterioração dos pavimentos, tais como: carga de tráfego, qualidade dos materiais, resistência do subleito, factores ambientais (temperatura e humidade), vida útil do pavimento, técnicas construtivas e manutenção do pavimento.

2.1.2.11.1. Métodos de dimensionamento

Existem vários métodos de dimensionamento de pavimentos, os quais foram concebidos com base em experiências de campo (modelos empíricos), em teoria elástica considerada adequada para a interpretação do fenómeno (modelos racionais) e alguns com base na associação de modelos empíricos com modelos racionais. Deste modo, os métodos de dimensionamento de pavimentos são divididos em três grupos:

A. Métodos empíricos

Baseiam-se em observações e na experiência acumulada com certos tipos de pavimentos, para certos tipos de materiais de pavimentação e para condições específicas de clima. O dimensionamento de pavimentos usando este método é feito a partir de tabelas, ábacos ou fórmulas que refletem o desempenho observado em alguns pavimentos em serviços não podendo ser generalizadas com confiabilidade para outras condições diferentes das quais foram desenvolvidas e também não consideram danos causados pela fadiga devido a repetição de cargas do tráfego.

São exemplos deste método de dimensionamento (métodos apropriados para uso na região da SADC), DCP Method (1984), SATCC Pavement Design Guide (1997), TRL ORN 31 (1993), TRL/SADC Pavement Design Guide (1999).

B. Métodos mecanicistas

Derivam de estudos laboratoriais do comportamento mecânico do pavimento no qual os materiais são testados de modo a medir as tensões e deformações. Para o dimensionamento do pavimento rodoviário, usa-se a teoria que melhor se ajusta ao cálculo de tensões e deformações em conjunto com os factores de calibração que relatam a resposta mecânica obtida em laboratório para o real comportamento do pavimento. (Chembeze, 2006)

O método Sul-africano de dimensionamento mecanicista (SAMDM – South African Mechanistic Design Method), baseado no modelo de análise linear, e o método de elasto-plástico (S-N Method – Structural Number Method) baseado em modelo de análise não linear, são exemplos de métodos usados na região Austral para dimensionar pavimentos (Chembeze, 2006). Outros exemplos de se destacar são, o método do Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA (USACE) e o método da AASHTO 1993.

C. Métodos Empírico-Mecanísticos

Este método resulta da associação dos modelos racionais e empíricos. As teorias são utilizadas para prever as tensões e deformações provenientes do tráfego e do meio ambiente na estrutura, e procura compatibilizá-las com as tensões resistentes dos materiais. Os modelos matemáticos relacionam as respostas estruturais (tensões, deformações e deflexões) devido às solicitações das cargas do tráfego e à evolução dos defeitos (trincas e deformações plásticas).

De acordo com Chembeze (2006), os métodos S-N Method (1993) e TRH4 (1996) são exemplos do métodos de dimensionamento apropriados para uso na região da SADC.

2.1.2.11.2. Metodologias de dimensionamentos em uso em Moçambique

Em Moçambique, os métodos de dimensionamento de pavimentos Moçambique baseavam-se nas normas portuguesas. Mas com o decorrer do tempo, são aplicadas outras normas como por exemplo as em vigor desde há alguns anos na SADC. Essas normas em vigor na SADC baseiam-se essencialmente em Métodos Empírico-Mecanicistas e Métodos Empíricos. (Chembeze, 2006)

De acordo com De Beer (1997), os métodos de desenho do pavimento asfáltico usados em Moçambique são baseados em metodologias da SATCC são:

- a) O Método Mechanistic Sul-Africano (SAMDM);
- b) O método do Cone Penetrómetro Dinâmico (DCP);
- c) O Método Elasto- Plástico (método SN);
- d) O método de CBR;
- e) O Método do Guião da AASHTO para o projeto de estruturas de pavimentos;
- f) Os catálogos indicados na SATCC [10-15];
- g) Outros métodos de design indicados no TRL.

2.1.2.12. Patologias em pavimentos rodoviários

Os pavimentos que são bem projectados, construídos e mantidos são capazes de oferecer muitos anos de serviço. No entanto, irá ocorrer deterioração durante a vida útil do pavimento ou quando o pavimento estiver sujeito a condições adversas. Essa deterioração pode levar a uma variedade de problemas no pavimento, podendo afectar a capacidade de manutenção da estrada e/ou a segurança do utilizador da estrada, e levar à danificação do pavimento se não for reparado. (MOPHRH, 2021)

2.1.2.12.1. Classificação de defeitos em pavimentos flexíveis

Na Figura 7 é apresentado o diagrama de classificação dos principais defeitos em pavimentos flexíveis, dividido em três grupos: Deformações, Fendilhamento e Defeitos de superfície.



Figura 7: Defeitos em pavimentos asfaltados - Fonte: MOPHRH (2021)

A seguir são apresentadas tabelas resumidas dos principais defeitos que podem ser encontradas em pavimentos rodoviários flexíveis.

Tabela 11: Defeitos, causas e intervenções dos defeitos superficiais

Defeitos de superfície		
Defeito	Causas	Intervenções
<p>Desagregação superficial - Resulta do arrancamento progressivo do agregado do pavimento e/ou da argamassa fina do revestimento asfáltico, caracterizado por aspereza superficial do revestimento, com perda do envolvimento betuminoso e é provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da ligação existente entre o agregado e o ligante devido à oxidação do ligante e pela acção combinada do tráfego e das adversidades climáticas; • Perda de adesividade entre agregado e ligante devido à presença de poeira ou sujidade no momento da construção; • Execução da obra em condições meteorológicas desfavoráveis; • Presença de água no interior do revestimento que originam sobrepressões hidrostáticas capazes de provocar o descolamento da película betuminosa; • Deficiência localizada de ligante asfáltico nos serviços por penetração decorrente de entupimento dos bicos ou má afinação da barra espargidora. 	<ul style="list-style-type: none"> • Execução de uma nova capa selante (pintura de rejuvenescimento, tratamento superficial ou lama asfáltica), microrrevestimentos.
<p>Desgaste e polimento dos agregados do revestimento - É o empobrecimento progressivo das características ligantes do material betuminoso e o polimento, pelo tráfego, dos agregados do revestimento da camada de rolamento e também a perda de finos do revestimento, tornando a superfície de rolamento escorregadia, quando molhada e com impregnação de óleo derramado pelo próprio tráfego.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resistência inadequada do agregado seleccionado ao polimento; • Acção dos pneus sobre a capa, ao longo do tempo; • Envelhecimento do revestimento (oxidação do ligante). 	<ul style="list-style-type: none"> • Execução de uma nova capa selante (pintura de rejuvenescimento, tratamento superficial ou lama asfáltica), microrrevestimentos.
<p>Decapagem ou descasque - É a perda localizada do revestimento resultante do desprendimento de pedaços à volta de fissuras.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de aderência entre o revestimento e a camada subjacente que pode ser causada por uma má preparação da superfície de ligação traduzida por presença de sujidade, excesso de humidade ou falhas na rega de colagem. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reposição do revestimento com massas asfálticas.

Buracos - São cavidades resultantes da desintegração local, sob acção do tráfego e da água.

- Pequeno defeito que piora com a infiltração de água no material da base;
- Perda de superfície devido a outros defeitos (por exemplo, desgaste, decapagem, fissuras e/ou laminação);
- Material da base inapropriado;
- Desintegração da base associada à carga;
- Adesão e recolhimento de aglutinantes nos pneus dos veículos;
- Subida de água pela acção do tráfego (bombeamento).

- Execução de remendos com massas asfálticas (a quente ou a frio);
- Reconstrução localizada das camadas comprometidas e melhoria da drenagem.

Exsudação - É o excesso de material betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento.

- Excesso de ligante;
- Ligante inadequado;
- Penetração do agregado numa base suave;
- Quebra do agregado;
- Classificação inadequada do asfalto;
- Design de tipo ou mistura;
- Reacção do revestimento superficial antigo;
- Asfalto/revestimento colocado antes dos voláteis do primário terem evaporado;
- Má penetração do primário na base granular;
- Derrames de óleo e combustível.

- Espalhamento de areia seca com cal hidratada ou de pó de pedra sobre as manchas de exsudação. Esta é uma medida correctiva temporária;
- Remoção com jacto de água;
- Tratamento com um solvente e adição de agregado;
- Sobreposição de uma camada de asfalto.

Falhas nas arestas - São quebras do revestimento nas bordas da estrada.

- Manutenção deficiente da berma, que deixa a superfície do pavimento da estrada mais alta do que a berma adjacente.

- Tratamento e recarga da berma para controlo da erosão;
- Reposição da aresta com material adequado à largura afectada.

Remendos - É o preenchimento de orifício ou de qualquer depressão com massa asfáltica. São considerados defeitos quando provocam desconforto.

- Solicitação intensa do tráfego;
- Emprego de material de má qualidade;
- Agressividade das condições ambientais;
- Problemas no processo construtivo.

- Preparação da superfície, removendo o excesso ou limpando as depressões. Aplicar tratamento semelhante aos remendos.

Passagem de serviços - São cortes no pavimento para dar lugar à passagem de serviços, como a rede de abastecimento de águas, telefone e electricidade.

- Reposição do pavimento em cortes longos, de elevação e/ou de depressão, causando desconforto aos utentes.

- Utiliza-se o mesmo tratamento que se dá aos remendos defeituosos.

Tabela 12: Defeitos, causas e intervenções dos defeitos por deformações

Defeitos caracterizados por deformações		
Defeitos	Causas	Intervenções
<p>Corrugações/ Ondulações - São deformações caracterizada por ondulações ou corrugações transversais de carácter plástico e permanente na superfície do pavimento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Instabilidade da mistura betuminosa da camada de revestimento e/ou da base de um pavimento; • Excesso de humidade das camadas subjacentes; • Contaminação da mistura asfáltica por materiais estranhos; • Retenção de água na mistura asfáltica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Remover e substituir qualquer material instável antes de aplicar o tratamento; • Betão asfáltico, revestimento superficial ou massas frias; • Revestir a berma para reduzir a entrada de humidade; • Microbetões asfálticos + geotêxtil selante; • Estabilização in situ; • Remendos pesados; • Reconstrução.
<p>Rodeiras resultantes de afundamentos por consolidação - É uma depressão do revestimento, resultado de uma acumulação de deformações verticais não recuperáveis nas camadas do pavimento e fundação.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Compactação insuficiente de uma ou mais camadas durante a construção; • Mistura asfáltica inadequada (com baixa estabilidade); • Enfraquecimento de uma ou mais camadas devido à infiltração de água. 	<p>Depressão de até mais ou menos 5 cm recomenda-se:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Remendo da capa e acerto das bermas; • Aplicação de asfalto fino; • Aplicação de um microrrevestimentos. Para deformações maiores, recomenda-se: • Reconstrução localizada do pavimento, acerto ou reconstrução das bermas e/ou faixas de segurança;E • estabilização in situ; • Reciclagem do asfalto in situ; • Melhoria das condições de drenagem do pavimento e da berma.
<p>Rodeiras resultantes de afundamentos plásticos - É resultado de uma falha por cisalhamento, tanto nas camadas de pavimento granulares, como nas camadas betuminosas do pavimento, resultando em</p>	<ul style="list-style-type: none"> • A ruptura de uma ou mais camadas do pavimento devido à acção das cargas de tráfego; • Compactação deficiente, permitindo o assentamento do material; • Drenagem inadequada; • Qualidade inadequada do material; 	<ul style="list-style-type: none"> • Podem aplicar-se os mesmos procedimentos que para as rodeiras resultantes de afundamentos por consolidação.

<p>deslocamentos do material superficial para a borda do pavimento da estrada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fluência plástica do revestimento asfáltico devido a altas temperaturas em conjugação com o tráfego; • Instabilidade do aterro. 	
<p>Depressões/ Elevações - São afundamentos localizados, cujo nível (ou altura) é mais baixo do que a superfície ao seu redor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Deficiências nos processos construtivos, ou geradas por assentamento do terreno de fundação, ou do material de aterro, movimento diferencial nas estruturas, particularmente nos aquedutos, e presença de raízes no subsolo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estabilização in situ; • Remendos acentuados; • Melhoria da drenagem; • Revestimento da berma para reduzir a entrada de humidade; • Asfalto, revestimento superficial ou massas frias; • Reconstrução / remoção e substituição da secção.
<p>Escorregamento em massa - São deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ligação inadequada entre o revestimento e a camada sobre a qual este se apoia (deficiências na impregnação ou rega de colagem); • Inércia limitada do revestimento asfáltico devido à pequena espessura; • Compactação deficiente das misturas asfálticas ou da porção superior da camada de base; • Fluência plástica do revestimento na ocorrência de temperaturas elevadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reciclagem do asfalto in situ; • Fresagem e substituição de material defeituoso; • Revestimento da berma (se for devido a berma não revestida); • Melhoria de drenagem; • Aplicação de camada de sobreposição de asfalto ou revestimento superficial; • Estabilização in situ; • Remendos acentuados; • Reconstrução.

Tabela 13: Defeitos, causas e intervenções dos defeitos por fendilhação

Defeitos caracterizados por fendilhação

Defeitos	Causas	Intervenções
<p>Fissuras do tipo pele de crocodilo - É o conjunto de fissuras interligadas sem um padrão geométrico, assemelhando-se ao aspecto de couro de crocodilo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Espessura inadequada do pavimento / projecto estrutural; • Fadiga do revestimento asfáltico; • Acção repetida das cargas de tráfego; • Defeitos de construção; • Material da base de baixa qualidade; • Base ou superfície que se torna quebradiça; • Perda de suporte nas camadas inferiores devido à má drenagem. 	<p>Se ocorrer conjuntamente com rodeiras ou deformações:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reconstrução / remoção e substituição do pavimento; <p>Se não houver nenhuma deformação associada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fechamento das fissuras; • Membrana de alívio à tensão (SAM) ou reforço selante;

<p>Fissuras em bloco - É o conjunto de trincas interligadas com alguma regularidade geométrica, caracterizadas pela configuração de blocos.</p> <p>Fissuras longitudinais - São fissuras paralelas ao eixo da via, podendo ocorrer entre duas faixas de execução do revestimento.</p> <p>Fissuras transversais - São fissuras perpendiculares ao eixo da via e podem ocorrer ao longo de qualquer parte da superfície do pavimento.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Contração do material de revestimento, em função da alternância diária entre temperaturas altas e baixas. Também pode ocorrer quando houver a união de fissuras transversais e longitudinais, em revestimentos executados sobre bases cimentadas. • Junta de construção mal feita; • Contração/dilatação do revestimento devido ao gradiente térmico ou envelhecimento do asfalto; • Propagação das fissuras existentes nas camadas subjacentes, como por exemplo das bases tratadas com cimento ou juntas de revestimentos rígidos (fissuras por reflexão). • Contração/dilatação do revestimento devido ao gradiente térmico ou envelhecimento do asfalto; • Propagação das fissuras existentes nas camadas subjacentes, como por exemplo das bases tratadas com cimento ou juntas de revestimentos rígidos (fissuras por reflexão); • Fissuras de cima para baixo; • Humidade na estrutura do pavimento; • Assentamento de serviços subterrâneos; • Intrusão das raízes das árvores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reforço em revestimento superficial; • Sobreposição ultrafina; • Remendos acentuados; • Membrana de alívio de tensões nas camadas intermediárias (SAMI) ou geotêxtil impermeabilizante + tapete de asfalto; • Fresagem + tapete asfáltico fino; • Reciclagem de asfalto in situ. • Podem aplicar-se os mesmos procedimentos que para as fissuras do tipo pele de crocodilo. • Fechamento das fissuras; • Para casos muito acentuados, podem ser aplicadas as soluções de reparação das fissuras de pele de crocodilo. • Fechamento das fissuras; • Para casos muito acentuados, podem ser aplicadas as soluções de reparação das fissuras de pele de crocodilo.
--	--	---

2.1.3. Manutenção de estradas pavimentadas

De acordo com F. Gonçalves citado por MOPHRH (2021), a manutenção de um pavimento compreende intervenções que afectem, directa ou indirectamente, o nível de serventia actual e/ou o desempenho futuro do pavimento. Os trabalhos de manutenção de um pavimento visam estender ao máximo a vida útil de do pavimento, até que sejam necessárias obras de recuperação materializadas por resselagem ou reconstruções. (MOPHRH, 2021)

A manutenção de estradas dividem-se nas seguintes categorias:

Manutenção de rotina – São operações de conservação realizadas regularmente com objectivo de reparar um defeito e restabelecer o funcionamento da componente da estrada, garantindo conforto e segurança aos usuários. (MOPHRH, 2021).

Manutenção periódica – É o conjunto de operações de conservação realizadas periodicamente, com o objectivo de evitar o surgimento ou o agravamento de defeitos, reduzindo os requisitos de uma intervenção mais substancial (MOPHRH, 2021).

Manutenção melhorada – São intervenções levadas a cabo com vista a reduzir as necessidades de manutenção. São incluídos nesta categoria, a melhoria da drenagem, o que permite melhor desempenho da estrada e adiar a sua degradação. (ANE, IP, 2015)

Manutenção de emergência – São intervenções imediatamente realizadas resultantes de problemas inesperados, como, limpeza da via após queda de rochas (ANE, IP, 2015). Resultam de acidentes, tempestades, grandes chuvas e outras calamidades naturais.

Reabilitação – São actividades em que é necessário efectuar um reforço estrutural e inclui recarga. (ANE, IP, 2015)

Reconstrução – neste tipo de manutenção, há a necessidade de pelo menos uma camada do pavimento ser novamente processada. (ANE, IP, 2015)

Melhoria – em que é necessário efectuar um reforço e alguma alteração do traçado. (ANE, IP, 2015)

2.1.4. Drenagem de água pluvial em pavimentos rodoviarios

De acordo com a ANE, IP (2015), a drenagem é um dos aspectos mais importantes da construção de estradas. A drenagem tem um papel fundamental no desempenho da

estrutura do pavimento, sendo um dos indicadores principais para a definição do nível de serviço de determinado pavimento.

2.1.4.1. Tipos de drenagem de água pluvial

Para ANE, IP (2015), a drenagem de uma estrada pode ser realizada de duas formas:

- **Drenagem superficial** – é aquela em que o escoamento das águas pluviais se dá com a superfície livre (a água tem a superfície em contacto com a atmosfera).
- **Drenagem subterrânea** – resulta do caudal de um lençol de água e de caudais subterrâneos.

Para MOPHRH (2021), além dos tipos de drenagem acima citados, existem também:

- **Drenagem transversal** – são responsáveis pela manutenção de condições de escoamento dos cursos de água atravessados pela via. Incluem-se dispositivos de drenagem transversal, pontes, pontões, aquedutos e passagens molhadas.
- **Bacias de retenção** – são uma espécie de lago que servem para reduzir o pico do escoamento para um nível de escoamento com a capacidade do meio receptor.

Para ANE, IP (2015), o dimensionamento da estrutura de drenagem depende da quantidade de água que se destina a acomodar. Esta depende da chuvada de projecto, que por sua vez depende do nível de segurança a ser empregue para cada estrutura.

O cálculo de caudal de água para todas essas situações situa-se dentro do âmbito da hidrologia. Segundo ANE, IP (2015), os métodos mais utilizados para o cálculo do caudal máximo num curso de água são:

1. **Método de observação directa:** útil nos casos em que não existem dados ou quando não estão rapidamente disponíveis. Neste caso, os residentes locais poderão oferecer informações úteis acerca do historial dos níveis de caudal observados durante a ocorrência de determinadas cheias.
2. **Método racional:** em que o caudal de água num canal, q , é calculado com base na seguinte equação:

$$q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Onde:

C = Coeficiente de escoamentos;

I = Intensidade da precipitação (mm/hora)

$$A = \text{Área da bacia (km}^2\text{)}$$

O coeficiente do escoamento, C, representa os factores mais significativos que influenciam o escoamento superficial. O seu valor depende da utilização ou cobertura do solo, permeabilidade do solo e inclinação média do terreno.

Tabela 14: Coeficiente de escoamento, C, do método racional

Inclinação média do terreno	Permeabilidade do solo			
	Muito baixa (rochas e argilas duras)	Baixa (argila siltosa)	Média (areia siltosa)	Elevada (areia e cascalho)
Plano 0-1%	0,55	0,40	0,20	0,05
Pouco inclinado 1-4%	0,75	0,55	0,35	0,20
Inclinado 4-10%	0,85	0,65	0,45	0,30
Muito inclinado > 10%	0,95	0,75	0,55	0,40

Fonte: ANE, 2015

A intensidade de precipitação é determinada, recorrendo às curvas de Intensidade-Duração-Frequência (I-D-F) que fornecem os valores das intensidades médias máximas de precipitação para várias durações e diferentes períodos de retorno. As durações a considerar são as equivalentes ao tempo de concentração, que é a soma do tempo inicial com o tempo de percurso.

Expressão analítica das curvas I-D-F para Maputo/ Matola:

$$I(\text{mm/h}) = a \times t(\text{min})^b$$

Onde:

T – período de retorno (anos)

I – intensidade da precipitação (mm/h)

a, b – parâmetros adimensionais, definidos em função do período de retorno

t – duração (min)

Os parâmetros a, b para as curvas I-D-F de Maputo e Matola são definidas na Tabela 15, em função do período de retorno (T).

Tabela 15: Parâmetros a, b para as curvas I-D-F de Maputo e Matola

T (anos)	2	5	10	20	25	50
a	534.0468	694.504	797.3841	896.5751	930.8815	1026.694
b	-0.6075	-0.59383	-0.5869	-0.58197	-0.58119	-0.57749

Fonte: MOPHRH, 2021

O período de retorno é o intervalo de tempo, geralmente em anos, que decorre em média, para que um determinado evento aleatório seja igualado ou excedido. A escolha e

justificação de um determinado período de retorno, está ligada a uma análise de economia e de segurança da obra. (MOPHRH, 2021)

De acordo com DNIT-IPR-715 citado por MOPHRH (2021), o período de retorno está associado ao risco de ruptura de uma obra (Probabilidade de ocorrer uma descarga de projecto). A probabilidade J de ocorrer uma descarga de projecto com tempo de retorno T (em anos) dentro da vida útil da obra, fixada em n (anos), é dado pela expressão:

$$J = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

A Figura 8 ilustra as relações entre probabilidade de risco, tempo de retorno e vida útil.

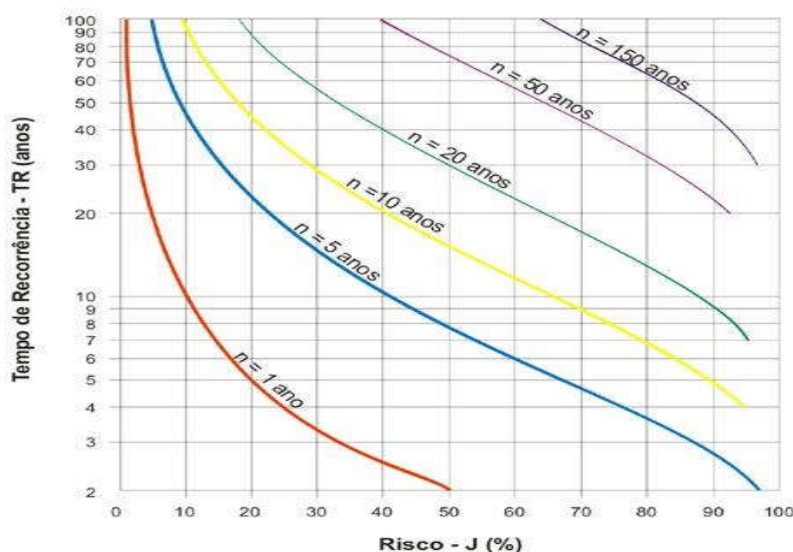


Figura 8: Relação entre risco, período de retorno e vida útil de uma obra – Fonte: DNIT apud MOPHRH, 2021

Cálculo do tempo de concentração

- a) **Fórmula de KIRPICH** – desenvolvida para bacias com áreas de drenagem menores que $0,8 \text{ km}^2$ e declividades entre 3% e 10%:

$$T_c = 0,95 \cdot \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$$

- b) **Fórmula de KIRPICH modificada**: desenvolvida para bacias com áreas de drenagem maiores que 1 km^2 :

$$T_c = 1,42 \cdot \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$$

Onde:

T_c – tempo de concentração, em horas

L – comprimento do curso de água, em km

H – desnível máximo, em m

c) **Fórmula de Ventura** – aceitável para qualquer tamanho de bacia:

$$T_c = 0,127 \cdot \sqrt{\frac{A}{I}}$$

d) **Fórmula de PASSINI** – aplicável a bacias de qualquer tamanho:

$$T_c = \frac{0,107 \cdot \sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{I}}$$

Em relação aos aspectos hidráulicos, tendo em conta a informação do perfil topográfico, pode-se determinar a velocidade média de escoamento a partir da equação de Manning:

$$v = \frac{(R^{2/3} \cdot j^{1/2})}{n}$$

Em que:

V – velocidade média, m/s

$R = \frac{A}{P}$ – raio hidráulico, m (igual a A/P)

A – área do perfil transversal de escoamento, m²

P – perímetro hidráulico, m

j – inclinação da linha de água, m/m

n – coeficiente de rugosidade de Manning

3. APRESENTAÇÃO DA INSTITUIÇÃO DE ESTÁGIO

3.1. Administração Nacional de Estradas



Figura 9: Logotipo da instituição ANE, IP

A Administração Nacional de Estradas, IP, abreviamente designado por ANE, IP é um instituto público com poderes gerais de autoridade de estradas em todo território nacional, dotado de personalidade jurídica e autonomia administrativa.

Objectivos

A ANE, IP tem como objectivos:

- a) Assegurar a implementação das políticas do Governo sobre conservação e desenvolvimento das estradas públicas;
- b) Assegurar um tratamento unificado, eficaz e eficiente das questões inerentes aos diferentes tipos de estradas do País por forma garantir o seu desenvolvimento equilibrado e harmonioso;
- c) Promover e assegurar a participação crescente dos utentes e dos diversos organismos interessados na gestão das estradas

Missão

A ANE, IP, tem como missão garantir a ligação e circulação rodoviária de pessoas, bens e serviços de forma segura, económica e sustentável contribuindo para o desenvolvimento económico, social e cultural.

Visão

A ANE, IP, tem como visão ter uma rede de estradas de boa qualidade e segura, com alto nível de satisfação dos utentes, tornando-se uma referência na África Austral.

Princípios e Valores

- Ética;
- Foco em resultados;

- Responsabilidade social;
- Transparência;
- Valorização do pessoal;
- Inovação;
- Espírito de equipa;
- Compromisso;
- Honestidade;
- Dinamismo;
- Cordialidade;
- Pluralismo.

A ANE é responsável pela gestão da rede de estradas classificadas de todo o país, num total de 30.616 km, e tem a sua sede na cidade de Maputo.

3.1.1. Administração Nacional de Estradas - Delegação de Maputo

Delegação é que representa a ANE, IP a nível local. A dimensão, estrutura, organização e funcionamento deste órgão são definidos no Regulamento Interno da Administração Nacional de Estradas, IP (Diploma Ministerial n.º 49/2020). A Delegação de Maputo localiza-se na província de Maputo e representa a ANE, IP na província de Maputo.

Funções da Delegação

Na área sob sua jurisdição (Maputo), em termos de principais funções, destacam-se:

- a) Supervisionar os trabalhos e serviços de construção, reabilitação, manutenção e fiscalização da rede de estradas nacionais de gestão central;
- b) Implementar programas de manutenção da rede de estradas nacionais;
- c) Acompanhar e monitorar os projectos de construção e reabilitação de estradas nacionais;
- d) Efectuar a contagem de tráfego rodoviário e controlo de carga;
- e) Actualizar o cadastro das estradas nacionais com a indicação do respectivo estado de conservação;
- f) Assegurar o cadastro de estradas terciárias, vicinais e não classificadas, através dos respectivos órgãos de gestão;
- g) Gerir os fundos alocados para a manutenção da rede de estradas nacionais;

- h) Assessorar os Órgãos de Governação Descentralizada e Autarquias Locais em matérias técnicas inerentes a estradas e pontes sob a respectiva gestão;
- i) Outras funções sob autorização do Director-Geral.

3.1.2. Estrutura Organizacional da ANE, IP

O sistema orgânico da ANE é constituído por Conselho de Administração, Conselho de Direção e Fiscal Único. A instituição é dirigida por um Director Geral, baseado na sede, e a nível local é representada por Delegações.

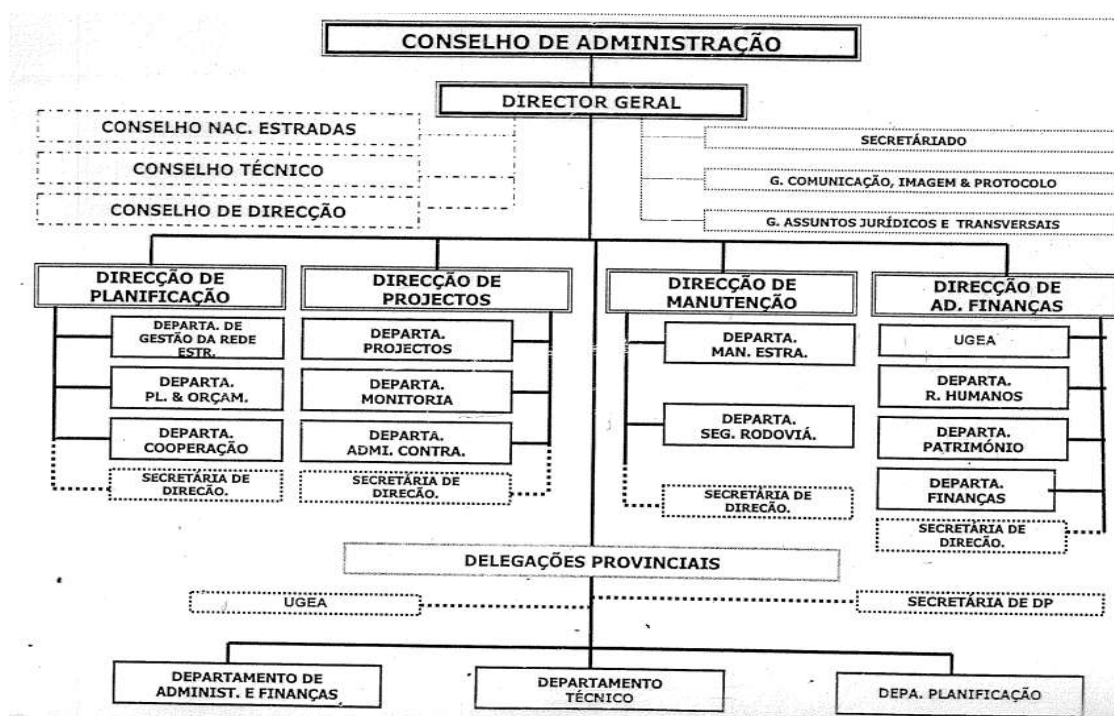


Figura 10: Organograma da ANE, IP.

3.1.2.1. Área de afectação do estudante

Durante o estágio, o estudante esteve afecto no sector de estradas, tendo sido integrado no Departamento de Planificação da Delegação Provincial de Maputo da ANE, IP. Destacam-se no Departamento de Planificação as seguintes funções:

- a) Coordenar os processos de planificação e de orçamentação de acções de construção, reabilitação e manutenção de estradas;
- b) Recolher e processar dados estatísticos sobre estradas, pontes, tráfego rodoviário e informações socioeconómicas;
- c) Divulgar informação técnica sobre procedimentos, normas, projectos-tipo e inovações;
- d) Manter actualizado o cadastro de estradas;

- e) Propor intervenções para promover o desenvolvimento da rede de estradas;
- f) Monitorar a execução das actividades planificadas;
- g) Produzir mapas de informações de estradas;
- h) Coordenar com os órgãos de governação descentralizada e autarquias na elaboração dos seus planos e orçamentos sobre estradas e pontes, e prestar a assessoria técnica que lhe for solicitada;
- i) Participar no processo de actualização das normas, desenhos e documentos de concurso.

3.1.2.2. Plano de actividades do estágio

O plano de actividades surgiu durante a realização do estágio na instituição, no qual o estudante teve a oportunidade de acompanhar as actividades realizadas na obra de manutenção periódica da estrada R807. O plano de estágio consistia no seguinte:

- Auxílio na coordenação dos processos de planificação e de orçamentação de acções reabilitação e manutenção de estradas;
- Acompanhamento das intervenções de manutenção da obra da estrada R807, Coca-Cola/ Matola-Gare realizados pelo empreiteiro contratado;
- Monitoramento da execução das actividades planificadas, de acordo com o contrato celebrado pelo cliente (ANE, IP – Delegação de Maputo) e pelo empreiteiro;
- Monitoramento e verificação das dimensões do pavimento e do sistema de drenagem previstos durante as intervenções de manutenção;
- Supervisão, análise e controle de qualidade do material empregue no pavimento e no sistema de drenagem, em conformidade com as normas de execução e especificações do contrato.

Actividades acompanhadas

Durante o período de estágio, foram acompanhadas as seguintes actividades:

I. Actividades da série de preliminares:

- Mobilização da obra;
- Implantação da obra;
- Aprovisionamento e manutenção de desvios provisórios para a acomodação do tráfego.

II. Actividades da série de drenagem:

- Construção de vala triangular e vala rectangular em betão armado;
- Construção de passagens molhadas;
- Construção de dreno subterrâneo (Dreno de inerte).

III. Actividades da série de movimento de terra:

- Construção da camada de base de pavimento em solos estabilizados quimicamente.

IV. Actividades da série de pavimento asfaltado e revestimento

- Escarificação do pavimento betuminoso existente;
- Rega de impregnação co MC-30;
- Rega de Colagem com SS60;
- Construção de pavimento betuminoso em betão betuminoso com espessura predefinida.

V. Actividades da série de ensaios e controle de qualidade

- Ensaios de betão

Actividades não acompanhadas

- Levantamentos topográficos;
- Ensaios de qualidade dos solos utilizados nas camadas de base e sub-base;
- Ensaio do material betuminos.

4. APRESENTAÇÃO DO CASO DE ESTUDO

4.1. Composição da equipe de trabalho envolvidas

A equipe de trabalho envolvida nas actividades de construção de valas e manutenção da estrada é composta por:

- Dono da obra (Entidade contratante): ANE, IP – Delegação Provincial De Maputo;
- Fiscalização: INGÉROP;
- Empreiteiro (Contratada): MOTA-ENGIL ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO ÁFRICA SA;
- Subempreiteiro: Grupo JJR.

4.2. Localização da estrada em estudo

A estrada em estudo localiza-se totalmente na cidade da Matola, distrito do mesmo nome, província de Maputo – Moçambique, e estende-se a partir do cruzamento entre Av. Eduardo Mondlane e Av. Josina Machel até a Estação de Comboio da Matola-Gare, e tem uma extensão total de 12,5 km.

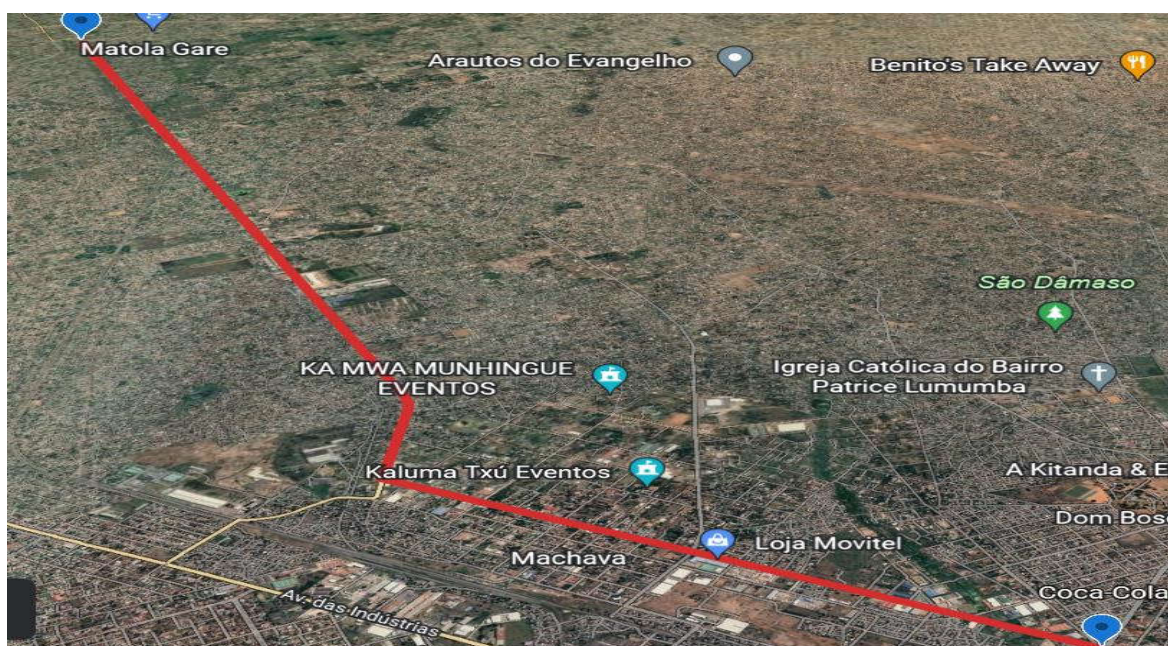


Figura 11: Localização da estrada – Fonte: Google Earth Pro

De acordo com a INE (2013), a Cidade da Matola é um distrito que faz limite no norte com o distrito da Moamba, no sul, com a Cidade de Maputo e distrito de Boane, no este limita-se com o distrito de Marracuene e também com a Cidade de Maputo e por fim no oeste faz limite com o distrito de Boane.

O distrito apresenta uma superfície de 367 km² e uma população recenseada em 2012 de 827.475 habitantes, com uma densidade populacional de 2.252,2 habitantes/km² e conta com uma taxa de crescimento populacional, segundo os dados estatísticos populacionais de 2007 a 2013, de 4,1%. De acordo com a classificação de Köppen e Geiger, trata-se de uma zona com clima tropical semi-árido quente, com a temperatura média anual de 23,4°C, precipitação média mensal de 52,7 mm e com solos predominantemente arenosos. INE (2013)

4.2.1. Classificação da estrada

A estrada em estudo serve como alternativa para ligação com o distrito de Moamba zona de produção Agrícola e produção de inertes para as cidades da Matola e Maputo. A estrada permite a comunicação entre o posto administrativo de Pessene e a capital provincial Matola, estabelece a ligação entre a estrada regional R409 e a estrada nacional N2. Além disso, a estrada constitui um dos corredores de desenvolvimento interurbano, porque permite a ligação entre os diversos bairros da cidade da Matola.

Segundo as normas Moçambicanas de Classificação de estradas lideradas pela ANE, IP, trata-se de uma estrada classificada e pavimentada, pertencendo a classe de Estradas Vicinais e com o sistema de numeração R807.

4.3. Caracterização da estrada em estudo

Trata-se do trecho de uma estrada com extensão total de 12,5 km, duas faixas de rodagem medindo 4 m de largura em cada faixa, apresentando acostamento em alguns trechos e, tem estruturas de drenagem em algumas áreas pontuais, e noutras áreas não existem. A estrada é utilizada por veículos ligeiros e pesados, para o transporte de mercadoria e de passageiros, e tratores com ou sem reboque e tem mais de 10 anos de existência.

Para a realização do presente trabalho, foram escolhidos três (3) trechos da rodovia, antiga fábrica da Coca-Cola (km 0+083 a km 0+216), Mafurreira (km 2+900 a km 3+300) e Socimol/ MEREC (km 5+800 a km 6+000), os quais sofreram intervenções de manutenção do pavimento e construção de estruturas de drenagem para melhorar as condições de drenagem e transitabilidade da via, devido ao estado grave de degradação em que se encontravam.

Na Figura 12 abaixo é apresentada uma imagem de satélite dos pontos da estrada na qual foram feitos os estudos.

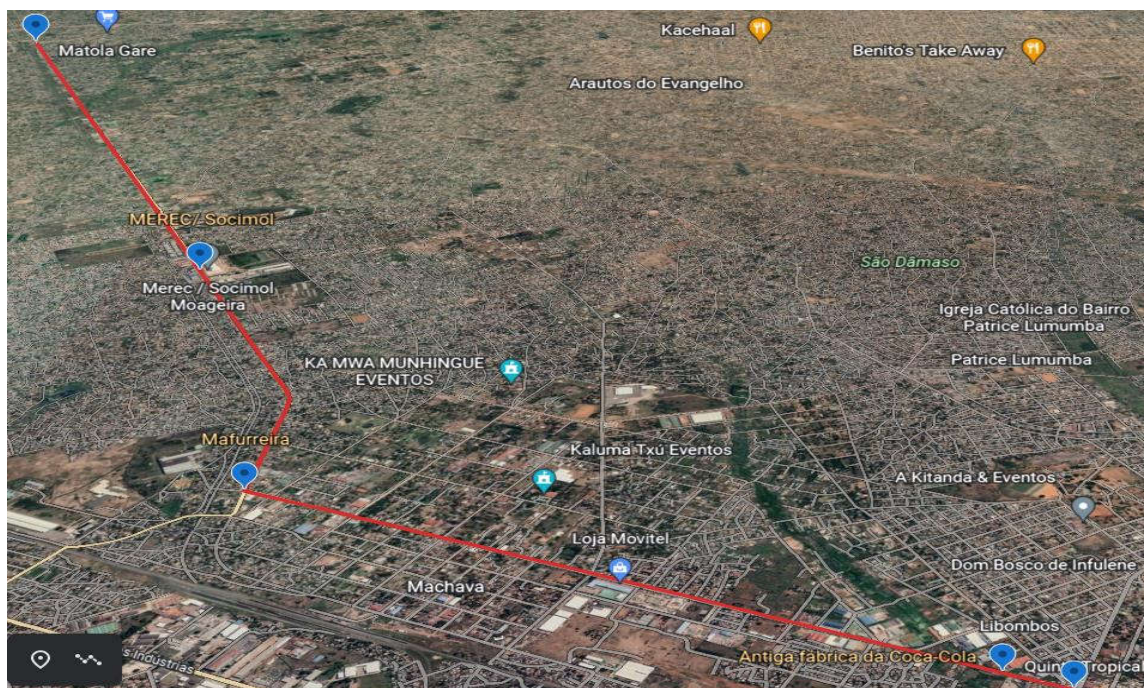


Figura 12: Estrada R807 e pontos de estudo – Fonte: Google Earth Pro

4.3.1. Levantamentos topográficos

Para representar a linha original do terreno e a configuração da extensão da estrada com maior precisão possível foi necessário fazer um levantamento topográfico detalhado. O levantamento topográfico realizado foi utilizado para projectar e implantar o sistema de drenagem das águas pluviais e quantificar os volumes de materiais granulares utilizados durante o estágio de construção.

Pretendia-se com os levantamentos topográficos determinar os detalhes da estrada existente, tais como, cotas da secção revestida e não revestida da estrada e das estruturas de drenagem existentes, assim como o levantamento de infraestruturas existentes ao longo da via, tais como, linhas de transmissão de energia eléctrica, condutas de água e de gás, e infraestruturas sociais existentes nas proximidades da estrada que podem interferir durante a fase da execução.

Com os trabalhos de levantamentos realizados, prossegue-se a:

- ✓ Determinação da localização das estruturas de drenagem;
- ✓ Melhoramento do alinhamento do traçado da estrada existente;
- ✓ Estabelecimento de marcos de controlo para servirem de pontos de referência.

4.3.1.1. Etapas do levantamento topográfico

Em geral, num levantamento topográfico são considerados as seguintes etapas:

1. Reconhecimento do terreno;
2. Estabelecimento da poligonal de apoio;
3. Nivelamento e contranivelamento dos marcos;
4. Levantamentos detalhados;
5. Processamento de dados;
6. Produção de mapas topográficos;
7. Produção de perfis longitudinais e transversais;
8. Desenhos topográficos.

A equipe responsável pelos levantamentos topográficos da estrada foi mobilizada para a realização das actividades no mês de Outubro. Os levantamentos foram realizados com o auxílio do equipamento topográfico GPS Prexiso G5 composto por dois kits receptores de navegação por satélite, receptor Base (que faz o transporte de coordenadas e processa os dados do receptor rover) e receptores Rover (que faz a colecta de dados brutos para a posterior processamento), e uma colectora (que faz a alocação de pontos). Durante os trabalhos, foi necessário estabelecer uma poligonal de apoio, em cujos vértices foram implantados marcos (pontos de apoio). Estes pontos foram implantados por meio de um GPS de precisão, amarrados à rede geodésica nacional (sistema de coordenadas GS84 - UTM 36 Zone Sul). Os marcos foram implantados a uma distância compreendida entre 300m e 400m entre si. A partir dos marcos da diagonal de apoio, procedeu-se ao levantamento com o GPS de detalhes importantes da estrada, tais como, o eixo da estrada, as bermas, os bordos e os aquedutos. O processamento dos dados de levantamento são depois processados em aplicativos CAD produzindo um modelo digital do terreno, a partir do qual é produzido o relevo do terreno. Os resultados dos levantamentos topográficos da plataforma da estrada fornecidos após o processamento apresentam resultados representados em pontos cotados, em que a piquetagem da directiz da estrada é de 10 m.

No Anexo A é apresentado os resultados dos levantamentos topográficos realizados representados em pontos cotados em todo troço da estrada.

4.3.2. Inspeção visual

A identificação dos danos e patologias da estrada em estudo foi realizada por meio de pesquisa de campo, com visitas dos trechos da estrada os quais sofreram intervenção de manutenção. As visitas foram feitas com o auxílio dos transportes públicos e algumas

vezes, com transportes das instituições que compõem a equipe de trabalho para a locomoção nos trechos delimitados e, os danos e as patologias identificadas visualmente foram registados em forma de imagens com o auxílio de câmara fotográfica. As visitas ao campo para o levantamento visual e registo fotográfico decorreram durante os meses de Novembro e Dezembro do ano de dois mil e vinte e dois, onde foram colectados os dados nos trechos percorridos da estrada.

Os trechos delimitados para o estudo foram escolhidos tendo em conta o plano de acção definido pela equipe de trabalho. O plano de acção foi decidido com base na severidade que os trechos da estrada apresentavam. Os trechos em estudo apresentavam danos graves e problemas críticos que condicionam significativamente a transitabilidade, a comodidade e a segurança dos utentes, sendo uma via na qual o tráfego é frequente.

A seguir são apresentados os principais problemas e defeitos que os pavimentos dos trechos da estrada escolhidos para o estudo possuíam e os possíveis mecanismos de ocorrência baseadas em fundamentos teóricos apresentados em manuais e normas utilizadas em Moçambique.

Identificação dos principais defeitos/ patologias presentes no pavimento em estudo

Durante a visita ao local das obras, foram feitos levantamentos fotográficos dos principais defeitos nos trechos da estrada em análise, sendo de destacar, buracos, desgaste e polimento dos agregados do revestimento, falhas nas arestas, fissuras do tipo pele de crocodilo e fissuras longitudinais.

4.3.2.1. Painelas ou buracos

Esta patologia surge muitas vezes em resultado do agravamento de outras patologias. O defeito afecta a parte funcional da estrada, causando insegurança aos utentes e pode ser considerado um defeito crítico, pois pode afectar a estrutura do pavimento.

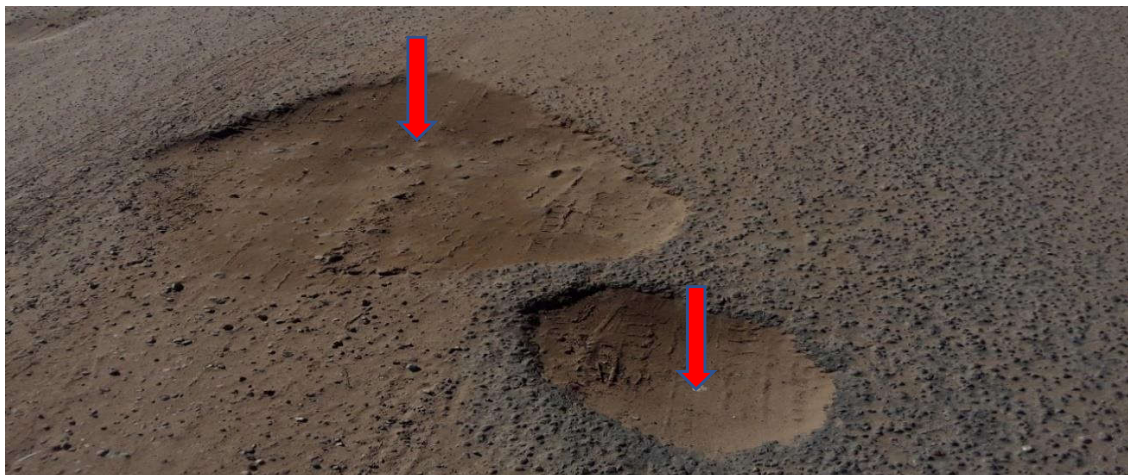


Figura 13: Patologia tipo panela ou buraco (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Socimol/MEREC) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

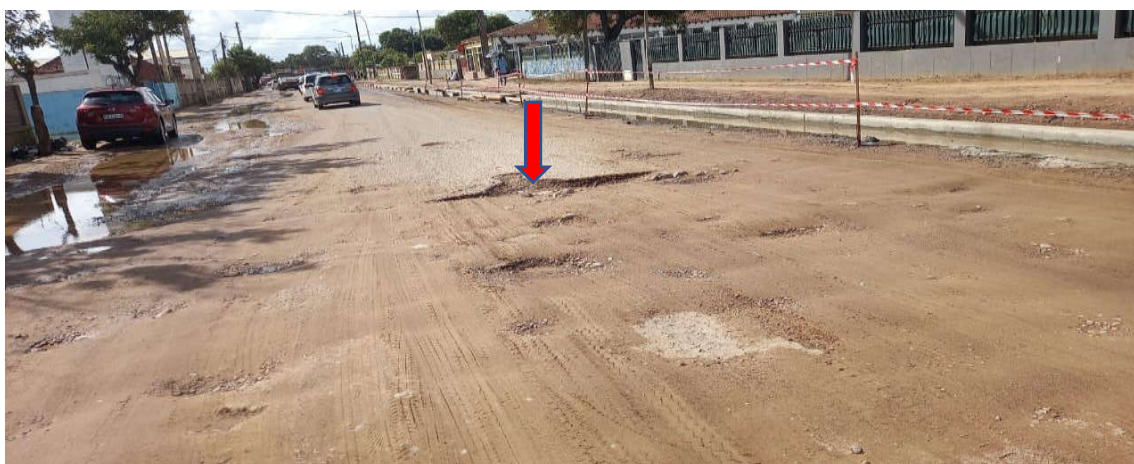


Figura 14: Patologia tipo panela ou buraco (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Mafurreira) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 15: Patologia tipo panela ou buraco (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Mafurreira) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

Os buracos surgem em resultado da evolução de outras patologias, como as fissuras de fadiga, que podem evoluir interligando-se, formando pequenas placas sem vínculo e com bordas desgastadas. Com a passagem das cargas de tráfego, estas placas vão sendo arrancadas, formando buracos no revestimento, que podem desenvolver-se até atingir a base do pavimento. As fissuras e trincas que já permitem o acesso da água à base, com a evolução formando buracos há maior facilidade de alcançar essa camada, e estando a água sob pressão, o material mais fino é arrastado e o problema irá agravar-se. (MOPHRH, 2021)

De acordo com especificações técnicas para obras de manutenção de rotina de estradas pavimentadas e não pavimentadas por nível de serviço e qualidade da ANE, IP (2013, não são aceites buracos com diâmetro maior a 10 cm nem com profundidade maior que 2.5 cm

4.3.2.2. Desgaste e polimento dos agregados do revestimento

É causado pela acção dos pneus sobre a capa, ao longo do tempo e pelo envelhecimento do revestimento. Ocorre devido a passagem de tráfego, causando o desgaste progressivo dos agregados. (MOPHRH, 2021)

A estrada em análise existe a bastante tempo, e de acordo com as informações de alguns utentes, têm pelo menos 15 anos de existência. Trata-se de uma estrada com tráfego pesado, pois há circulação de camiões com cargas de indústrias, armazéns e jazidas de inertes. Devido a passagem deste tipo de tráfego, o revestimento sofre esses tipos de patologias.

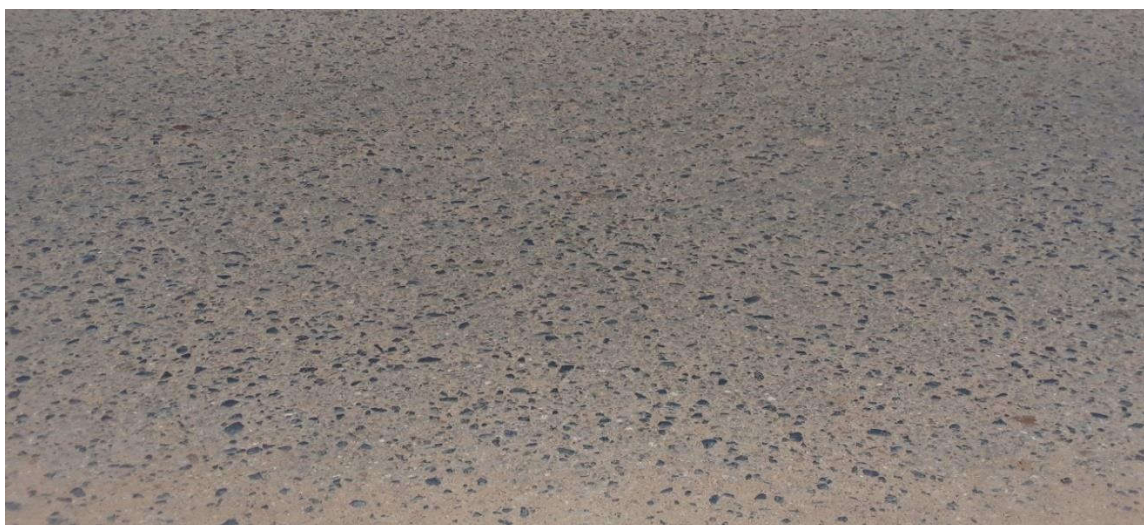


Figura 16: Patologia tipo polimento dos agregados do revestimento (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Mafurreira) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 17: Patologia tipo desgaste do revestimento (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Mafurreira) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

4.3.2.3. Falhas nas arestas

A principal causa é a deficiência da manutenção das bermas das estradas, e ocorre devido à acção do tráfego sobre a borda adjacente a uma berma desgastada. (MOPHRH, 2021)



Figura 18: Patologia tipo falha na aresta (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Socimol/MEREC) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 19: Patologia tipo falha na aresta (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

As falhas nas arestas reduzem a largura da estrada, tornado a estrada mais estreita. Para uma estrada como esta, com tráfego intenso, pode criar problemas de congestionamento, diminuindo a velocidade do tráfego.

Em relação a falhas de aresta, segundo as especificações técnicas da ANE, IP (2013), referente ao nível de qualidade de serviço, a largura máxima admissível de rotura do bordo de pavimento que reduz a sua largura ou cria a soltura do revestimento é de 10cm.

4.3.2.4. Fissuras do tipo pele de crocodilo

De acordo com MOPHRH (2021), este tipo de patologia ocorre devido a propagação de fissuras para a superfície, inicialmente como uma ou mais fissuras longitudinais paralelas. Estas fissuras conectam-se com o acréscimo da repetição das cargas de tráfego, formando fendilhados que lembram a pele de um crocodilo.



Figura 20: Patologia tipo pele de crocodilo (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Mafurreira) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 21: Patologia tipo pele de crocodilo (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Coca-Cola) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

Este tipo de defeito (Figura 20) ocorreu em um trecho da estrada em que há um nível freático elevado, tendo se verificado que o mesmo atinge a camada de base. Constatou-se também que o sistema de drenagem se encontra em mau estado. Portanto, tendo em conta o tráfego, sucede-se a deterioração do pavimento.

Verifica-se na mesma figura que a evolução da pele de crocodilo para estados mais graves pode afectar as camadas estruturais do pavimento, e portanto, os trabalhos de recuperação poderão ser mais exigentes.

4.3.2.5. Fissuras longitudinais

Este tipo de patologia, depende da causa, mas não está associada à acção das cargas de tráfego. Porém, o ingresso de águas e acção do tráfego aceleram o processo de deterioração da mesma. (MOPHRH, 2021)



Figura 22: Patologia tipo fissura longitudinal (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Mafurreira) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 23: Patologia tipo fissura longitudinal (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Coca-Cola) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

Para as especificações técnicas da ANE, IP (2013), em relação a qualidade de serviço, não devem existir fissuras com mais de 3mm de largura. Para uma secção de 50 m de pavimento, a área fissurada não pode ser de mais de 10% da superfície do pavimento.



Figura 24: Patologias tipos fissura longitudinal e falha na aresta (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Coca-Cola) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 25: Patologias diversas (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Coca-Cola) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

Pequenas patologias em pavimentos asfálticos podem desenvolver-se chegando a atingir estado avançado de deterioração. Em Moçambique, em particular as estradas não classificadas, estes problemas muitas vezes ocorrem devido a falta de recursos e planos para manutenção de estradas, podendo deste modo, levar a necessidade de se reconstruir o pavimento em certos trechos das estradas. A reconstrução de um pavimento pode exigir mais recursos em relação aos custos da construção inicial, pois há trabalhos adicionais como por exemplo, as demolição e escarificação do pavimento

existente. Estes trabalhos adicionais envolvem outros custos para além dos trabalhos da própria construção inicial do pavimento.



Figura 26: Patologia diversas (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Mafurreira) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 27: Patologia diversas (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Mafurreira) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 28: Patologia diversas (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Mafurreira) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

Problemas identificados nos trechos em estudo

As fotografias acima referentes às patologias identificadas foram tiradas em secções da estrada onde verificaram-se graves problemas com a drenagem das águas pluviais e em zonas em que o nível freático é elevado. Com a má drenagem e em algumas secções, a falta de elementos para o encaminhamento das águas pluviais, e defeitos como desgaste e fissuras, as águas das chuvas ficam paralisadas sobre o pavimento, infiltram através das fissuras permitindo o acesso à camada de base, enfraquecendo o mesmo, e com a acção repetida das cargas de tráfego o revestimento sofre ruptura e conseqüentemente o desenvolvimento de um buraco. Estando a água sob pressão, o material mais fino é arrastado e o problema irá agravar-se, podendo levar o pavimento a ruína total ou parcial. A seguir são apresentadas fotografias mostrando as situações de drenagem encontradas nos pavimentos dos trechos da estrada em estudo.



Figura 29: Drenagem existente (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Socimol/MEREC) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 30: Estado do pavimento existente devido a problemas de drenagem (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Mafurreira) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 31: Situação da valeta existente (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Coca-Cola) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

Como pode-se verificar nas imagens, constata-se a existência de sistemas de drenagem para o encaminhamento das águas pluviais em algumas áreas pontuais, mas devido insuficiência dos mesmos e da falta de manutenção, há mau funcionamento dos mesmos, causando os problemas que foram identificados nos levantamentos fotográficos acima. Em alguns trechos, como o caso da Mafurreira (km 2+900 a km 3+300), verificou-se em algumas áreas que devido a inexistência de estrutura de drenagem de água pluvial, o pavimento flexível sofreu erosão de quase toda camada de revestimento até o ponto de os veículos circularem sobre a camada de base. Este facto além de prejudicar os veículos, prejudica também a saúde dos residentes e comerciantes ao redor daquela área devido a quantidade de poeiras causada pela passagem de tráfego naquele trecho.



Figura 32: Situação da passagem de água existente (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Coca-Cola) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 33: Situação da valeta existente depois das chuvas (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Coca-Cola) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 34: Situação da valeta existente depois das chuvas (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Coca-Cola) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 35: Situação da passagem húmida existente (Estrada R807: Coca-Cola/ Matola-Gare – Coca-Cola) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

4.3.3. Investigação de materiais

Para poder conhecer as condições de fundação da estrada, a estrutura do pavimento existente e os possíveis locais de aquisição de materiais para trabalhos de pavimentação é necessário fazer uma investigação dos materiais.

O distrito localiza-se numa região com uma geologia composta maioritariamente por bacias sedimentares. Na região da estrada em análise, pertencente ao mesmo distrito, predominam solos arenosos de tipologias diferentes, tais como, AA, AJ e MA. Os solos da tipologia AA e AJ provêm de coberturas de areia e do interior de dunas, e são caracterizados por apresentarem coloração amarela (AA) e laranja (AJ). Por outro lado, os sedimentos de Mananga (MA) são solos que apresentam cobertura de areia entre 50cm e 100cm.

A maior parte do troço da estrada de estudo corre em área com solos sedimentares do tipo AJ+MA com nível do lençol freático a pelo menos 80cm de profundidade abaixo da superfície.

No Anexo B consta a carta de solos da província de Maputo produzida na escala 1:1000000 utilizado para identificar as formações geológicas do distrito da Matola.

Tratando-se de manutenção de uma estrada pavimentada, houve a necessidade de em algumas secções fazer-se ensaios de qualidade do material existente que será utilizado para a camada de sub-base após tarefas de escarificação. Foram também ensaiados os materiais da camada de base anteriormente existente para análise da qualidade do material e suas respectivas caracterizações.

Para melhorar pontualmente as estruturas do pavimento foram necessários a execução de novas camadas de base com tout-venant estabilizado quimicamente com cimento. Portanto, houve a necessidade de realizar ensaios dos novos materiais que foram aplicados nas novas camadas de base do pavimento, com vista a verificar a qualidade dos mesmos. O novo material aplicado nas camadas de base do pavimento depois da escarificação do pavimento existente é proveniente do distrito da Moamba e foi analisado no laboratório do sub-empregado, responsável pelos trabalhos de construção do pavimento flexível.

4.3.3.1. Ensaio necessários

Para determinar as propriedades dos materiais de modo a permitir ou não a sua aplicação na estrutura do pavimento em estudo, é necessário que sejam realizados os seguintes ensaios laboratoriais:

- ✓ Ensaio de granulometria;
- ✓ Ensaio de limite de Atterberg;
- ✓ Ensaio de compactação proctor;
- ✓ Ensaio de compressão não confinada (UCS);
- ✓ Ensaio de resistência à tracção indirecta (ITS);
- ✓ Ensaio de CBR.

Para que os materiais ensaiados sejam aplicados nas estruturas dos pavimentos é necessário que sejam verificadas a sua conformidade com as Especificações Técnicas. No caso de Moçambique, são utilizados normas da SATCC Standards Specifications for Road and Brigde Works.

4.3.3.1.1. Ensaio de caracterização do solo

A. Ensaio de granulometria

É um estudo da distribuição das dimensões dos grãos de um solo. Consiste na determinação das dimensões das partículas do agregado e suas respectivas percentagens de ocorrência. O principal objectivo deste ensaio é conhecer a distribuição granulométrica do agregado e representá-la através de uma curva, possibilitando assim a determinação geral de suas características.

Normalmente, estes ensaios devem ser realizados conforme as especificações definidas no Código 721 da norma de execução da ANE. Este código é utilizado no ensaio dos materiais para definição da sua granulometria e comparação com as especificações.

B. Ensaio de Limites de Atterberg

Para a realização dos ensaios de limites de Atterberg foram seguidas as instruções e especificações descritas no Código 751 da norma de execução da ANE. Segundo as normas, este ensaio destina-se a ser utilizado para a determinação do limite de liquidez e do limite de plasticidade em laboratório para o cálculo do Índice de Plasticidade.

4.3.3.1.2. Ensaio de Compactação

É o processo de de aumentar a densidade do solo, compactando as partículas do solo, causando uma redução no volume de ar. O objectivo nesse ensaio é reduzir o volume de vazios num solo para poder obter maior coesão e resistência e diminuir sua permeabilidade.

De acordo com as normas, este ensaio é utilizado para a determinação no laboratório da baridade seca máxima e do teor óptimo de humidade de uma amostra de solo.

4.3.3.1.3. Ensaio de CBR (Capacidade de suporte)

Este ensaio é utilizado para a determinação laboratorial da resistência do solo medida sob a forma de capacidade de suporte, conhecida como CBR (California Bearing Ratio). O ensaio é normalmente utilizado em amostras preparadas em laboratório com o teor de humidade e densidade pré-estabelecidas, determinadas através dos ensaios de compactação.

Nota: Não foram realizados contagens do tráfego para o estudo do tráfego no troço da estrada em estudo e também não foram realizados todos ensaios necessários para a caracterização do material alocado nas camadas de base e sub-base, pelo que não poderá ser feita simulação das camadas do pavimento existente e das camadas da solução de beneficiação adoptada. As análises da solução de beneficiação utilizadas para a manutenção da estrada nos troços em estudo serão baseadas nas especificações técnicas requeridas, tendo em conta os ensaios realizados dos materiais para as camadas de pavimentos conforme as normas de execução da ANE, especificações da SATCC e TRH14.

4.3.4. Estudo da drenagem das águas pluviais

Para a análise da drenagem das águas pluviais é necessário estimar os caudais de pico, considerando um determinado período de retorno. As estimativas dos caudais de pico são determinados como sendo função da área da bacia de contribuição, intensidade de precipitação, declividade e tempo médio de concentração e também da natureza e forma da superfície de drenagem.

Para estimar os caudais máximos para a análise da drenagem concebida foram utilizados métodos racionais, que de acordo com “Drainage Manual” da SANRAL citado por MOPHRH (2021), é um dos métodos comprovados e mais utilizados na África Austral. O método baseia-se numa representação simplificada da conservação de

massas. Para o cálculo do caudal máximo, tem-se como dado de entrada a precipitação e geralmente é recomendado para bacias menores que 15 km².

Para a análise da drenagem, estimou-se o caudal máximo, adoptando um período de retorno de 10 anos. A escolha do período de retorno a considerar para o dimensionamento hidráulico normalmente deve resultar da análise comparativa dos investimentos necessários à protecção contra inundações e dos prejuízos que podem resultar quando esta é excedida. Uma vez que os recursos financeiros para as intervenções são muito limitados, optou-se por admitir-se um risco de ruptura maior, considerando que as consequências do tráfego serão menos severas e as reparações serão relativamente baratas. Portanto, utilizou-se período de chuvada curto.

Utilizou-se a metodologia de observação directa do curso de água e conhecimento local para a identificação da área da bacia de contribuição e localização dos elementos de drenagem, tendo-se assumido para a área de contribuição, a área onde foram realizados os levantamentos topográficos, acrescidos de 50 m a partir dos bordos da estrada para tomar em consideração o caudal proveniente das edificações existentes ao longo da via e dos arruamentos. As valas previstas para a construção foram projectadas para captar as águas pluviais provenientes da superfície de rolamento do pavimento e verificou-se que o alinhamento do curso transversal da água tende para fora da estrada, pelo que chegou-se à conclusão de não haver muita rigorosidade na análise hidrológica da área da bacia de contribuição.

Relativamente aos dados de precipitação, uma vez que não estão disponíveis informações da precipitação média diária para o estudo relativo à drenagem de águas pluviais, recorreu-se às curvas Intensidade-Duração-Frequência (I-D-F) de Maputo, que fornecem intensidades médias máximas de precipitação para várias durações (Tempo de concentração) e períodos de retorno.

É apresentado a seguir o método racional e os resultados obtidos para a análise da drenagem das águas pluviais.

De acordo com o método racional em que o caudal de água num canal, q , é calculado com base na seguinte equação:

$$q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Para a escolha do coeficiente de escoamentos, considerou-se uma área urbana, com residências, indústrias e comércio e, ruas e avenidas, pelo que adotou-se $C = 0,7$

Para o cálculo da Intensidade da precipitação adoptou-se a equação de Kirpich (1940) para a estimativa da duração da chuvada, considerando uma área de contribuição pequena.

$$T_c = 0,95 \cdot \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385}$$

Tabela 16: Resumo dos dados de entrada e do cálculo do tempo de concentração

Bacia	Área de contribuição (km ²)	Caminho mais longo (km)	Desnível máximo (m)	Tempo de concentração (min)
A	0,0404	1,01	2,644	39,655
B	0,0364	0,91	2,746	34,647

Tabela 17: Resumo do cálculo de caudal máximo

pBacia	Área de contribuição (km ²)	Tempo de concentração (min)	Intensidade de precipitação (mm/h)	Caudal máximo (m ³ /s)	Caudal nas valas (m ³ /s)
A	0,0404	39,655	91,966	0,723	0,362
B	0,0364	34,647	99,549	1,428	0,714

Em relação aos aspectos hidráulicos, determinou-se através da fórmula de Manning-Strickler o caudal das valas

$$Q = K_s \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot j^{1/2}$$

Em que:

K_s – coeficiente de rugosidade de Strickler ($K_s = 90m^{1/3}/s$)

Tabela 18: Resumo dos caudais calculados para as secções das valas predefinidas

	Área (m ²)	Perímetro (m)	Caudal (m ³ /s)
Valeta triangular	0,16	1,649	0,304
Vala rectangular	1,5	3,5	7,674

Verifica-se deste modo que as valas com as secções pré-definidas podem responder positivamente sem muitos problemas ao caudal máximo calculado.

5. SOLUÇÕES DE BENEFICIAÇÃO/ METODOLOGIA ADOPTADA

As medidas de beneficiação incidiram essencialmente nas seguintes acções:

1. Melhoria das características superficiais/ estruturais do pavimento através da escarificação e reciclagem/ reposição do pavimento degradado e construção de dreno subterrâneo;
2. Reparações, construção de valas em betão e construção de drift (passagem molhada).

No trecho da antiga fábrica da Coca-Cola (km 0+083 a km 0+216), as intervenções consistiam na construção de dreno de inertes para permitir a passagem da água resultante do lençol freático, reposição do pavimento degradado e construção de valeta triangular em betão para a drenagem superficial das águas pluviais.

No trecho da Mafurreira (km 2+900 a km 3+300), os trabalhos realizados foram a construção das valas triangular e rectangular e reposição do pavimento. Foram realizados neste trecho a demolição do pavimento rígido existente, escarificação e estabilização mecânica do pavimento flexível existente para servir de camada de sub-base e a reconstrução dos pavimentos rígido e flexível. Os trabalhos de reconstrução dos pavimentos neste trecho foram realizados de modo a elevar as cotas do eixo da estrada para permitir a drenagem superficial das águas pluviais na superfície de revestimento dos pavimentos. As águas superficiais serão encaminhadas para a nova vala de drenagem que terá uma pendente mínima (1%). Estas águas serão encaminhadas para a região da antiga fábrica da Coca-cola onde encontra-se um sistema de drenagem existente, que leva as águas para fora da estrada.

No trecho correspondente a Socimol/ MERECA (km 5+800 a km 6+000) foram realizadas actividades de demolição da passagem molhada antes existente, reconstrução da passagem molhada com dimensões maiores em relação a anterior, escarificação e estabilização mecânica do pavimento antes existente para servir de camada de sub-base, reparação da base e revestimento.

A seguir são apresentadas as intervenções de forma detalhada em cada trecho das medidas de beneficiação da estrada. São também apresentadas as intervenções acompanhadas dos registos fotográficos

5.1. Equipamentos usados

Para a realização das actividades foram utilizados os equipamentos indicados na lista abaixo:

1. **Motoniveladora:** usadas para trabalhos de espalhamento de materiais terrosos, mistura de solos, homogeneização de humidade na pista
2. **Escavadora/ Giratória:** é recomendada para tarefas de escavação de solos e rochas, e carga de materiais.
3. **Retroescavadora:** para trabalhos de extracção de areia e serviços auxiliares.



Figura 36: Motoniveladora, Escavadora/ Giratória e retroscavadora – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

4. **Camião betoneira:** é um equipamento usado em obras com a função de misturar materiais (água, cimento, areia e agregados), para formar o betão.
5. **Camião aspersor de água:** é usado para humedecimento de solos na pista.
6. **Camião cisterna:** é um camião equipado com um reservatório para transporte de líquidos ou materiais pulverulentos.



Figura 37: Betoneira, Camião aspersor de água e camião cisterna – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

7. **Camião basculante:** é um equipamento recomendável para o transporte de materiais.
8. **Cilindro de rolo liso:** é recomendada para tarefas de compactação de aterro em rocha, areia e saibro (bem ou mal graduados), material siltoso e argiloso (areias

siltosas, argilas arenosas e saibro argiloso), argilas magras ou gordas, asfalto e camadas estabilizadas.

9. **Cilindro estático liso:** pode ser usado para trabalhos de compactação de areia e saibro (bem ou mal graduados), revestimentos superficiais, asfalto e camadas estabilizadas.



Figura 38: Camião basculante, Cilindro de rolo liso e Cilindro estático liso – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

10. **Cilindro pedestre:** trata-se de um rolo vibratório de tamanho pequeno, aplicado para consertar e manter estradas, acostamentos da estrada, entre outros. Pode ser usada para compactação da superfície do asfalto.

11. **Compactador de rolos pneumáticos:** é recomendado para ser usado na compactação de material siltoso e argiloso (areias siltosas, argilas arenosas e saibro argiloso) e revestimentos superficiais. Pode ser usado também na compactação de areia e saibro (bem ou mal graduados), argilas magras, asfalto e camadas estabilizadas. O compactador de rolos pneumáticos é também usado em testes de cargas das camadas do pavimento.

12. **Compressor de ar:** pode ser usado na limpeza para eliminar pó, para a preparação da camada de base para asfatagem da estrada.



Figura 39: Cilindro pedestre, Compactador de rolos pneumáticos e Compressor de ar – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

13. Pavimentadora;

14. **Bobcat:** é usado na construção para transporte e descarregamento de materiais, limpeza do local, escavação, remoção de materiais. Pode ter utilidade amplificada por ferramentas como fresadora de asfalto, vassoura mecânica, entre outros.

15. **Vassoura mecânica:** é destinada a preparação de bases para tarefas de asfaltagem.



Figura 40: Pavimentadora e Bobcat amplificada com uma vassoura mecânica – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

5.2. Gestão de tráfego e sinalização rodoviária

Antes do início dos trabalhos, atendendo as condições de tráfego existente na estrada R807, verificou-se que por ser uma estrada com bastante circulação de veículos ligeiros e pesados, há a necessidade de elaborar um programa detalhado de gestão de tráfego rodoviário que deve ser um objecto de aprovação pela fiscalização. Nesse programa, são detalhados os métodos de protecção, tempos de operação e tipo e número de equipamentos de gestão de tráfego, tais como, sinais luminosos, barreiras, sinais de aviso, sinais de trânsito entre outros.

Na gestão do tráfego foram tomados em conta o seguinte:

- Os trabalhos serão realizados de tal maneira que não exista uma distância muito grande de frente de obra, de forma a não comprometer o fluxo normal de trânsito;
- Se a estrada tiver que ser cortada, uma outra via alternativa será proposta e aprovada pela fiscalização;
- A sinalização temporária, barreiras e outros equipamentos de regularização de trânsito, estarão em conformidade com a legislação Moçambicana e incluem avisos, sinais de proibição e de informação. Serão usados sempre que necessário, os sinais de aviso de trabalho na via, redução de velocidade, estreitamento de via, proibição de passagem, desvios de trânsito, entre outros;

- O comprimento de cada desvio será sempre o mais curto possível, tendo em consideração a topografia e os obstáculos físicos e será mantido em boas condições.

Por se tratar da intervenção de manutenção das estradas existentes, a gestão de tráfego é uma actividade de grande importância durante a duração dos trabalhos e devem ser conduzidas de forma a assegurar a segurança dos motoristas, peões, propriedades adjacentes à via e a segurança dos funcionários da empresa e da fiscalização.



Figura 41: Sinalização temporária para a gestão do tráfego – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

Os desvios provisórios foram melhorados com recurso a motoniveladora, que através da sua lâmina realizou-se tarefas de corte e aterro do solo existente e através do próprio peso do equipamento, realizou-se a compactação da plataforma. A tarefa não exige controlo de qualidade pois trata-se de trabalhos de regularização de desvios temporários para acomodar o tráfego por curto tempo.



Figura 42: Construção dos desvios temporários para assegurar a circulação do tráfego – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

5.3. Implantação das cotas da estrada

Com os levantamentos topográficos realizados e seguido por processamento dos dados brutos com os softwares CAD no escritório, determinaram-se as cotas topográficas para o posicionamento dos trechos geométrico da estrada.

A implantação das cotas topográficas foram realizadas nos trechos de intervenção com ajuda do equipamento GPS e em alguns trechos, com recurso a estação total. Tratando de intervenções pontuais em troços, a piquetagem da via foi realizada com um distanciamento entre estacas de até 10 em 10m. Nas estacas foram introduzidas as respectivas cotas da camada de sub-base, base e da camada de revestimento e, o

afastamento entre as estacas e o bordo da estrada. A estrada foi piquetada na largura da base total da estrada a pavimentar, tendo em conta as inclinações para a drenagem superficial das água pluviais.



Figura 43: Equipamentos topográficos usados para implantação de cotas topográficas – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 44: Implantação de cotas topográficas – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 45: Colocação das cotas e dos afastamentos – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

5.4. Demolições de estruturas existentes

Para readequar os espaços em alguns trechos das plataformas em pavimento rígido foi necessário realizar a demolição das estruturas existentes de betão armado, com espessuras de cerca de 20cm. As demolições de estruturas existentes devem ser realizados tendo em conta as especificações descritas nas normas de execução da ANE, Código 191.

Foram realizadas demolições de forma mecânica, com recurso a giratória e martelo perfurador. O entulho resultante das demolições foram carregadas e transportadas através de camiões basculantes e, depositadas em locais aprovados pelo fiscal. Após as tarefas de demolição, foi feita a limpeza e regularização do terreno onde foram demolidas e removidas as estruturas.



Figura 46: Demolição da estrutura existente (km 3+200 e km 5+795) – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

5.5. Construção de passagem molhada

No km 5+795 foram realizadas tarefas de demolição da passagem molhada existente, como mostrado na Figura 64, para dar lugar a nova construção de passagem molhada

com dimensões maiores. A passagem molhada antes existente nessa secção (com dimensões de 12,5m×7m em planta) apresentava mau funcionamento na drenagem de águas pluviais e condicionava o trânsito nos períodos chuvosos. A nova passagem molhada foi construída em betão armado com dimensões 25m×9m, em planta, e são concebidos para transbordarem durante as condições de cheia.

Para a construção da nova passagem molhada, foi utilizado betão de classe B30 produzida na central de betão, malhas de aço electrossoldada ref. 617 ou #Ø10@200 (preparadas no estaleiro e colocadas com um recobrimento de 6 cm) e rachão para reforçar a fundação da estrutura. O betão utilizado é da classe de consistência S3, com abaixamento de cerca de 125mm. Foi escolhido este tipo de betão tendo-se em conta o tipo de estrutura a betonar e a facilidade com que os pedreiros e serventes irão trabalhar com o betão na regularização da superfície de desgaste da passagem molhada. A betonagem da passagem molhada foi realizada em áreas intercaladas, criando-se deste modo juntas, por forma a evitar o fissuramento e a quebra do maciço.



Figura 47: Abertura da caixa do drift (km 5+795) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 48: Colocação e compactação da camada de rachão (km 5+795) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 49: Colocação de material tout-venant para redução de vazios (km 5+795) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 50: Preparação da cofragem e colocação da malha electrossoldada (km 5+795) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 51: Slump test do betão recém chegado (km 5+795) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 52: Colocação, espalhamento e adensamento do betão (km 5+795) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 53: Nivelamento e regularização da superfície de rodagem (km 5+795) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 54: Colocação de areia grossa para manter a umidade na cura do betão (km 5+795) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 55: Passagem molhada concluída (km 5+795) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

De acordo com as normas de execução da ANE, as passagens molhadas, como referido anteriormente, são concebidos para transbordarem nos períodos de cheia. Tendo em conta este facto, a jusante da passagem molhada fica sujeita a erosão devida à cascata artificial criada. Portanto, é necessário construir muros de protecção contra a erosão do drift, conforme especificado no Código 274 das Normas de Execução da ANE e, na fundação, a camada de cascalho deve ser compactada até uma percentagem mínima de 93% do AASHTO modificado, para um teor em água óptimo. Outro aspecto também relevante é a construção de pilaretes que poderão ser pintados para permitirem uma maior visibilidade durante a noite. Estes pilaretes servem de sinalização e podem ser substituídos por sinais verticais que podem ser colocados para identificar a existência de alguma passagem molhada, uma vez que não foram construídos os pilaretes.

5.6. Escarificação do pavimento betuminoso existente

A escarificação consiste na desagregação do material existente com vista a remoção de qualquer material indesejável que contamine a estrutura do pavimento e facilita os trabalhos de corte em trechos cuja a cota existente atinja a sub-rasante.

Pretendia-se com a escarificação, reciclar o material do pavimento anteriormente existente para a reutilização na camada de sub-base. Esta actividade foi realizada com o auxílio do escarificador (Ripper) acoplado na motoniveladora.

O processo de escarificação altera as propriedades físicas do material existente, tais como, textura, resistência do solo à penetração, humidade do solo, macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo e de partículas e estabilidade dos

agregados. Esta actividade foi executada conforme as especificações descritas no Código 416 da norma de execução da ANE.



Figura 56: Escarificação do pavimento betuminoso existente (km 5+795) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 57: Escarificação do pavimento betuminoso existente (km 0+250) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

Nivelamento e compactação do material escarificado para a nova camada de sub-base
Após as tarefas de escarificação e reciclagem do pavimento betuminoso anteriormente existente, procedeu-se com o nivelamento do material de modo a atingir-se o nível da camada de sub-base planeada. A camada de sub-base passou então a ser constituída por material do tipo tout-venant estabilizado mecanicamente, o que confere boa resistência a cargas de tráfego.

Devido ao trabalhos de escarificação do pavimento existente, o material sofreu alterações nas propriedades físicas e mecânicas. Portanto, o material in situ foi colhido

para ensaios, para a sua caracterização. O ensaio realizado foi a de compactação Proctor modificado, para determinar-se o teor de humidade óptimo e a baridade seca máxima.

Tabela 19: Resultados dos ensaios de compactação e limites exigidos pelas SATCC da camada de sub-base

1. Sub-Base

Designação	Resultados Obtidos	Limites Exigidos
	02/12/2022	
Camada	Sub-Base	
Baridade seca máxima (g/cm ³)	2.111
Teor de água opimo (%)	7.4
Compactação (%)	97.9	≥95

No Anexo C é apresentado detalhadamente os resultados do ensaio de compactação Proctor modificado do material in situ.

O nivelamento do material in situ é realizado tendo em atenção o abaulamento da via, para a drenagem das águas pluviais para fora da plataforma. A compactação da camada foi executada utilizando-se equipamento de compactação, cilindro de rolo liso, usado para compactar o material de modo a aumentar a sua resistência através do adensamento do solo pela vibração do rolo liso. A compactação é cessada quando se atinge o ponto de “nega”. A compactação do material in situ não foi precedida por uma rega para humedecimento do solo pois constatou-se que o material existente se encontrava húmido. Finalizada a compactação, realizou-se o teste do grau de compactação da camada através de métodos nucleares, utilizando-se o equipamento TROXLER. O teste é realizado in situ com o objectivo de determinar o grau de compactação atingida através da dos equipamentos de compactação. Na Tabela 19 é apresentado o grau de compactação mínimo exigido pelas normas da SATCC para a camada de sub-base, e o grau de compactação atingido na plataforma, tendo-se verificado conformidade com as especificações técnicas exigidas.

Ainda no Anexo C são apresentados de forma detalhada os resultados dos ensaios in situ para verificação do grau de compactação atingida na camada de sub-base.

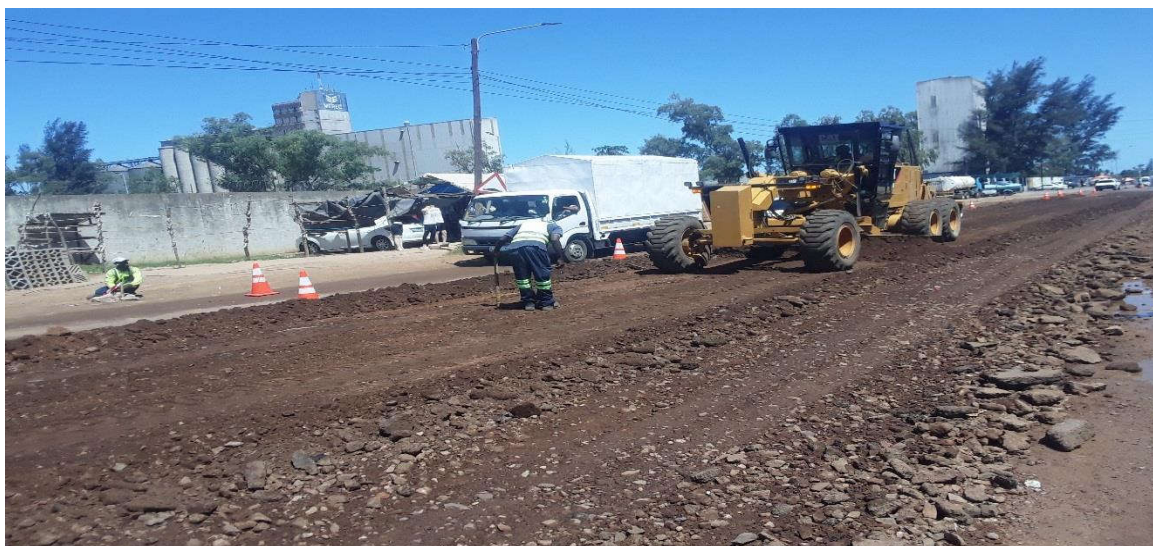


Figura 58: Nivelamento do material In situ (km 5+795) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 59: Compactação da camada de sub-base (km 5+795) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

5.7. Construção de dreno de inertes (Pedra rachão)

Em um dos trechos de intervenção, após a escarificação do pavimento betuminoso existente, constatou-se a existência de lençol freático, que atingia a camada de base do pavimento existente. Com a água nas camadas do pavimento e a circulação de tráfego no mesmo trecho, o solo apresenta um comportamento que se assemelha a uma almofada. Este comportamento é causado pela existência de solos finos (areia e argila) nos materiais que compõem a estrutura do pavimento, que quando se mistura com água e a posterior passagem de veículos pesados, principalmente carregados, podem causar a degradação do pavimento. Para contornar este problema, decidiu-se alterar o que havia sido planejado para executar na secção, realizando trabalhos adicionais, que consistia na construção de dreno de inerte.

O dreno de inertes consiste na recolha e controle de águas subterrâneas, de modo a que os materiais que compõem as camadas de base e sub-base não sejam contaminados pelo lençol freático. Os procedimentos de construção de drenos subterrâneos de inertes com a colocação de geotêxtil, nas camadas subsuperficiais das estradas são especificados nas normas de execução da ANE, Código 280 e Código 371.

Para a construção do dreno de inerte, optou-se pela colocação de geotêxtil, manta geotêxtil, para permitir a filtração e drenagem da água subterrânea e simultaneamente conter os solos adjacentes. As principais funções do geotêxtil incluem a filtração da água e a prevenção do entupimento do dreno.



Figura 60: Abertura da caixa do dreno de inerte (km 0+250) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 61: Colocação da primeira camada de manta geotêxtil (km 0+250) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 62: Colocação das pedras rachão em espessuras de 20 cm (km 0+250) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 63: Colocação da segunda camada de manta geotêxtil (km 0+250) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 64: Dreno de inerte (km 0+250) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

5.8. Construção da camada de sub-base em tout-venant estabilizado mecanicamente

Após a construção do dreno de inerte, procedeu-se com a construção da camada de sub-base com material tout-venant, material este proveniente da Pedreira de Moamba. Os procedimentos consistiam na marcação das faixas de rodagem com estacas e indicar a espessura do material, carregamento, transporte, espalhamento, regularização, rega e compactação do material. A espessura da camada após a compactação foi de 150 mm, o que corresponde às normas utilizadas.

A compactação do material foi realizada até a nega, sequencialmente pelos equipamentos, cilindro de rolo liso e compactador de rolo pneumático. Foi utilizado o cilindro de rolo liso para atingir o máximo possível de densificação e o compactador de rolo pneumático para tarefas de acabamento e testes de capacidade de carga.

Após a compactação do material, foi determinada pelo método nucleare o grau de compactação que se atingiu, para verificar conformidade com as normas especificações.



Figura 65: Fornecimento do material tout-venant (km 0+250) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 66: Espalhamento do material para a camada de sub-base (km 0+250) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 67: Rega da plataforma para tarefas de compactação (km 0+250) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 68: Compactação da plataforma com cilindro de rolo liso (km 0+250) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 69: Compactação da plataforma com compactador rolo pneumático (km 0+250) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 70: Camada de sub-base finalizada (km 0+250) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

5.9. Reparação e estabilização da base com tout-venant, estabilizado com 3% de cimento

Com a finalização da camada de sub-base, procedeu-se com a construção da camada de base com material tout-venant (ABGE) estabilizado com 3% de cimento, material este também proveniente da Pedreira de Moamba. Os procedimentos realizados são os mesmos utilizados durante a construção da camada de sub-base, que consistiam na marcação das faixas de rodagem com estacas e indicar a espessura do material, carregamento, transporte, espalhamento, regularização, rega e compactação do material. A espessura da camada após a compactação foi de 150 mm, o que corresponde às normas utilizadas.

A mistura do material com a quantidade de cimento previamente estabelecido foi realizada na usina, tendo-se transportado o material da camada de base com o estabilizante químico já misturado a uma distância de cerca de 12,5 km.

A compactação do material foi realizada até a nega, sequencialmente pelos equipamentos, cilindro de rolo liso e compactador de rolo pneumático, adequados para materiais finos e granulares, incluindo solos arenosos.

De salientar que segundo especificações da SATCC, os trabalhos realizados em camadas estabilizadas com cimento como rega, compactação e acabamento devem ser realizados dentro de um período de tempo de 8 horas.

Após a compactação do material, foi determinada através de métodos nucleares o grau de compactação atingida pelo material para a verificação de conformidade com as normas de qualidade aplicadas.

De acordo com o Código 899 da norma de execução da ANE, utilizado para esta actividade, é aconselhável proceder à estabilização com cimento de todos os materiais que se destinam a ser utilizados nos trabalhos de reparação da camada de (sub) base. A estabilização permite compensar a carga de compactação reduzida actuando assim como uma camada de (sub) base com resistência equivalente à resistência da(s) camada(s) existente(s) que foram anteriormente compactadas. O decréscimo na resistência dos materiais utilizados na reparação é a principal causa de ruptura prematura das reparações efectuadas.

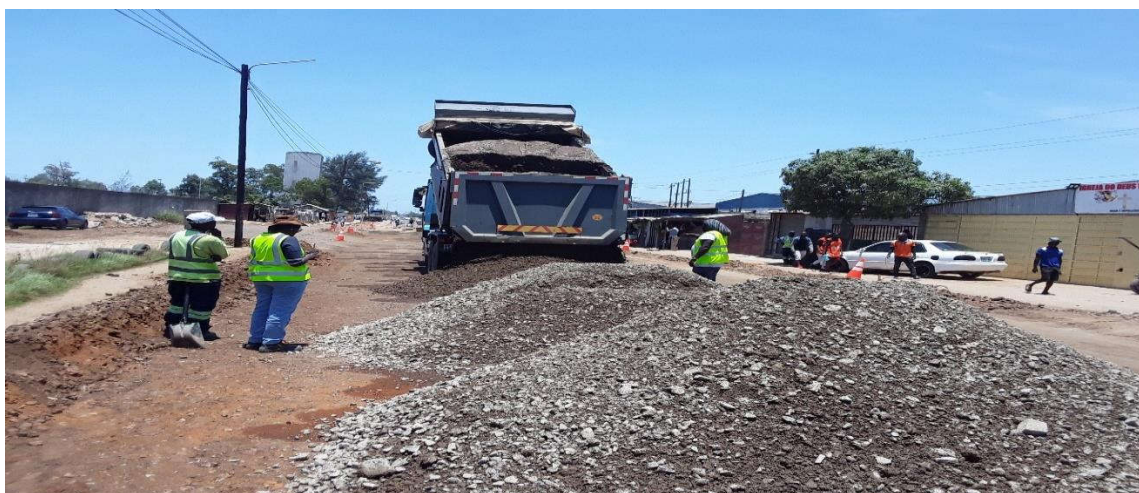


Figura 71: Fornecimento do material estabilizado (km 5+795) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 72: Espalhamento do material estabilizado da camada de base (km 5+795) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 73: Rega da plataforma para manter a humidade do material (km 5+795) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

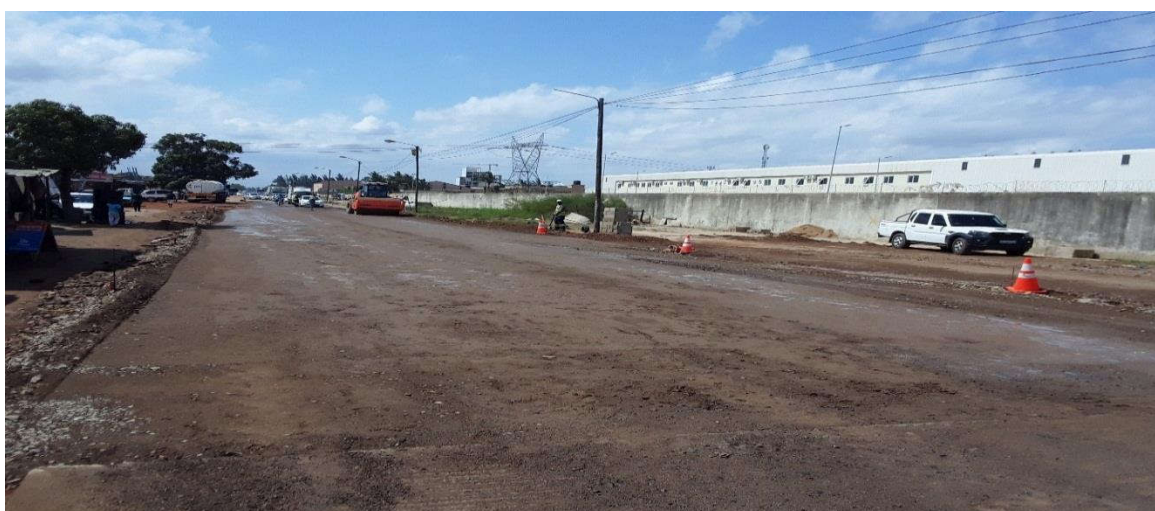


Figura 74: Compactação da plataforma com cilindro de rolo liso (km 5+795) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 75: Verificação das cotas e cortes do material excedente (km 5+795) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 76: Compactação da plataforma com compactador rolo pneumático (km 5+795) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

Após os trabalhos de construção e reparação das camadas de sub-base e de base, procedeu-se a testes de qualidade in situ, através do equipamento TROXLER, de modo a determinar as baridades in situ e os graus de compactação atingidos. Verificou-se conformidade dos parâmetros de qualidade especificados nas normas utilizadas, pelo que foram aprovados os trabalhos ali executados.



Figura 77: Ensaio de compactação com o TROXLER (km 5+795) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

Na Tabela 20 é apresentado o resumo dos resultados dos ensaios laboratoriais e o resultado dos alcançados in situ na camada de base, no km 5+795.

Tabela 20: Resultados dos ensaios de compactação e limites exigidos pelas SATCC da camada de base

2. Base

Designação	Resultados Obtidos		Limites Exigidos
	03/12/2022		
Camada	Base		
Baridade seca máxima (g/cm ³)	2.120	
Teor de água opimo (%)	7.0	
Compactação (%)	101.7		≥98
Resistência - UCS (MPa)	5.90	5.26

No Anexo C é apresentado detalhadamente os resultados do ensaio de compactação proctor modificado e ensaios in situ com o TROXLER, do material In situ e do material ABGE estabilizado com 3% de cimento, aplicados nas camadas de sub-base e base. Os resultados dos ensaios apresentados no Anexo C são referentes ao trecho da MERECE/Socimol, entre os PK do km 5+795 e km 6+000.



Figura 78: Camada de base finalizada (km 5+795) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 79: Camada de base finalizada (km 0+250) – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

O Código 899 da norma de execução da ANE especifica que a camada de reparação deverá ser feita com solos tipo G5 ou melhor e com um $CBR > 60\%$, e $IP < 10$. Se o solo disponível apresentar CBR 's de 45 a 60% o solo deverá ser misturado com 2,5 a 3% de cimento Portland Normal em conformidade com a AASHTO M85, SABS 471 ou equivalente, ou um Cimento Portland de alto-forno em conformidade com a AASHTO M240, SABS 626 ou equivalente, e deve ser compactada a uma densidade mínima de 98% do AASHTO Modificado.

Segundo a norma de execução, a camada estabilizada com cimento deve ficar a curar durante 7 dias com a aplicação de uma cobertura de areia ou outro método alternativo que permita manter a humidade da camada durante o período de cura, devendo-se adicionar água 24 horas após a finalização do processo de construção.

A aplicação de água directamente sobre a camada de base estabilizada com cimento, ou seja, sem a camada de areia ou equivalente não é admissível.

Não deve ser permitida a circulação do tráfego sobre a camada de base estabilizada com cimento até à sua selagem. A circulação de tráfego antes da cura poderá levar à danificação severa da superfície da camada de base. Os defeitos que possam surgir em resultado da circulação do tráfego numa camada de base não selada podem levar à rotura prematura da camada de base e da camada superior pouco tempo após a finalização da construção da estrada, uma vez que o desgaste das camadas de base com cimento é difícil de corrigir, afectando também a adesão entre a camada de base e a camada superior.

Após a construção da camada de base, não foram seguidos com as especificações das normas referentes à circulação de tráfego, pois a via por ter grande movimentação de veículos pesados e ligeiros, os desvios provisórios apresentavam limitações para receber o tráfego ali existente, não permitindo a passagem de veículos pesados com atrelados. Desta forma, sem haver outras opções, optou-se por permitir a passagem dos veículos logo após a finalização da camada de base.

A água utilizada para a rega da plataforma provém de fonte local próximo às plataformas de trabalho, através da captação em um sistema de drenagem existente.



Figura 80: Fonte de água para a rega da plataforma – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

Durante as tarefas de construção da camada de base, o empreiteiro deparou-se com alguns problemas relativos ao saneamento. A estrada em alguns pontos é atravessada por tubos de abastecimento de água potável. No decorrer dos trabalhos, devido às vibrações resultantes da compactação da camada de base com o cilindro de rolo liso, ocorreu o rompimento de um dos tubos de distribuição de água potável, causando em uma área pontual a saturação do solo. A saturação do solo pode provocar mau desempenho do pavimento, podendo desencadear defeitos de fissuração por fadiga e deformação permanente.

Devido a essa ocorrência, houve a necessidade de repor a tubulação danificada, remover e substituir o solo afectado pela água.



Figura 81: Rompimento de tubos de distribuição de água potável (km 5+795) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

5.10. Revestimento betuminoso da estrutura do pavimento

Geralmente os revestimentos betuminosos consistem numa mistura com diferentes proporções de agregados ou areia, e betume. O betume pode ser convencional, modificado ou uma emulsão betuminosa.

Para que haja um bom desempenho do revestimento é necessário que haja uma ligação eficaz entre a superfície da camada de base e a superfície do tratamento. Esta ligação pode ser obtida através de um tipo de betume adequado (impregnação ou colagem) antes do tratamento da superfície.

5.10.1. Rega de impregnação betuminosa

Antes da aplicação do revestimento betuminoso foi realizado um tratamento na superfície da camada de base com a aplicação de uma rega de impregnação betuminosa, com o objectivo de garantir a eficácia na ligação entre a superfície da camada de base e a

superfície do tratamento. Esta actividade é realizada com vista a proporcionar uma maior coesão e conseguir uma união com a camada betuminosa a aplicar posteriormente.

Para estas actividades, deve-se assegurar que as condições atmosféricas não afectam a execução do trabalho. A aplicação da rega de impregnação não pode ser feita durante as chuvas, ou caso ameace chover, após o pôr-do-sol, durante período de ventos fortes ou logo depois as chuvas quando a superfície da base tem água

A rega de impregnação e de colagem foi precedida por tarefa de limpeza do material solto da superfície da base. A limpeza da superfície da base foi realizada com o auxílio de vassoura mecânica e de compressor de ar. Esta actividade deve ser realizada não mais do que 24 horas depois da limpeza.

Após a tarefa de limpeza, procedeu-se ao humedecimento com água limpa, isenta de concentrações de ácidos, sais, açúcares ou concentrações de metais, da superfície da camada de base com vista a interromper a tensão superficial. Foram tomadas as medidas necessárias para evitar a aplicação excessiva de água, o que poderia retardar o início da aplicação da impregnação betuminosa.

Foi realizado de seguida, a impregnação betuminosa de modo a dar um tratamento uniforme da superfície da camada de base, tendo-se aplicado numa faixa de cada vez. De acordo com a norma, a rega deve atingir uma penetração nunca inferior a 3 mm, devendo preferencialmente ser de 5 mm.

Na aplicação da rega de impregnação (rega do tipo MC-30), recomenda-se temperaturas de armazenamento entre 30 a 65 °C e de aplicação entre 45 a 60 °C. E, não deve ser permitida a circulação do tráfego nos troços recém revestidos.

A impregnação betuminosa é obtida da seguinte forma:

- Diluição da emulsão betuminosa (SS60 – 60% de betume) com água numa percentagem de 50/50. A água utilizada para a diluição deve ser limpa, isenta de concentrações de ácidos, sais, açúcares ou concentrações de metais.
- Betume fluidificado por solvente de betume com penetração 85/100 com 80% de querosene para a obtenção de MC30.

Para a execução desta actividade, deve-se aplicar o Código 410 da norma de execução da ANE, mas durante a realização da actividade, o empreiteiro deparou-se com situações

que não permitiram o cumprimento a rigor das normas. Uma das situações foi em relação ao tempo de cura da impregnação.

Segundo o Código supracitado, a impregnação deve romper (curar) completamente (o pneu de carro já não levanta o material betuminoso, normalmente depois de 7 dias, mas 5 dias pode ser suficiente, em função das condições atmosféricas) antes de se permitir a passagem do tráfego. Se não for possível, deve-se espalhar pó de pedra ou areia do rio sobre a rega de impregnação, sendo que pode ser aplicado apenas após a penetração total da rega (24 a 48 horas após a aplicação).



Figura 82: Limpeza da plataforma com vassoura mecânica (km 0+250)– Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

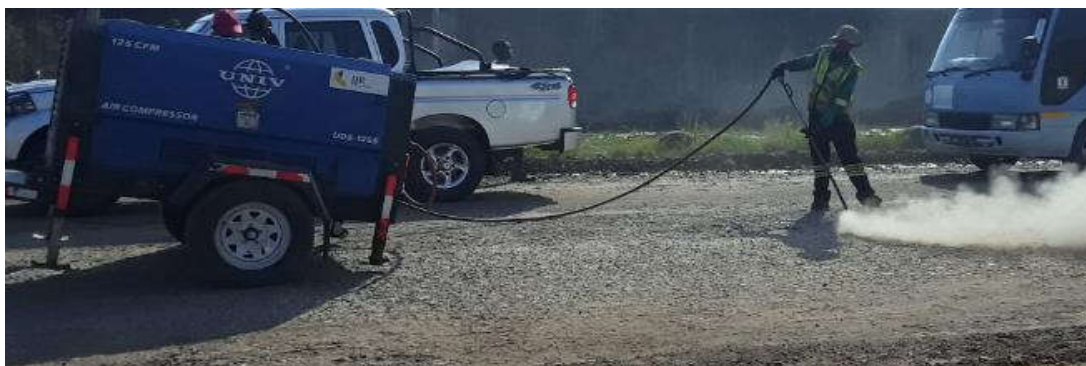


Figura 83: Limpeza da plataforma com compressor de ar (km 0+250)– Fonte: Adaptado pelo autor (2023)



Figura 84: Faixa de rodagem após a limpeza (km 0+250) – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)



Figura 85: Pulverização da superfície com água (km 0+250) – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)



Figura 86: Colocação da impregnação betuminosa (km 0+250) – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)



Figura 87: Impregnação betuminosa (km 0+250) – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

5.10.2. Revestimento em betão asfáltico a quente

Para construir pequenas áreas (até 3000 m²) de pavimento em betão betuminoso, foi utilizado o Código 420 da norma de execução da ANE. Esta actividade foi realizada após

a rega de impregnação betuminosa. São incluídos nessa actividade tarefas de Preparação, colocação e compactação da mistura betuminosa.

Para esta actividade, também deve ser assegurado que as condições atmosféricas não afectam a execução do trabalho. Deve-se seguir o definido para a rega de impregnação.

Segundo o Código 420 da norma de execução, deve ser aplicada a camada de mistura betuminosa com a utilização de uma máquina pavimentadora, doze horas após a aplicação da rega de colagem / impregnação. Não foi possível cumprir com esta recomendação pois trata-se de uma estrada que liga zonas com elevado tráfego e há ineficácia no funcionamento dos desvios provisórios. Para não paralisar o tráfego durante muito tempo houve a necessidade de logo após a rega de impregnação betuminosa, aplicar-se a camada de mistura betuminosa.

A camada betuminosa executada é composta por mistura betuminosa previamente usinado a quente, em usina apropriada, com características específicas dos agregados graúdo (material retido na peneira nº 4) e miúdo (material retido na peneira nº 200), material de enchimento (filler - material que passa na peneira nº 200) e Betume de pavimentação com características de viscosidade adequada para o tipo de HMA, o clima e as condições de carga onde será usado. Na África do Sul, a granulometria em conformidade com a especificação é apresentada na Tabela 21.

Tabela 21: Limites granulométricos para a combinação da mistura de agregados e proporções na mistura betumina para camada superficial

Dimensão dos peneiros (mm)	Granulometria contínua		
	Mistura grossa	Mistura média	Mistura fina
26,5	100	-	-
19,0	85-100	-	-
13,2	71-84	100	-
9,5	62-76	82-100	100
4,75	42-70	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%
Betume*	5,5%	5,5%	6,0%
Filer activo	1,0%	1,0%	1,0%

* Penetração de acordo com as Especificações do Projecto.

Fonte: SATCC, 1998

A mistura betuminosa deve ser submetida a ensaios de controlo de qualidade por forma a determinar-se os parâmetros necessários que constituem os requisitos da mistura betuminosa definidos nas especificações da SATCC tabela 4203/1.

Tabela 22: requisitos da mistura betuminosa definidos nas especificações da SATCC

Parâmetros	Requisitos	
	Base (agregado de 37,5 mm)	Camadas de desgaste de granulometria contínua
Estabilidade Marshall (kN)	6-12	3,5-12,5
Deformação Marshall (mm)	2-4	2-4
Vazios na mistura (%)	3-6	3-6
Estabilidade/deformação (KN/mm)	2,5 min.	2-3,5
Razão filer/betume	-	1,0-1,5
Espessura da película	-	6 mm

Fonte: SATCC, 1998

Tanto o ligante como os agregados e filler foram aquecidos e misturados à temperatura do betão betuminoso entre 130 e 155°C e não foi excedido os 170°C, como especifica o Código 420 da norma de execução. Na saída da usina, a temperatura do HMA registado foi de 160°C, na chegada 158°C e na compactação registou-se 127°C, verificando-se assim conformidade com as normas. O teor de humidade da mistura de betão betuminoso não pode ser superior a 0,5%.

O transporte de betão da área de produção até ao local de trabalho foi feito em camiões equipados com lonas para proteger a mistura e minimizar a perda de temperatura.

O revestimento foi executado através de uma pavimentadora que foi colocado em condições de modo a que o betão betuminoso alcance a espessura, largura e abaulamento especificados e dentro das margens aceitáveis de tolerância. A pavimentadora serviu também para deixar o material plano, manter a temperatura do material de modo que esteja nos limites das normas e fornecer uma compactação maior com menor esforço.

Imediatamente após a colocação da mistura betuminosa, a camada foi compactada sequencialmente com o cilindro estático liso e compactador de rolos pneumáticos.

As juntas transversais e longitudinais foram definidas com bordos verticais e em linhas e ângulos rectos através do disco de corte de pavimento. A superfície final do pavimento

foi colocada de forma a seguir o perfil do pavimento existente, apresentando-se livre de irregularidades ou defeitos.



Figura 88: Colocação da mistura betuminoso (km 0+250) – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

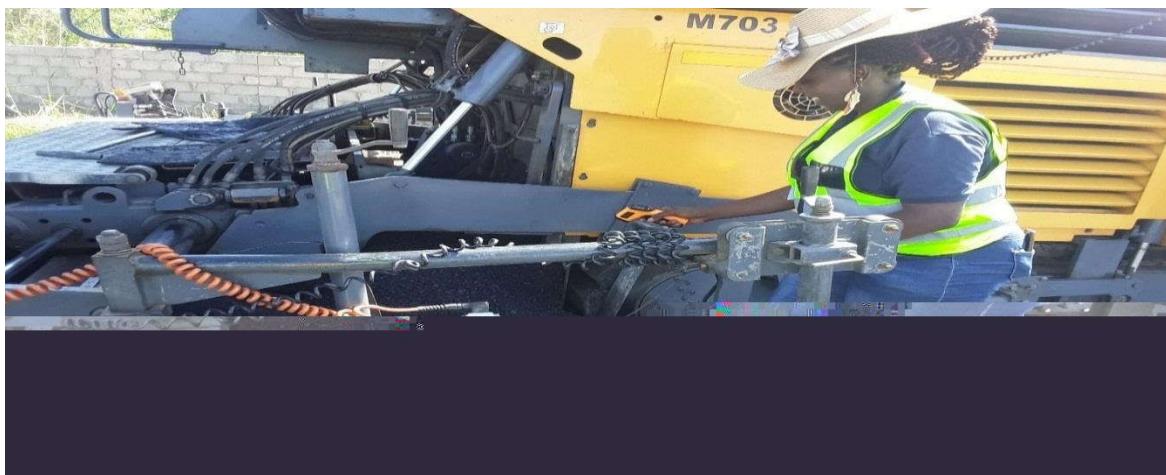


Figura 89: Medição da temperatura durante a colocação da mistura betuminoso (km 0+250) – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)



Figura 90: Medição da temperatura e compactação do betão betuminoso com o cilindro estático liso (km 0+250) – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

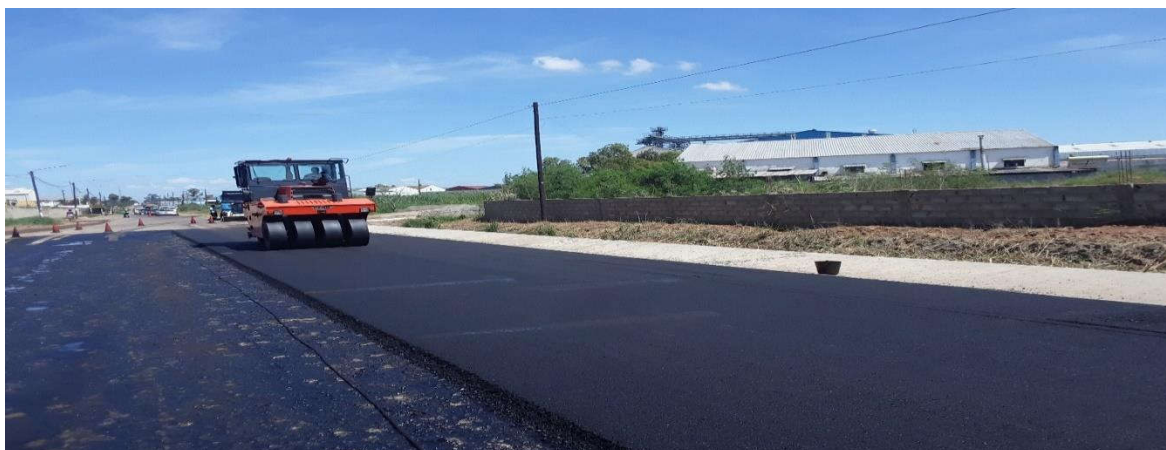


Figura 91: Compactação do betão betuminoso com o compactador de rolos pneumáticos (km 0+250) – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)



Figura 92: Revestimento do pavimento final (km 0+250) – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

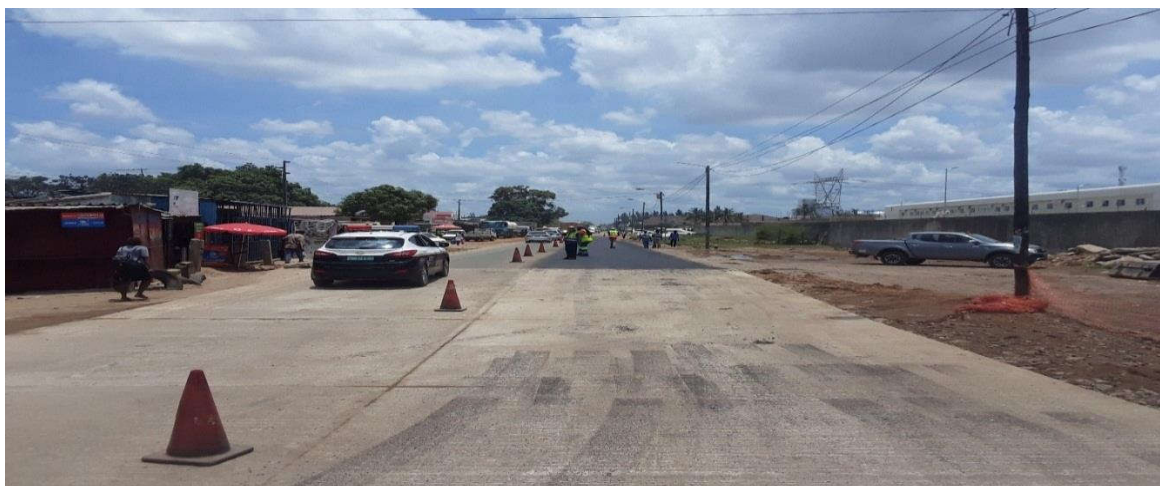


Figura 93: Revestimento do pavimento final (km 5+795) – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

5.11. Construção do pavimento rígido

O troço da estrada correspondente a PK 3+200, é um troço em que se encontra um cruzamento entre duas avenidas, com raio pequeno de curvatura. À medida que os veículos se aproximam deste cruzamento, em particular os veículos pesados com

cargas, devem reduzir a velocidade para fazer a curvatura. Portanto, ocorre nessa área pontual, um aumento de esforços de compressão e tração resultantes da força de atrito devido a redução da velocidade dos veículos e, ações de frenagem e aceleração. Por este motivo, optou-se pela construção de pavimento rígido como solução para melhor funcionamento do pavimento a esses esforços.

Para a construção do pavimento rígido foi utilizado betão de classe B30 produzida na central de betão, malhas de aço #Ø10@200 (preparadas in situ) e colocadas a meio da espessura do betão, e tout-venant (ABGE) para reforçar a camada de sub-base da estrutura. O betão utilizado é da classe de consistência S3, com abaixamento de cerca de 125mm. Foi escolhido este tipo de betão tendo-se em conta o tipo de estrutura a betonar e a facilidade com que os pedreiros e serventes irão trabalhar com o betão na regularização da superfície de desgaste do pavimento. A betonagem da laje de betão foi realizada em áreas intercaladas, criando-se deste modo juntas, como mostra a Figura 112, por forma a evitar o fissuramento e a quebra do maciço.

O processo de execução consistiu essencialmente na preparação da camada de sub-base, compactando-se o material (tout-venant / ABGE) de modo a atingir-se o grau de compactação mínimo estabelecido pela norma e as cotas previamente implantados, marcação e implantação das placas da laje em betão, preparação das cofragens, armação das malhas de aço, betonagem, regularização da superfície de desgaste e verificação das cotas atingidas, e cura do betão. Pretende-se nesse troço executar as placas de betão com espessuras de 20 cm. Foram construídas placas de betão de modo que sejam criadas juntas de movimento para absorver a variação volumétrica do betão resultantes da dilatação e contracção do betão causadas pela variação da temperatura, e também para mitigar os efeitos da vibração e movimentação.



Figura 94: Implantação de cotas topográficas (km 3+200) – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

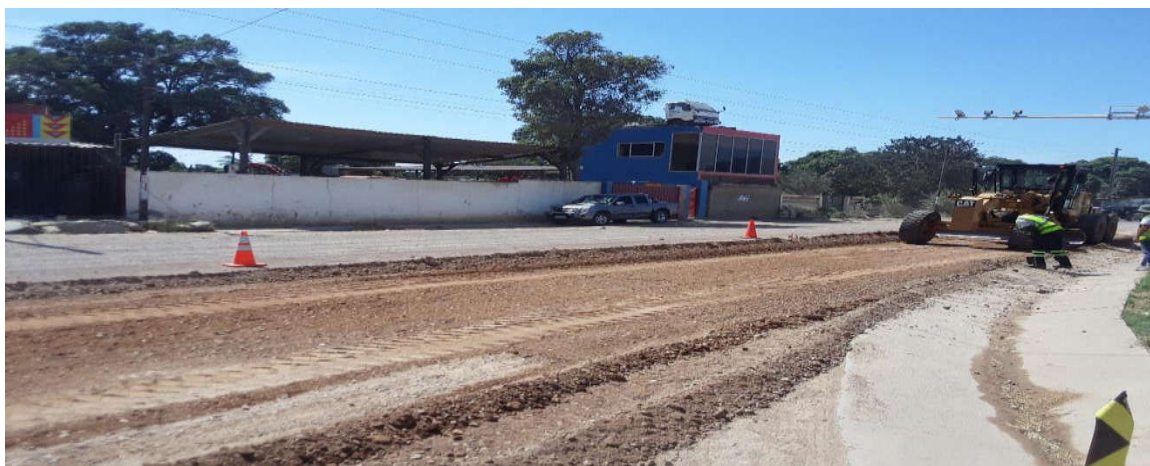


Figura 95: Corte da base existente (km 3+200) – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)



Figura 96: Espalhamento do material para a sub-base (km 3+200) – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)



Figura 97: Implantação da laje de betão (km 3+200) – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)



Figura 98: Cofragem da laje (km 3+200) – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)



Figura 99: Colocação de armadura (km 3+200) – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)



Figura 100: Colocação e vibração do betão (km 3+200) – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)



Figura 101: Regularização da laje de betão (km 3+200) – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)



Figura 102: Tratamento superficial da laje (km 3+200) – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)



Figura 103: Laje de betão finalizada (km 3+200) – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)



Figura 104: Cura das Lajes de betão (km 3+200) – Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

5.12. Construção de valas revestidas

Muitos defeitos que ocorreram na estrada em estudo têm como origem a drenagem superficial deficiente e a principal consequência destes defeitos estão relacionados com a duração da vida útil destes pavimentos, que pode ser inferior àquela que foi previamente definida.

A deficiência na drenagem de águas superficiais pode causar impactos funcionais, afectando a aderência resultante da ligação pneus-superfície do pavimento, reduzindo deste modo o atrito no pavimento das pistas, um factor muito importante para a segurança da circulação. O fenómeno de redução do atrito possibilita a ocorrência da aquaplanagem. Este fenómeno também chamado de hidroplanagem ocorre quando os pneus perdem contacto com o pavimento devido à presença de um filme de água não rompido pelos pneus ou pela textura da pista, deixando assim os pneus a flutuar e escorregar sobre a superfície ao invés de rolar. Quando o atrito é reduzido (praticamente nulo), pode-se perder o controlo da direcção e a frenagem fica prejudicada.

Pode causar também impactos estruturais, reduzindo o desempenho mecânico do pavimento para os quais foi projectado. A acção da água pode ter como consequência na redução do atrito interno dos materiais, o que sob acção de cargas de tráfego, facilita um novo arranjo das partículas constituintes. Dependendo da sensibilidade à água por parte das camadas granulares e do solo de fundação, a água pode gerar deformações no pavimento e outras degradações que afectam a estrutura do pavimento.

Para minimizar os impactos gerados pela falta de drenagem das águas superficiais, houve a necessidade de se conceber um sistema de drenagem de águas constituída por valetas triangular e trapezoidal, e vala rectangular por forma a interceptar-se as águas que chegam ao corpo da estrada provenientes de áreas adjacentes, e captar as águas pluviais que incidam directamente sobre ela, conduzindo-as para local onde desaguam, sem causar danos e efeitos de erosão superficial.

Para a construção das valas utiliza-se o Código 230 da norma de execução da ANE, que serve para estabelecer os procedimentos de construção de valas revestidas em betão.

Para a construção das valas foram utilizados betão de classe B30 produzida na central de betão e malhas de aço #Ø10@200 (preparadas no estaleiro) colocadas de modo a respeitar os recobrimentos mínimos estabelecidos no Código 630 da norma de execução. O recobrimento das armaduras foi de 6 cm para a valeta triangular e laje de fundo da vala rectangular, e de 7 cm para os muretes da vala rectangular. As tarefas desta actividade consistiram essencialmente na implantação das cotas das valas, escavação e regularização da fundação da valeta, controlo de nível e forma da valeta, colocação da cofragem e malha de armadura, betonagem e cura.

Segundo o Código 230 da norma, durante o processo de execução, deve-se:

- Retirar todo o material impróprio e substituir por um material apropriado para servir de superfície. Uma espessura mínima de 75 mm da superfície da vala deve ser compactada;
- Proceder à colocação de betão de limpeza para a regularização da superfície;
- Esticar duas fiadas de folhas de polietileno (0,15 mm de espessura) nas juntas de construção entre os moldes;
- Após cada conjunto de 4 lajes colocar uma junta de dilatação de 10mm preenchida com poliestireno. O fecho da junta de dilatação será feito com betume ou com um material equivalente aprovado pelo Fiscal;
- Pode-se retirar os moldes 24 horas após a betonagem se usar o cimento Portland. O processo de cura deve durar 7 dias. Durante este tempo, deve-se manter húmidas todas a superfícies expostas de betão através da rega frequente, a colocação de areia, sacos húmidos ou o uso de folha plástica;
- A inclinação da valeta deve ser maior que 1% para evitar assoreamento.



Figura 105: Escavação da fundação da valeta triangular (km 3+200) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 106: Escavação da fundação da vala rectangular (km 3+200) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 107: Compactação da fundação da vala rectangular (km 3+200) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 108: Cofragem e armação da valeta triangular (km 3+200) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 109: Betonagem, regularização e talochagem da valeta triangular (km 3+200) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 110: Valeta triangular (km 3+200) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 111: Armação, betonagem e alisamento da laje de fundo da vala rectangular (km 3+200) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 112: Verificação das cotas da laje de fundo da vala rectangular (km 3+200) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 113: Cofragem dos muretes da vala rectangular (km 3+200) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

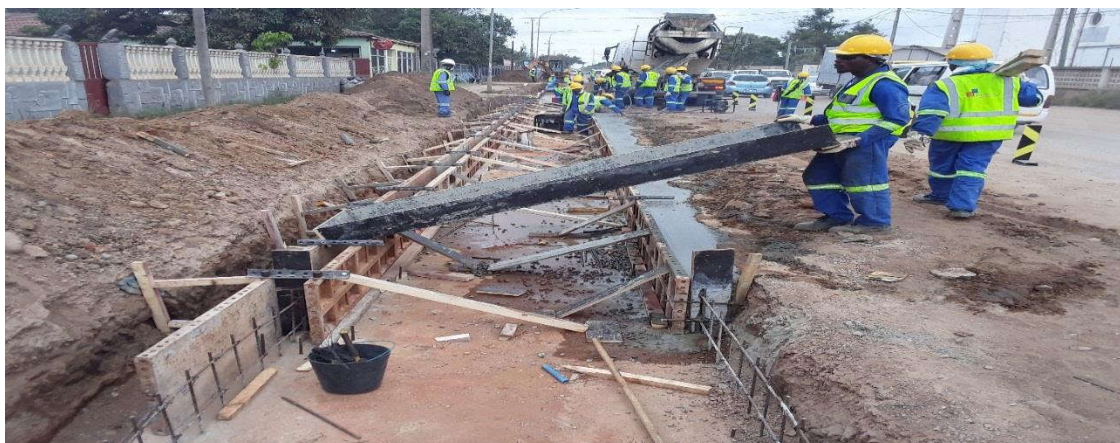


Figura 114: Betogem dos muretes da vala rectangular (km 3+200) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)



Figura 115: Vala rectangular (km 3+200) – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

5.13. Controle de qualidade do betão

Foram realizados ensaios de resistência à compressão de cubos de betão para a a determinação da resistência do betão e verificar se foi atingida a resistência pretendida aos 7, 14 e 28 dias de idade do betão. Para a realização deste tipo de ensaio, foi utilizado o Código 731 referente à norma de execução da ANE.

Segundo a norma, é recomendável a colheita da amostra ser efectuada a meio da descarga da amassadura para assegurar que a mistura foi bem realizada. Após a cura, os provetes foram sujeitos à ensaio de compressão em equipamento chamado prensa hidráulica de modo a determinar as suas resistências nas idades pretendidas.

Nas Tabelas 23 e 24 são apresentados uma parte dos resultados obtidos nos ensaios de compressão do betão utilizado, tendo-se verificado assi, conformidade com as especificações técnicas utilizadas.



Figura 116: Controle de qualidade do betão – Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

Tabela 23: Resistência à compressão do betão utilizado na construção da passagem molhada

Amostra	Elemento a Betonar	Tipo / Classe	Data de		Idade do provete	Slump (mm)	Peso (kg)	Força (kN)	Tensao (Mpa)	Tensao Media (Mpa)
			Fabrico	Ensaio						
1	Drift	C25/30/S3	22.Nov.22	29.Nov.22	7	90	7,489	426,64	18,96	19,3
2		C25/30/S3	22.Nov.22	29.Nov.22	7	90	7,507	439,87	19,55	
3		C25/30/S3	22.Nov.22	06.Dec.22	14	90	7,568	637,04	28,31	28,4
4		C25/30/S3	22.Nov.22	06.Dec.22	14	90	7,593	640,45	28,46	
5		C25/30/S3	22.Nov.22	20.Dec.22	28	90				
6		C25/30/S3	22.Nov.22	20.Dec.22	28	90				

Tabela 24: Resistência à compressão do betão utilizado na construção da valeta

Amostra	Elemento a Betonar	Tipo / Classe	Data de		Idade do provete	Slump (mm)	Peso (kg)	Força (kN)	Tensao (Mpa)	Tensao Media (Mpa)
			Fabrico	Ensaio						
1	Valeta	C25/30/S3	14.Dec.22	21.Dec.22	7	130	8,060	608	27,0	27,3
2		C25/30/S3	14.Dec.22	21.Dec.22	7	130	8,183	614	27,3	
3		C25/30/S3	14.Dec.22	21.Dec.22	7	130	7,930	618	27,5	
4		C25/30/S3	14.Dec.22	11.Jan.23	28	130	7,899	833	37,0	37,3
5		C25/30/S3	14.Dec.22	11.Jan.23	28	130	7,847	847	37,6	
6		C25/30/S3	14.Dec.22	11.Jan.23	28	130	7,878	839	37,3	

5.14. Ensaio do betume

Foram realizados os seguintes ensaios para o controlo de qualidade da mistura betuminosa (Medium Continuously Graded Asphalt):

- ✓ Análise Granulométrica;
- ✓ Percentagem de Betume;
- ✓ Baridades;
- ✓ Porosidades;
- ✓ Estabilidades;
- ✓ Deformações.

A partir dos ensaios supracitados, determinaram-se os parâmetros definidos nas especificações da SATCC tabela 4203/1, tendo-se verificado conformidade com os

resultados obtidos. É apresentado na Tabela 25 o resumo das características da mistura betuminosa obtidas pelos ensaios de controle de qualidade.

Tabela 25: Requisitos para a mistura betuminosa e valores obtidos

Ensaio realizado	Unidade	Limites STACC	Valores Médios Obtidos	
			15.12.2022	16.12.2022
Porcentagem de Betume	(%)	5.3 % ± 0.3	5.32	5.10
Baridade	g/cm ³	-	2.315	2.317
Estabilidade Marshall	KN	3,5 a 12,5	12.3	12.5
Deformação	mm	2 a 4	3.6	3.7
Porosidade	%	3 a 5	4.8	5.0
Relação ponderal de filler / betume	-	1,0 a 1,5	1.1	1.1
Estabilidade /deformação	KN/mm	2 -3,5	3.4	3.5

Os mesmos valores obtidos podem ser comparados com as especificações técnicas apresentadas pela TRH14, verificando-se deste modo conformidade.

Tabela 26: Requisitos para a mistura betuminosa a quente

Property	Continuously graded (BC and TC)	
	Min	Max
Marshall stability (kN)	6.0	12.0
Marshall flow (mm)	2.0	4.0
Voids in mix (%)	2.0	6.0
Stability/flow (kN/mm)	2.0	—
Immersion Index (%)	75	—

BC and TC – Continuous grading

Fonte: TMH14

No Anexo D é apresentado os detalhes dos resultados ensaios de controle de qualidade obtidos da mistura betuminosa.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. Conclusões

Com o acompanhamento das actividades realizadas durante o período de estágio e a realização do presente trabalho, foi possível concluir que, muitas vezes, o principal problema nas estradas está relacionado com a drenagem das águas, desde a sua concepção até a manutenção.

Tendo em conta o nível de qualidade e de transitabilidade do pavimento existente em alguns troços da estrada e atendendo às características mecânicas dos materiais que constituem a estrutura do pavimento assim como o tempo de vida do pavimento e o volume do tráfego que flui na estrada em análise, pode-se verificar conformidade com as especificações das normas em relação aos materiais e dimensões do pavimento.

Com as intervenções da solução de beneficiação, os impactos poderão ser directos assim como indirectos, favorecendo aos utentes em relação ao tempo de viagem e custos operacionais e, até certo ponto, responderão positivamente em termos de economia, custo de manutenção, comodidade e segurança.

6.2. Recomendações

Mediante o acompanhamento das actividades realizadas nas obras de emergência para à reposição da transitabilidade na estrada R807, troço coca-cola/matola gare, recomenda-se maior participação da instituição ANE, IP nas actividades de controle de qualidade dos materiais empregues nas camadas do pavimento, uma vez que esta instituição dispõe de um laboratório equipado e pessoal qualificado para o efeito.

Para além do ensaio com o Troxler, podia-se realizar o ensaio de garrafa de areia na plataforma da estrada com vista a controlar o grau de compactação e as espessuras das camadas do pavimento.

A construção das valas foi realizada praticamente em um período em que se verificaram chuvas fortes. Mediante este acontecimento, recomenda-se que a construção das valas inicie da cota mais baixa para a mais alta sob a pena de a secção trabalhada sofrer erosão antes de atingir a resistência necessária do betão, devido à energia cinética.

Recomenda-se conceber uma estrutura de drenagem de modo que o escoamento das águas pluviais provenientes da estrada não cause prejuízos à população ao redor da via.

7. BIBLIOGRAFIA

7.1. Referências bibliográficas

1. Administração Nacional de Estradas (2013). *Especificações Técnicas para Obras de Manutenção de Rotina Estradas Pavimentadas e Não Pavimentadas por Nível de Serviço e Qualidade*.
2. Administração Nacional de Estradas (2015). *NORMAS DE EXECUÇÃO*..
3. Chembeze, S. D. (2006). *Estudo Experimental das Características Mecânicas de Solos Evolutivos em Aterros de Estradas de Baixo Custo e Sujeitas a Ciclos de Molhagem - Secagem*. (Dissertação de mestrado). Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
4. Committee os State Road Authotities. (1985). *TRH14: Guidelines for Road Construction Materials*. Pretoria, Pretoria, South Africa: Department of Transport.
5. Cunha, H. C., & De Oliveira, R. F. (n.d.). Dimensionamento de um Pavimento Flexível entre os Municípios de Monte Carmelo e Abadia dos Dourados.
6. Instituto Nacional de Estatística. (2013). *Estatísticas do distrito de Cidade da Matola*. Moçambique: Instituto Nacional de Estatística. Retrieved 12 22, 2022, from <http://www.ine.gov.mz/estatisticas/estatisticas-territorias-distritais/maputo-provincia/novembro-de-2013/cidade-da-matola.pdf/view>
7. José, A. S. (2014). *Avaliação das condições superficiais em estradas não - pavimentadas, caso da Vilankulo Madeira - Chibuene. (Trabalho de conclusão do curso para obtenção do título de licenciatura)*. Vilankulo, Moçambique: Escola Superior do Desenvolvimento Rural da Universidade Eduardo Mondlane.
8. Junior, I. P. (2019). *Estudo sobre estabilização de solo com material fresado de pavimentação asfáltica*. (Dissertação de Doutorado). São Carlos, Brasil: Universidade Federal de São Carlos - Centro de ciências exactas e de tecnologia.
9. Maré, F. L. (2011). *Histórias das Infra-Estruturas Rodoviárias*. (Dissertação de mestrado). Porto, Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Retrieved Outubro 28, 2022, from <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/61562/1/000148960.pdf>
10. Marques, G. L. (2006). *Notas de Aula da Disciplina - Pavimentação TRN 032*. Faculdade de Engenharia - Universidade Federal de Juiz de Fora. Retrieved Outubro 23, 2022, from <https://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2009/03/Notas-de-Aula-Prof.-Geraldo.pdf>
11. Martins, M. P. (2018). *Estabilização de solos para fins de pavimentação. (Trabalho de conclusão do curso para obtenção do título de Bacharel)* Ituverava, São Paulo, Brasil: Faculdade de Filosofia Ciências e Letras.
12. Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos. (2021). *Normas para Estradas Urbanas Municipais: Guião para a Elaboração de Projectos de Estradas Urbanas Municipais*. Moçambique: Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos.

13. Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos. (2021). *Normas para Estradas Urbanas Municipais: Manual de Construção e Manutenção de Estradas Urbanas Municipais*. Moçambique: Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos.
14. Miranda, A. G., & Da Silva, G. S. (2022). *Patologias na Pavimentação e Drenagem Urbana - Estudo De Caso: Av. Perimetral, Em Belém-Pa, Brasil*.
15. Oda, S., & Camargo, D. (2019). *Estradas*. Londrina: Educacional S.A. Retrieved
16. SATCC - Divisão de Tecnologias de Estradas e Transportes, CSIR. (1998). *Código de boas práticas para o dimensionamento de pavimentos de estradas*.
17. Silva, E. O. (2021). *Avaliação de patologias em pavimentos flexíveis: Estudo do caso - Avenida Beira-mar Norte, Florianópolis, SC*. (Dissertação de mestrado). Florianópolis, Brasil: Universidade Federal De Santa Catarina.
18. Souza, M. J. (2004). *Patologias em pavimentos flexíveis*. São Paulo, Brasil: Universidade Anhembi Morumbi.

8. ANEXOS

Anexo A: Levantamentos topográficos dos trechos em análise

Anexo B: Carta de solos da província de Maputo

Anexo C: Detalhes dos resultados dos estudos laboratoriais e dos ensaios de controlo de qualidade das camadas de base e de sub-base

Anexo D: Controlo de qualidade da mistura betuminosa a quente

Anexo E: Peças desenhadas dos trechos antiga fábrica Coca-Cola (PK 0+083 à PK 0+216), Cruzamento da mafurreira (PK 3+165 à PK 3+265), e Socimol/ MEREC (PK 5+800 à PK 6+000).

Anexo A: Levantamentos topográficos dos trechos em análise

Anexo B: Carta de solos da província de Maputo

Legenda *

Cores das unidades de mapeamento

ISRIC
P.O. Box 353
6700 AJ Wageningen
The Netherlands

- FT
- FG
- FS
- FE
- DC
- AA
- dAA
- AJ
- dAJ
- AB
- Ah
- G
- MA
- MM
- MC
- PA
- PM
- SI
- WV
- WP
- WK
- RV
- RI
- BI
- BP
- BV
- BC
- lago

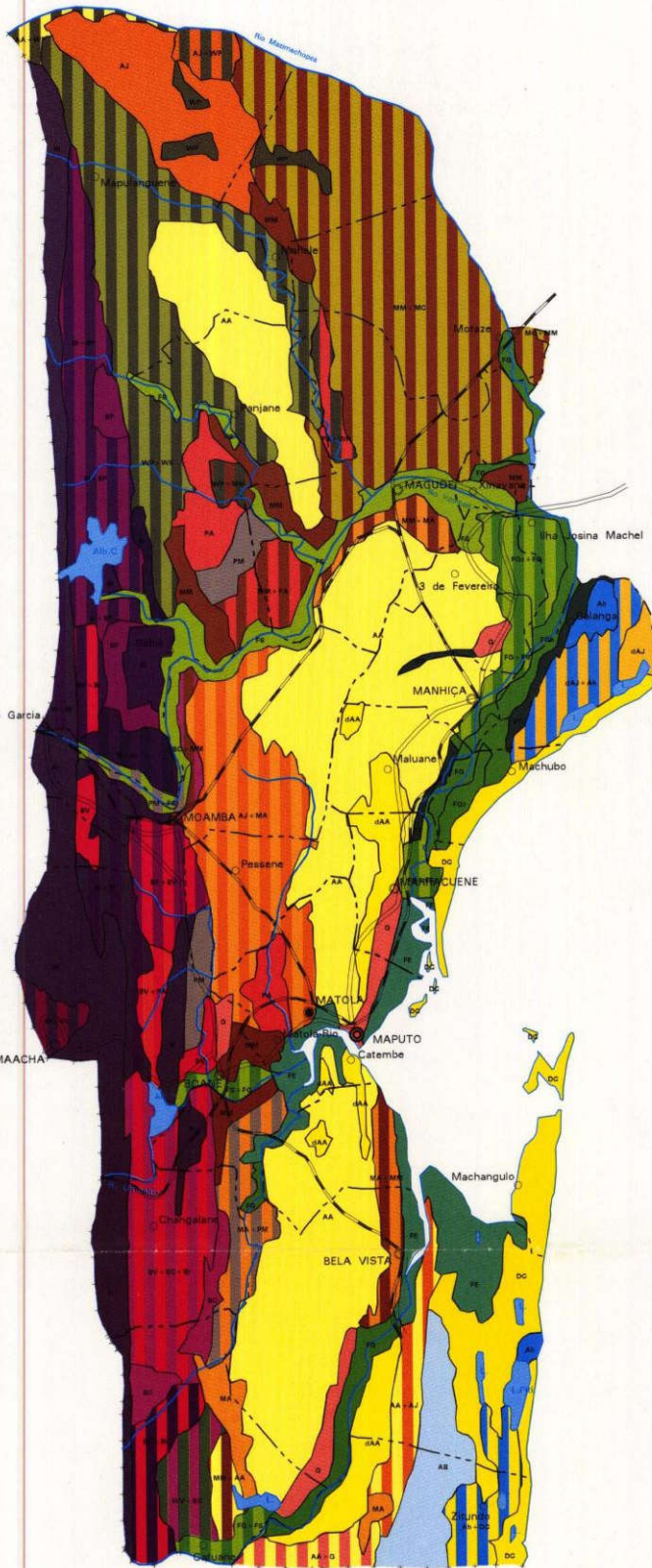
* A legenda explicativa é apresentada em separado

CONVENÇÕES

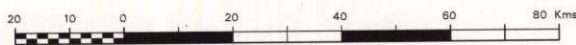
- + + + Limite da Fronteira
- - - Limite da Província
- - - Limite de Distrito
- - - Limite de Posto
- Estrada Principal
- Caminho de Ferro
- Rio
- ⊙ Capital do País
- Capital da Província
- Sede de Distrito
- Sede de Posto

PROVÍNCIA DE MAPUTO

CARTA DE SOLOS



ESCALA 1 : 1 000 000



Compilado por INIA/DTA, 1994
Imprensa financiada pela cooperação bilateral Países Baixos-Moçambique

GEOLOGY	PARENT MATERIAL	SOIL DIFFERENTIATING CRITERIA	SOIL PHASE	SYMBOL	
Alluvial and fluvio-marine areas	alluvial sediments	- clayey soils - sandy soils - soils with peaty layer	- - -	- FG - FS - FT	
	estuarine marine sediments	clayey soils	-	FE	
Sedimentary basin	coastal dunes	sandy soils	-	DC	
	cover sands and interior dunes	- yellow sandy soils - orange sandy soils - white sandy soils - unspecified sandy soils	- - dune topography - - dune topography - - - dune topography * - hydromorphic	- AA - dAA - AJ - dAJ - AB - A - dA * - Ah	
	red sandstone	sandy soils	-	G	
	Mananga sediments	- soils with sand cover < 50 cm - soils with sand cover 50-100 cm - unspecified soils	- - -	- MM - MA - M	
		clayey colluvial soils	-	MC	
	Post-Mananga deposits	- coarse-textured soils - fine- and medium-textured soils	- -	- PA - PM	
	pebbles deposits	- moderately deep soils - shallow soils < 30 cm	- - lithic	- SC - SI	
	calcareous sedimentary rocks	- red soils - brown soils	- -	- WV - WK	
Other sedimentary rocks	- deep soils - moderately deep soils	- -	- WM - WP		
Igneous rocks areas	Rhyolites	- depth < 30 cm - depth > 30 cm	- lithic -	- RI - RV	
	basalts	depth < 30 cm	lithic	- BI	
		depth > 30 cm	- black soils - red soils - colluvial soils	- - -	- BP - BV - BC
Precambrian shield	Acid rocks	shallow soils	-	I	
		red soils	coarse texture	- - dystic	- VA - VAp
			medium texture	- - oxic - dystic	- VM - VMo - VMp
			fine texture	- - oxic - dystic	- VG - VGo - VGp
		brown soils	coarse texture	- - mottled - dystic	- KA - KAg - KAp
			medium texture	- - oxic	- KM - KMo
			fine texture	- - oxic	- KG - KGo
	colluvial soils	- coarse texture - medium texture - fine texture - unspecified texture	- - - -	- CA - CM - CG - C	
	Basic rocks	red soils		basic parent rock	VGb
		brown soils		basic parent rock **	KGb **

Anexo C: Detalhes dos resultados dos estudos laboratoriais e dos ensaios de controlo de qualidade das camadas de base e de sub-base

AC.1. Determinação das características mecânica da base alocada

AC.2. Controlo de qualidade (baridade in situ) das camadas de sub-base e base

AC.1. Determinação das características mecânicas da base alocada

1. INTRODUÇÃO

AC.1. Determinação das características mecânicas da base alocada

O laboratório da Empresa Construções JJR & Filhos Moçambique, SA. procedeu de acordo com o estabelecido nas Especificações SATCC à análise dos resultados realizados da amostra de Agregado Britado de Granulometria Extensa proveniente da Pedreira de Moamba para aplicação em camada de base, na obra: **“EMERGÊNCIA DA ESTRADA R807, COCA-COLA/ MATOLA-GARE”**.

O laboratório da empresa encontra equipado com recursos humanos devidamente habilitados e equipamento sujeito a verificações e calibrações periódicas.

Os boletins de todos os ensaios encontram-se em anexo.

2. ENSAIOS REALIZADOS E DOCUMENTOS NORMATIVOS

- Proctor Modificado.....TMH1 A7
- UCS.....TMH1 A14
- ITS.....TMH1 A16T

3. RESULTADOS DOS ENSAIOS

Os resultados dos ensaios são apresentados no quadro seguinte.

Tabela 1: **CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS**

Designação	Limites Exigidos - COLTO Table 3402/1/3	
% ABGE + 3.0% OPC		
Proctor. Modificado	2.155 g/cm ³ &	-----
ITS – Resistência à Tracção Indirecta – 7 dias	339.5	≥ 250 kPa
UCS - Resistência à compressão - 7 dias	2.8	1.5 - 3

LABORATÓRIO

Código da obra:	MZ.1084/22	Tipo de Material em Estudo G1 [ABGE] Pedreira de Moamba + 3% OPC
Nome da obra:	Obras de Emergência da Estrada R807, Coca-Cola/ Matola-Gare	
Dono de Obra:	MOTA ENGL, SA	Amostra n.º S01.20

Ensaio de Proctor Modificado

Código de Ensaio: **CP**

Norma ou Especificação **TMH1 A7**

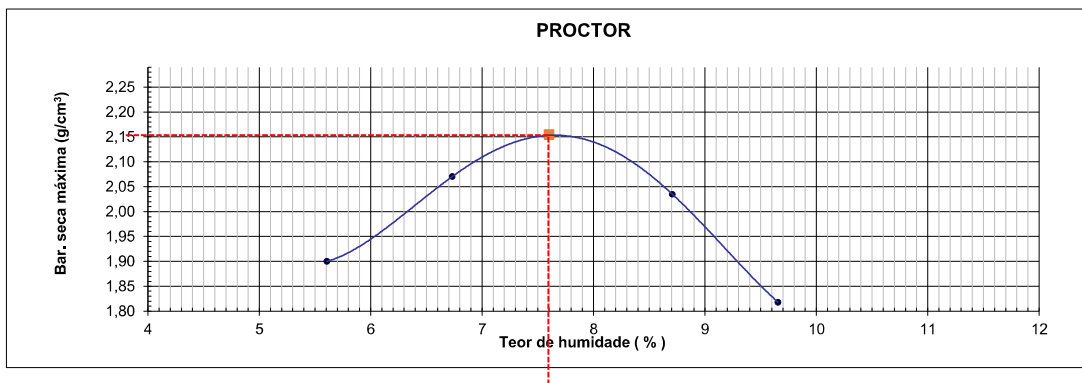
COMPACTAÇÃO

Número de golpes por camada			55	55	55	55	55
Número de camadas			5	5	5	5	5
V	Volume do molde	cm3	2288	2288	2288	2288	2288
P1	Peso do molde	gr.	4889	4889	4889	4889	4889
P2	Peso molde + solo húmido	gr.	9480	9945	10190	9950	9450
P3=P2-P1	Peso solo húmido	gr.	4591	5056	5301	5061	4561
$\gamma_w=P3/V$	Baridade húmida	gr./cm3	2,007	2,210	2,317	2,212	1,993

TEORES DE HUMIDADE



Número da cápsula			S06	S07	S08	S09	S10
t	Tara	0,01 gr.	111,25	100,85	100,06	109,54	108,36
P4	Peso solo húmido + tara	0,01 gr.	633,05	644,82	643,98	643,85	620,75
P5	Peso solo seco + tara	0,01 gr.	605,35	610,51	605,55	601,05	575,63
P6=P4-P5	Peso da água	0,01 gr.	27,70	34,31	38,43	42,80	45,12
P7=P5-t	Peso solo seco	0,01 gr.	494,1	509,7	505,5	491,5	467,3
$\omega=P6/P7*100$	Teor em água	0,1%	5,6	6,7	7,6	8,7	9,7
$\gamma_s=\gamma_w/(100+\omega)*100$	Baridade seca	gr./cm3	1,900	2,070	2,153	2,035	1,818

PROCTOR



γ_s (máx.)= **2,155**

ω (ópt.)= **7,6%**

Ensaio:	Verificou:	Em conformidade: Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
 28/10/2022	 28/10/2022	

LABORATÓRIO

Código da obra:	MZ.1084/22	Tipo de Material em Estudo
Nome da obra:	Obras de Emergência da Estrada R807, Coca-Cola/ Matola-Gare	G1 [ABGE] Pedreira de Moamba + 3% OPC
Dono da obra:	MOTA ENGLI, SA	Amostra n.º S01.20

Unconfined Compressive Strength (UCS)

Código do ensaio:: **UCS**

Norma ou Especificação: **TMH1 A14**

COMPACTAÇÃO			
Data do fabrico do provete	28-Oct-22		
Teor em cimento %	3,0%		
Número do molde	UA	UA	UA
Número de golpes por camada	55	25	55
Número de camadas	5	5	3

PROCTOR						
gs (máx)	Baridade Seca Máxima	g/cm ³	2,155			
ω	Teor de humidade óptimo	%	7,6%			
	Grau de compactação	%	100%		95%	
V	Volume do molde	cm ³	2219	2219	2219	2219
P1	Peso do molde	g	5456	5456	5456	5456
P2	Peso molde + material húmido	g	10590	10565	10350	10310
P3=P2-P1	Peso do material húmido	g	5134	5109	4894	4854
gw=P3/V	Baridade húmida	g/cm ³	2,314	2,302	2,205	2,187

TEORES DE HUMIDADE						
	Número da cápsula		20	22	24	
t	Tara	0,01 g	110,00	111,00	110,10	
P4	Peso do material húmido + Tara	0,01 g	610,70	612,81	620,46	
P5	Peso do material seco + Tara	0,01 g	577,40	579,38	585,24	
P6=P4-P5	Peso da água	0,01 g	33,3	33,4	35,2	
P7=P5-t	Peso do material seco	0,01 g	467,4	468,4	475,1	
w=P6/P7*100	Teor de humidade	0,1%	7,1	7,1	7,4	
gs=gs/(100+w)*100	Baridade seca	g/cm ³	2,155	2,050	1,951	
	Grau de compactação	0,1%	100,0	95,1	90,5	

DADOS DOS PROJETES						
	Tempo de cura (dias)		7 dias			
	Diâmetro (m)		0,1523	0,1523	0,1523	0,1523
	Área (m ²)		0,01822	0,01822	0,01822	0,01822
	Carga de Ruptura (kN)		60,63	58,36	43,85	44,06
	Resistência - UCS (MPa)		3,33	3,20	2,41	2,42
	Média da Resistência - UCS (MPa)		3,27		2,41	2,02

Resistência - UCS (MPa) - 97% MOD - AASHTO	2,80
Resistência - ITS (kPa) - 100% MOD - AASHTO	339,53

Ensaiou:	Verificou:	Em conformidade: Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
 29-Oct-22	 29-Oct-22	

LABORATÓRIO

Código da obra:	MZ.1084/22	Tipo de Material em Estudo
Nome da obra:	Obras de Emergência da Estrada R807, Coca-Cola/ Matola-Gare	G1 [ABGE] Pedreira de Moamba + 3% OPC
Dono de obra:	MOTA ENGIL, SA	Amostra n.º S01.20

indirect tensile strength (ITS)

Código do ensaio:: **ITS**

Norma ou Especificação: **TMH1 A16T**


COMPACTAÇÃO			
Data do fabrico do provete	28-Oct-22		
Teor em cimento %	3,0%		
Número do molde	UA	UA	UA
Número de golpes por camada	55	55	55
Número de camadas	5	5	5

PROCTOR			
γ_s (máx)	Baridade Seca Máxima	g/cm ³	2,155
ω	Teor de humidade óptimo	%	7,6%
	Grau de compactação		100,0%
V	Volume do molde	cm ³	2219
P1	Peso do molde	g	5456
P2	Peso molde + material húmido	g	10601
P3=P2-P1	Peso do material húmido	g	5145
$\gamma_w=P3/V$	Baridade húmida	g/cm ³	2,319

TEORES DE HUMIDADE					
	Número da cápsula		23	24	25
t	Tara	0,01 g	110,0	113,1	110,0
P4	Peso do material húmido + Tara	0,01 g	520,11	520,68	519,62
P5	Peso do material seco + Tara	0,01 g	492,81	493,18	492,55
P6=P4-P5	Peso da água	0,01 g	27,3	27,5	27,1
P7=P5-t	Peso do material seco	0,01 g	382,8	380,1	382,6
$\omega=P6/P7*100$	Teor de humidade	0,1%	7,1	7,2	7,1
$\gamma_s=\gamma_w/(100+\omega)*100$	Baridade seca	g/cm ³	2,164	2,166	2,17
	Grau de compactação	0,1%	100,4	100,5	100,6

DADOS DOS PROVETES				
	Tempo de cura (dias)	7 Dias		
	Diâmetro (m)	0,15230	0,15230	0,15230
	Áltura (m)	0,12720	0,12720	0,12720
	Carga de Ruptura (kN)	10,85	10,62	9,51
	Resistência - ITS (KPa)	356,73	349,17	312,68
	Média da Resistência - ITS (KPa)	339,53		

Resistência - ITS (kPa) - 100% MOD - AASHTO	339,53
---	--------

Ensaiou:	Verificou:	Em conformidade: Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
 29-Oct-22	 29-Oct-22	

**AC.2. Controlo de qualidade (baridade in situ) das camadas de sub-base e base
LABORATÓRIO (sub-base)**

Código da obra:	MZ:1084/22	Tipo de Material em Estudo IN-SITTU
Nome da obra:	OBRAS DE EMERGÊNCIA DA ESTRADA R807/ COCA-COLA/ MATOLA-GARE	
Dono de Obra:	ANE - ADMINISTRAÇÃO NACIONAL DE ESTRADAS	Amostra n.º S001

Ensaio de Proctor Modificado

Código de Ensaio: **CP**

Norma ou Especificação **TMH1 A7**

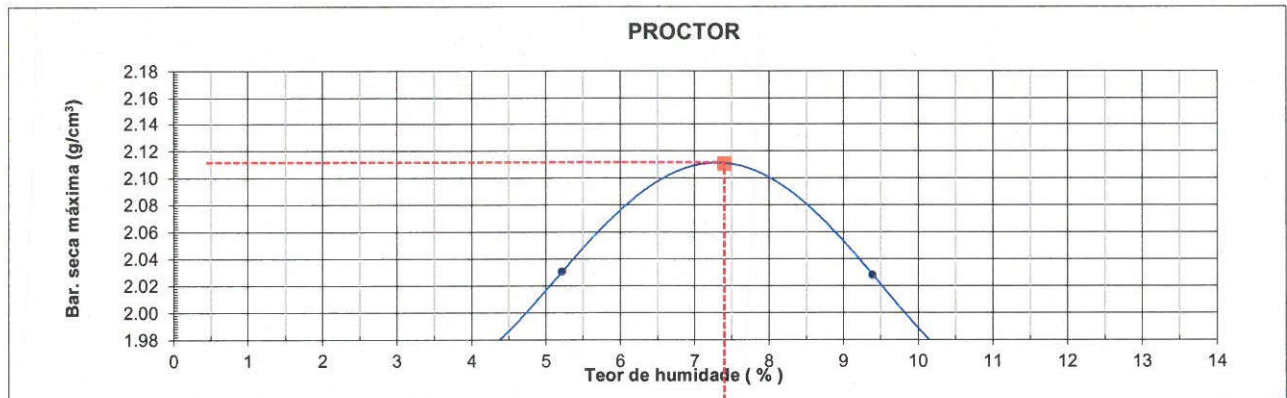
COMPACTAÇÃO

Número de golpes por camada			55	55	55	55	55
Número de camadas			5	5	5	5	5
V	Volume do molde	cm ³	2303	2303	2303	2303	2303
P1	Peso do molde	gr.	4947	4947	4947	4947	4947
P2	Peso molde + solo húmido	gr.	9608	9868	10168	10057	9963
P3=P2-P1	Peso solo húmido	gr.	4661	4921	5221	5110	5016
$\gamma_w = P3/V$	Baridade húmida	gr./cm ³	2.024	2.137	2.267	2.219	2.178

TEORES DE HUMIDADE

Número da cápsula			A7	A9	F1	T14	T8
t	Tara	0,01 gr.	52.3	49.0	43.7	52.1	44.8
P4	Peso solo húmido + tara	0,01 gr.	280.1	270.6	291.1	287.4	279.1
P5	Peso solo seco + tara	0,01 gr.	273.0	259.6	274.1	267.2	254.9
P6=P4-P5	Peso da água	0,01 gr.	7.1	11.0	17.0	20.2	24.2
P7=P5-t	Peso solo seco	0,01 gr.	220.7	210.6	230.4	215.1	210.1
$\omega = P6/P7 \cdot 100$	Teor em água	0.1%	3.2	5.2	7.4	9.4	11.5
$\gamma_s = \gamma_w / (100 + \omega) \cdot 100$	Baridade seca	gr./cm ³	1.961	2.031	2.111	2.028 *	1.953

PROCTOR



γ_s (máx.)= **2.111**

ω (ópt.)= **7.4%**

Ensaiou:	Verificou:	Em conformidade: Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
<i>Alber Tamas</i> 30-Nov-22	<i>[Signature]</i> 30-Nov-22	PK:5+795 A PK:6+000



Código da obra:	MZ.1084/22	Tipo de Material em Estudo
Nome da obra:	OBRAS DE EMERGÊNCIA DA ESTRADA R807/ COCA-COLA/ MATOLA-GARE	IN-SITU
Dono de Obra:	ANE- ADMINISTRAÇÃO NACIONAL DE ESTRADAS	

ANE - ADMINISTRAÇÃO NACIONAL DE ESTRADAS

Baridade "in situ" (sub-base)

Valores dos Ensaio Laboratoriais			
Amostra de Ref. :	S01	Baridade Máxima (Kg/m ³)	2111
Teor de Agua Óptimo (%)	7.4%	Peso Especifico (Kg/m ³)	
Calibração do dia	2856	MS-Humidade Standa	450

Nº de Ensaio	Prof. (mm)	Perfil/Km	Faixa de Rodagem	Barid.Hú mida (Kg/m ³)	Baridade Seca (Kg/m ³)	Teor Húmidad e (%)	Grau Compacta ção (%)	Camada	Média teor humidade (%)	Média Compactaç ão (%)
1	150	5+810	esq	2213	2076	6.6	98.3	SUB-BASE	6.6	97.7
			esq	2184	2051	6.5	97.1			
			esq	2200	2064	6.6	97.8			
2	150	5+830	ctro	2195	2063	6.4	97.7	SUB-BASE	6.5	98.2
			ctro	2216	2083	6.4	98.7			
			ctro	2192	2054	6.7	97.3			
3	150	5+850	drta	2203	2059	7.0	97.5	SUB-BASE	6.9	98.0
			drta	2220	2079	6.8	98.5			
			drta	2215	2070	7.0	98.1			
4	150	5+910	ctro	2218	2075	6.9	98.3	SUB-BASE	6.8	97.8
			ctro	2198	2054	7.0	97.3			
			ctro	2200	2064	6.6	97.8			
5	150	5+930	esq	2196	2064	6.4	97.8	SUB-BASE	6.7	98.2
			esq	2218	2081	6.6	98.6			
			esq	2220	2075	7.0	98.3			
6	150	5+950	ctro	2181	2044	6.7	96.8	SUB-BASE	6.7	97.1
			ctro	2195	2061	6.5	97.6			
			ctro	2186	2047	6.8	97.0			
7	150	5+970	drta	2218	2083	6.5	98.7	SUB-BASE	6.5	98.3
			drta	2198	2058	6.8	97.5			
			drta	2216	2085	6.3	98.8			
MÉDIA									6.7	97.9

Ensaio:	verificou:	Em conformidade: Sim Não <input type="checkbox"/>
<i>Albu Tama's</i> 02-Dec-22	<i>[Signature]</i> 02-Dec-22	Obs

LABORATÓRIO (base)

Código da obra:	MZ:1084/22	Tipo de Material em Estudo
Nome da obra:	OBRAS DE EMERGÊNCIA DA ESTRADA R807/ COCA-COLA/ MATOLA-GARE	
Dono de Obra:	ANE - ADMINISTRAÇÃO NACIONAL DE ESTRADAS	Amostra n.º S001

Ensaio de Proctor Modificado

Código de Ensaio: CP

Norma ou Especificação TMH1 A7

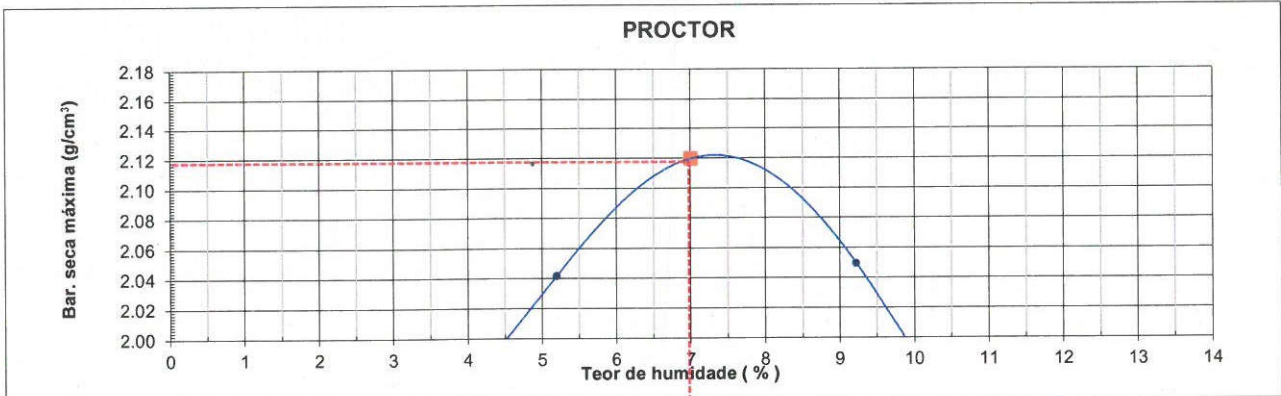
COMPACTAÇÃO

Número de golpes por camada			55	55	55	55	55
Número de camadas			5	5	5	5	5
V	Volume do molde	cm ³	2278	2278	2278	2278	2278
P1	Peso do molde	gr.	4950	4950	4950	4950	4950
P2	Peso molde + solo húmido	gr.	9556	9843	10117	10050	9923
P3=P2-P1	Peso solo húmido	gr.	4606	4893	5167	5100	4973
$\gamma_w=P3/V$	Baridade húmida	gr./cm ³	2.022	2.148	2.268	2.239	2.183

TEORES DE HUMIDADE

Número da cápsula			B4	N4	F1	T14	T8
t	Tara	0,01 gr.	116.0	116.2	113.0	113.3	43.5
P4	Peso solo húmido + tara	0,01 gr.	395.1	421.8	455.4	397.7	293.6
P5	Peso solo seco + tara	0,01 gr.	386.4	406.7	433.0	373.7	270.7
P6=P4-P5	Peso da água	0,01 gr.	8.7	15.1	22.4	24.0	22.9
P7=P5-t	Peso solo seco	0,01 gr.	270.4	290.5	320.0	260.4	227.2
$\omega=P6/P7*100$	Teor em água	0.1%	3.2	5.2	7.0	9.2	10.1
$\gamma_s=\gamma_w/(100+\omega)*100$	Baridade seca	gr./cm ³	1.959	2.042	2.120	2.050 *	1.983

PROCTOR



γ_s (máx.)= 2.120

ω (ópt.)= 7.0%

Ensaiou:	Verificou:	Em conformidade: Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
<i>Alfonso Tamas</i>	<i>[Signature]</i>	PK:5+795 A PK:6+000
10-Nov-22	10-Nov-22	

LABORATÓRIO (base)

Código da obra:	MZ:1084/22	Tipo de Material em Estudo ABGE+ 3,0% OPC
Nome da obra:	OBRAS DE EMERGÊNCIA DA ESTRADA R807/ COCA-COLA/ MATOLA-GARE	
Dono de obra:	ANE - ADMINISTRAÇÃO NACIONAL DE ESTRADAS	Amostra n.º S01

Unconfined Compressive Strength (UCS)

Código do ensaio: **UCS**

Norma ou Especificação: **TMH1 A14**

COMPACTAÇÃO			
Data do fabrico do provete	2-Dec-22		
Teor em cimento %	3.0%		
Número do molde	UA	UA	UA
Número de golpes por camada	55	55	55
Número de camadas	5	5	5

PROCTOR			
γ_s (máx)	Baridade Seca Máxima	g/cm ³	2.120
ω	Teor de humidade óptimo	%	7.0%
V	Volume do molde	cm ³	2303
P1	Peso do molde	g	5442
P2	Peso molde + material húmido	g	10672
P3=P2-P1	Peso do material húmido	g	5230
$\gamma_w=P3/V$	Baridade húmida	g/cm ³	2.271

TEORES DE HUMIDADE			
	Número da cápsula		A4
t	Tara	0,01 g	46.6
P4	Peso do material húmido + Tara	0,01 g	325.2
P5	Peso do material seco + Tara	0,01 g	307.0
P6=P4-P5	Peso da água	0,01 g	18.2
P7=P5-t	Peso do material seco	0,01 g	260.4
$\omega=P6/P7*100$	Teor de humidade	0.1%	6.99
$\gamma_s=\gamma_w/(100+\omega)*100$	Baridade seca	g/cm ³	2.123
	Grau de compactação	0.1%	100.1

DADOS DOS PROVETES				
	Tempo de cura (dias)	7 DIAS		
	Diâmetro (m)	0.1523	0.1523	0.1523
	Área (m ²)	0.01822	0.01822	0.01822
	Carga de Ruptura (kN)	104.38	110.18	107.69
	Resistência - UCS (MPa)	5.730	6.048	5.911
	Média da Resistência - UCS (MPa)	5.90		

Ensaiou:	Verificou:	Em conformidade: Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
2-Dec-22 	9-Dec-22 	PK:5+795 A PK:6+000

LABORATÓRIO (base)

Código da obra:	MZ:1084/22	Tipo de Material em Estudo ABGE+ 3,0% OPC
Nome da obra:	OBRAS DE EMERGÊNCIA DA ESTRADA R807/ COCA-COLA/ MATOLA-GARE	
Dono de obra:	ANE - ADMINISTRAÇÃO NACIONAL DE ESTRADAS	Amostra n.º S01

Unconfined Compressive Strength (UCS)

Código do ensaio:: **UCS**

Norma ou Especificação: **TMH1 A14**

COMPACTAÇÃO			
Data do fabrico do provete	3-Dec-22		
Teor em cimento %	3.0%		
Número do molde	UA	UA	UA
Número de golpes por camada	55	55	55
Número de camadas	5	5	5

PROCTOR			
γ_s (máx)	Baridade Seca Máxima	g/cm ³	2.120
ω	Teor de humidade óptimo	%	7.0%
V	Volume do molde	cm ³	2303
P1	Peso do molde	g	5442
P2	Peso molde + material húmido	g	10677
P3=P2-P1	Peso do material húmido	g	5235
$\gamma_w=P3/V$	Baridade húmida	g/cm ³	2.273

TEORES DE HUMIDADE			
	Número da cápsula		A9
t	Tara	0,01 g	49.2
P4	Peso do material húmido + Tara	0,01 g	312.0
P5	Peso do material seco + Tara	0,01 g	294.8
P6=P4-P5	Peso da água	0,01 g	17.2
P7=P5-t	Peso do material seco	0,01 g	245.6
$\omega=P6/P7*100$	Teor de humidade	0.1%	7.00
$\gamma_s=\omega/(100+\omega)*100$	Baridade seca	g/cm ³	2.124
	Grau de compactação	0.1%	100.2

DADOS DOS PROVETES				
	Tempo de cura (dias)	7 DIAS		
	Diâmetro (m)	0.1523	0.1523	0.1523
	Área (m ²)	0.01822	0.01822	0.01822
	Carga de Ruptura (kN)	98.40	98.49	90.46
	Resistência - UCS (MPa)	5.401	5.406	4.966
	Média da Resistência - UCS (MPa)	5.26		

Ensaio:	Verificou:	Em conformidade: Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
3-Dec-22 	 10-Dec-22	PK:5+795 A PK:6+000

Código da obra:	MZ.1084/22	Tipo de Material em Estudo
Nome da obra:	OBRAS DE EMERGÊNCIA DA ESTRADA R807/ COCA-COLA/ MATOLA-GARE	TOUT-VENANT + 3% OPC
Dono de Obra:	ANE - ADMINISTRAÇÃO NACIONAL DE ESTRADAS	

Baridade "in situ" (base)

Valores dos Ensaios Laboratoriais			
Amostra de Ref. :	S01	Baridade Máxima (Kg/m ³)	2120
Teor de Agua Óptimo (%)	7%	Peso Especifico (Kg/m ³)	
Calibração do dia	2860	MS-Humidade Standa	570

Nº de Ensaio	Prof. (mm)	Perfil/Km	Faixa de Rodagem	Barid.Hú mida (Kg/m ³)	Baridade Seca (Kg/m ³)	Teor Húmidad e (%)	Grau Compactação (%)	Camada	Média teor humidade (%)	Média Compactação (%)
1	150	5+810	esq	2289	2139	7.0	100.9	BASE	7.1	101.4
			esq	2316	2164	7.0	102.1			
			esq	2298	2144	7.2	101.1			
2	150	5+830	ctro	2296	2160	6.3	101.9	BASE	6.6	101.6
			ctro	2293	2147	6.8	101.3			
			ctro	2289	2145	6.7	101.2			
3	150	5+850	drta	2280	2139	6.6	100.9	BASE	6.3	101.9
			drta	2296	2160	6.3	101.9			
			drta	2313	2182	6.0	102.9			
4	150	5+890	ctro	2313	2178	6.2	102.7	BASE	6.6	102.4
			ctro	2304	2163	6.5	102.0			
			ctro	2294	2142	7.1	101.0			
5	150	5+910	esq	2296	2142	7.2	101.0	BASE	7.1	101.5
			esq	2318	2168	6.9	102.3			
			esq	2305	2148	7.3	101.3			
6	150	5+930	ctro	2315	2164	7.0	102.1	BASE	6.6	102.2
			ctro	2323	2179	6.6	102.8			
			ctro	2291	2155	6.3	101.7			
7	150	5+950	drta	2288	2144	6.7	101.1	BASE	6.9	101.1
			drta	2290	2140	7.0	101.0			
			drta	2293	2145	6.9	101.2			
8	150	5+970	esq	2295	2149	6.8	101.4	BASE	6.7	101.8
			esq	2315	2174	6.5	102.5			
			esq	2298	2152	6.8	101.5			
9	150	5+990	esq	2296	2152	6.7	101.5	BASE	6.5	101.6
			esq	2303	2164	6.4	102.1			
			esq	2283	2148	6.3	101.3			
MÉDIA									6.7	101.7

Ensaiou:	verificou:	Em conformidade: Sim Não <input type="checkbox"/>
<i>Alta Tomás</i> 06-Dec-22	<i>[Assinatura]</i> 06-Dec-22	Obs:

Anexo D: Controlo de qualidade da mistura betuminosa a quente

Código da Obra: MZ.1084/22	Tipo de Mistura MEDIUM CONTINUOUSLY GRADED ASPHALT
Nome da Obra: OBRAS DE EMERGÊNCIA ESTRADA R807. COCA-COLA/MATOLA-GARE	
Dono da Obra: ANE - ADMINISTRAÇÃO NACIONAL DE ESTRADAS	Nº Amostra: S1100

CARACTERÍSTICAS DA MISTURA

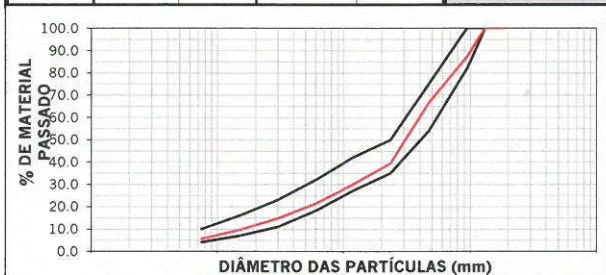
Dia da colheita	15-Dec-22
Localização	Central

Temperatura	160 °C
Hora	07H : 41M

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	145.3	12.7	87.3	12.7	82.0	100.0
4.75	235.2	20.6	66.6	33.4	54.0	75.0
2.36	308.5	27.1	39.6	60.4	35.0	50.0
1.180	110.3	9.7	29.9	70.1	27.0	42.0
0.600	95.8	8.4	21.5	78.5	18.0	32.0
0.300	76.7	6.7	14.7	85.3	11.0	23.0
0.150	57.9	5.1	9.7	90.3	7.0	16.0
0.075	45.9	4.0	5.6	94.4	4.0	10.0
< 0,075	64.2	5.6	0.0	100.0		
Total	1139.8	100.0	0.0	100.0		

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

BARIDADE MAXIMA TEORICA TMH1 C4		
Número do Ensaio		1
T	Temperatura do ensaio (°C)	26
A	Picnómetro sem encher (g)	1,586
B	Picnómetro sem encher de água + Amostra (g)	2,787
C=B-A	Amostra seca (g)	1,201
D	Picnómetro cheio de água (g)	11,787
C+D	Picnómetro cheio de água + Amostra seca (g)	12,988
E	Picnómetro+ água + Amostra (g)	12,469
(C+D)-E=V	Peso de água deslocada (g)	519
F	Peso Corrigido de água deslocada (g)	519
K	Constante da água (g/cm³)	1.000
Gs=C/(F*K)	Peso Específico (g/cm³)	2.315
Peso específico da mistura betuminosa		γ = 2.315 g/cm³



Percentagem de Betume	
Tara	W _t = 2,372.4
Tara+Amostra	W _{t+s} = 3,576.3
Tara+Agregado	W _{t+a} = 3,512.2
Amostra	W _s = 1,203.9
Agregado	W _a = 1,139.8
Betume	W _{loss} = 64.1
% betume	5.32%
Baridade betume	1.03
Rel. ponderal filer/betume	1.1

Baridades								
Nº prov.	h média (mm)	h	ρ _w (Kgcm³)	Peso (g)			Baridade ρ _{bsd} (g/cm³)	Vazios (%)
				no ar (m ₁)	na água (m ₂)	sup. seca (m ₃)		
1	62.0		996.0	1051.1	577.5	1052.9	2.202	4.9
2	63.0		996.0	1052.0	579.1	1054.4	2.204	4.8
3	63.0		996.0	1050.0	580.4	1053.9	2.209	4.6
4	63.0		996.0	1050.1	577.6	1052.5	2.202	4.9
5	62.0		996.0	1050.0	578.7	1053.2	2.204	4.8
6	63.0		996.0	1051.0	577.9	1054.1	2.198	5.0
				Temp.	26.0 °C	Médias	2.203	4.8

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.	Kpa
5.3%	1	11.7	13.0	3.6	5.3%	4	10.4	11.3	3.5	87%	3.6			
5.3%	2	10.9	11.8	3.7	5.3%	5	9.8	10.9	3.4	92%	3.2			
5.3%	3	11.2	12.1	3.5	5.3%	6	10.6	11.5	3.3	95%	3.5			
Media		11.3	12.3	3.6	Media		10.3	11.2	3.4	91%	3.4			

Ensaíou: Operador Laboratório  15-Dec-22	Verificou:  15-Dec-22	Em conformidade: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
--	--	---

Código da Obra: MZ.1084/22	Tipo de Mistura MEDIUM CONTINUOUSLY GRADED ASPHALT
Nome da Obra: OBRAS DE EMERGÊNCIA ESTRADA R807. COCA-COLA/MATOLA-GARE	
Dono da Obra: ANE - ADMINISTRAÇÃO NACIONAL DE ESTRADAS	Nº Amostra: S1200

CARACTERÍSTICAS DA MISTURA

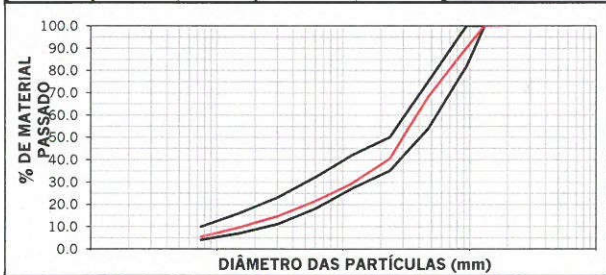
Dia da colheita	16-Dec-22
Localização	Central

Temperatura	160 °C
Hora	08H : 35M

ANALISE GRANULOMÉTRICA						
Peneiros	Material Retido		Mat. Acumulado		Fuso	
mm	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	111.3	9.8	90.2	9.8	82.0	100.0
4.75	250.4	22.0	68.3	31.7	54.0	75.0
2.36	315.7	27.7	40.5	59.5	35.0	50.0
1.180	128.3	11.3	29.3	70.7	27.0	42.0
0.600	90.3	7.9	21.4	78.6	18.0	32.0
0.300	76.0	6.7	14.7	85.3	11.0	23.0
0.150	56.7	5.0	9.7	90.3	7.0	16.0
0.075	47.5	4.2	5.5	94.5	4.0	10.0
< 0,075	63.1	5.5	0.0	100.0		
Total	1139.3	100.0	0.0	100.0		

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

BARIDADE MAXIMA TEORICA TMH1 C4		
Número do Ensaio		1
T	Temperatura do ensaio (°C)	26
A	Picnómetro sem encher (g)	1,586
B	Picnómetro sem encher de água + Amostra (g)	2,786
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)	12,469
(C+D)-E=V	Peso de água deslocada (g)	518
F	Peso Corrigido de água deslocada (g)	518
K	Constante da água (g/cm³)	1.000
Gs=C/(F*K)	Peso Específico (g/cm³)	2.317
Peso específico da mistura betuminosa		γ = 2.317 g/cm³



Percentagem de Betume		
Tara	W_t	433.3
Tara+Amostra	W_{t+s}	1,633.8
Tara+Agregado	W_{t+a}	1,572.6
Amostra	W_s	1,200.5
Agregado	W_a	1,139.3
Betume	W_{loss}	61.2
% betume		5.10%
Baridade betume		1.03
Rel. ponderal filler/betume		1.1

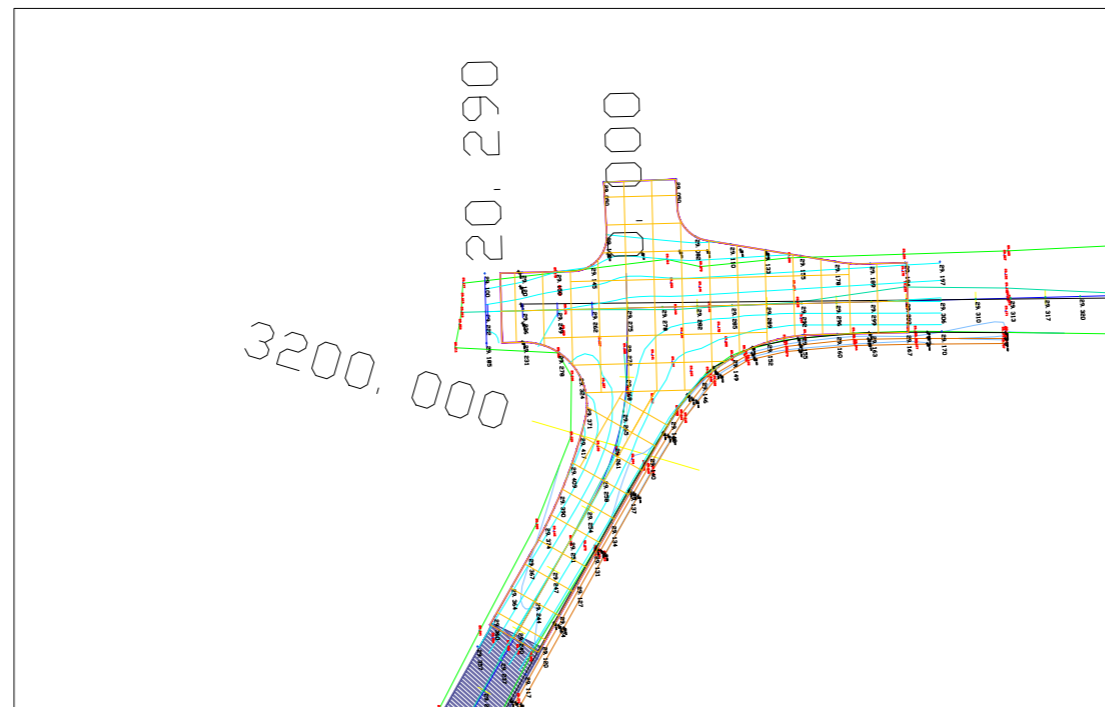
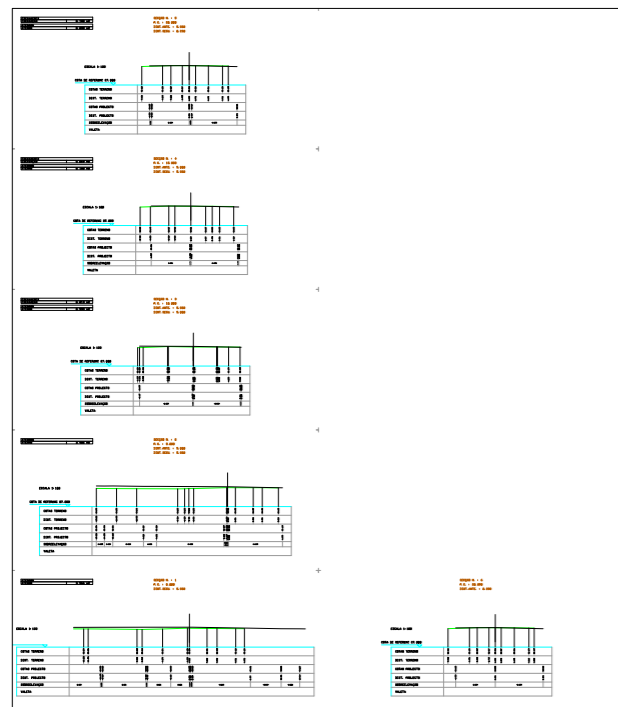
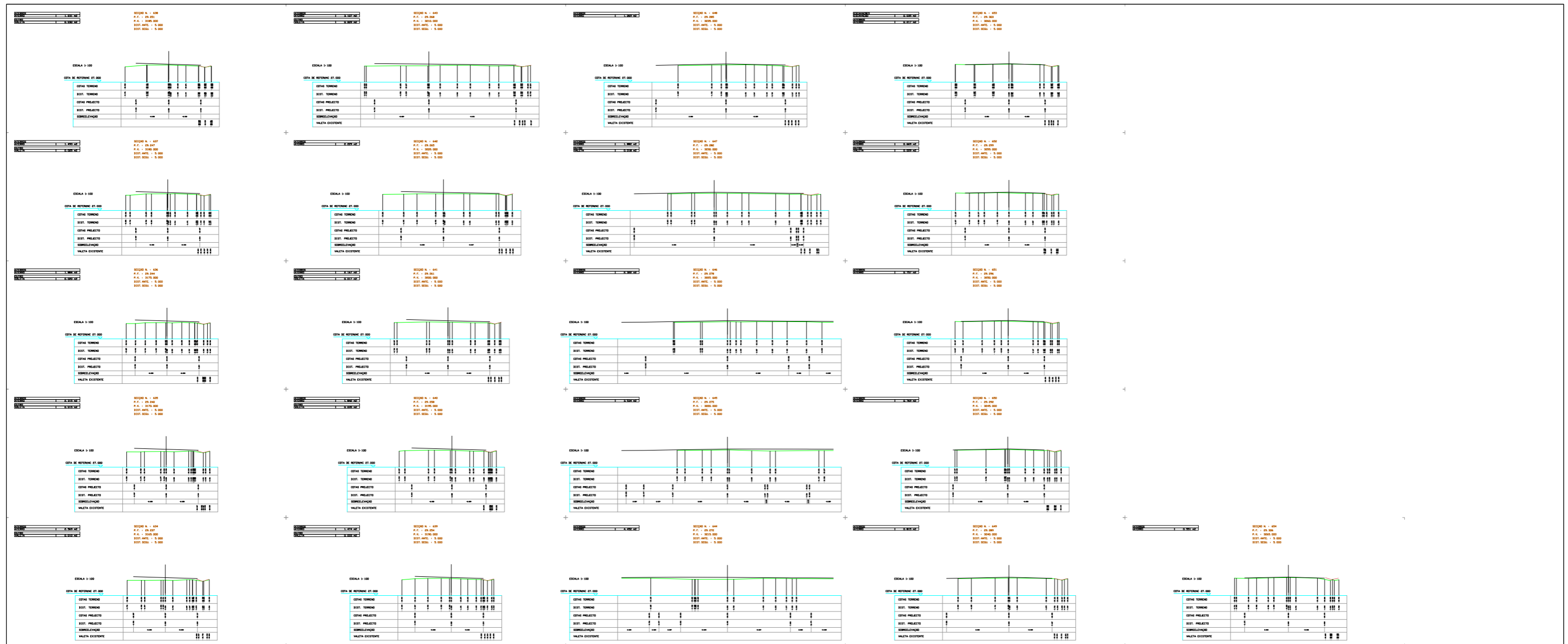
Baridades								
Nº prov.	h média (mm)	h	ρ_w (Kgcm³)	Peso (g)			Baridade ρ_{bssd} (g/cm³)	Vazios (%)
				no ar (m_1)	na água (m_2)	sup. seca (m_3)		
1	62.0		996.0	1053.6	579.8	1056.1	2.203	4.9
2	63.0		996.0	1052.7	578.4	1055.0	2.200	5.0
3	63.0		996.0	1051.0	579.3	1054.4	2.203	4.9
4	63.0		996.0	1051.1	577.2	1053.5	2.198	5.1
5	62.0		996.0	1052.3	577.3	1054.2	2.198	5.1
6	63.0		996.0	1053.1	578.4	1055.7	2.198	5.1
				Temp.	26.0 °C	Médias	2.200	5.0

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.	Kpa
5.1%	1	11.9	13.2	3.6	5.1%	4	17.3	11.2	3.5	85%		3.7		
5.1%	2	10.6	11.5	3.7	5.1%	5	13.6	10.1	3.3	88%		3.1		
5.1%	3	11.7	12.7	3.7	5.1%	6	15.5	11.4	3.5	90%		3.4		
Media		11.4	12.5	3.7	Media		15.5	10.9	3.4	88%		3.4		

Ensaiou: Operador Laboratório 16-Dec-22	Verificou: 16-Dec-22	Em conformidade: <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
---	-----------------------------	---

Anexo E: Peças desenhadas



1	Out-2022	Levantamento Topografico Terreno Natural

Date _____
Signature _____

Date _____
Signature _____



ADMINISTRAÇÃO NACIONAL DE ESTRADAS
DIRECÇÃO DE ESTRADAS NACIONAIS
AV. DE MOÇAMBIQUE, NO 1225
CAIXA POSTAL 1439, MAPUTO

ME Africa Maping

Mota-Engil, Engenharia e Construção África, SA
Edifício Platinum: Rua Kassuende Nº 210 209/21º Andar
Bairro Polana Cimento "A"
CEP 0101 - 09 Maputo
Moçambique

PROJECT TITLE:

**OBRAS DE EMERGÊNCIA
ESTRADA R807
MAPUTO - MATOLA
Coca-Cola / Matola-Gare**

DRAWING TITLE:

ESTRADA R807
Coca Cola / Matola Gare

DRAWING SUB-TITLE:

PROJECTO - LAGE EM BETÃO
PLANTA & PERFIS TRANSVERSAIS / LONGITUDINAIS
PK 3+165 - PK 3+265 - CRUZAMENTO DA MAFUREIRA

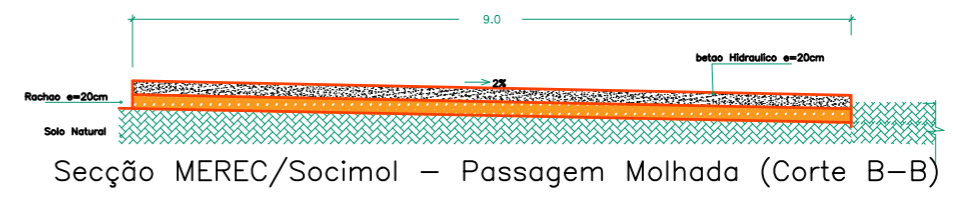
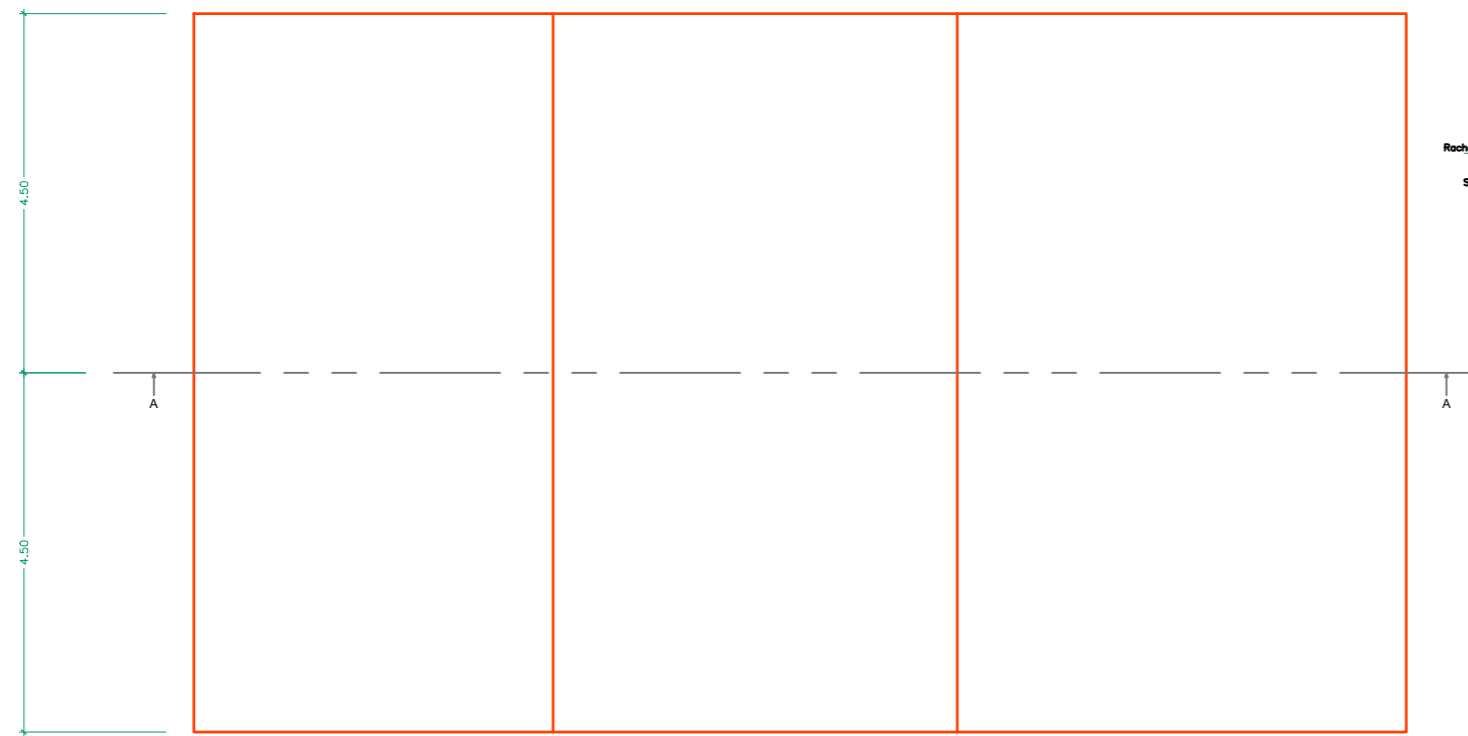
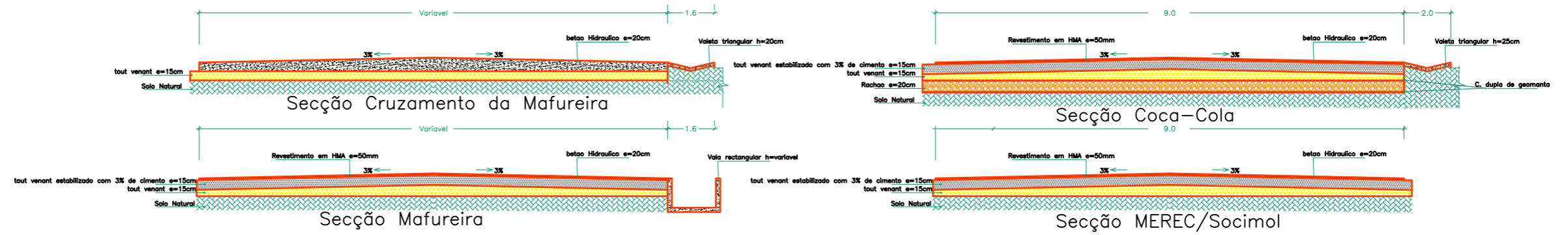
SCALE: (A1 SHEET)

SHOW

DRWG. No:

ME-PR-JCH-01-A-04A

PAVIMENTO, REVESTIMENTO E DRENAGEM



Secção MERECSocimol - Passagem Molhada (Planta)

Secção MERECSocimol - Passagem Molhada (Corte A-A)

Projecto: Manutencao da estrada R807	
Titulo: Relatório de estagio - Estrada R807	
Projectou:	
Desenhou: Revelino Cesar Langa	
Escala:	Data: Marco/2023
Desenho Nº:	