



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



Processos de Avaliação dos Pavimentos Rodoviários
Caso de Estudo: Reforço do Pavimento em Dois Trechos
do Sublanço Enxara/Torres Vedras Sul

KÁTIA ALEXANDRA DE OLIVEIRA LIMA NASCIMENTO

Licenciada em Engenharia Civil

Relatório de Estágio Curricular para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil
na Área de Especialização de Vias de Comunicação e Transportes

Orientadores:

Eng.^a Luísa Ferreira Cardoso Teles Fortes, Prof. Adjunta ISEL, Especialista (IPL)

Eng.^o João Paulo Coelho Príncipe Ceia, Diretor de Exploração, Auto-Estradas do Atlântico, S.A.

Júri:

Presidente: Eng.^o Paulo José de Matos Martins, Prof. Adjunto ISEL, Especialista (IPL)

Vogais:

Eng.^o Armando António Pereira Teles Fortes, Prof. Coordenador ISEL, Especialista (IPL)

Eng.^a Luísa Ferreira Cardoso Teles Fortes, Prof. Adjunta ISEL, Especialista (IPL)

Março de 2016

RESUMO

Este relatório refere-se ao estágio de quatro meses, realizado nas Auto-Estradas do Atlântico, mais concretamente nas Direções Técnica e de Exploração, e pretende descrever as atividades desenvolvidas no âmbito da exploração, manutenção e conservação das autoestradas concessionadas, A8 e A15, entre Loures e Leiria e entre Caldas da Rainha e Santarém respetivamente.

Neste âmbito, as atividades desenvolvidas permitiram aprofundar diversas das componentes que integram a infraestrutura, tais como a sinalização vertical e horizontal, a drenagem, os equipamentos de segurança, os taludes e a pavimentação, entre outras. Para avaliar o estado de cada uma dessas componentes, são realizadas inspeções que permitem posteriormente definir soluções, caso necessário, para manter a infraestrutura com boas características de circulação.

Os pavimentos rodoviários são elementos fundamentais nas vias de comunicação, por proporcionarem conforto, segurança durante a circulação dos utentes e pela sua importância em termos financeiros. Embora sejam dimensionados a longo prazo, é inevitável a ocorrência de determinadas degradações causadas pela constante circulação dos veículos e pelo próprio clima.

O tema principal incide sobre os pavimentos rodoviários, nomeadamente as principais patologias que neles ocorrem e os processos utilizados para as determinar.

Com o objetivo de manter o nível de serviço, são realizadas inspeções e ensaios aos pavimentos, permitindo avaliar o seu estado e definir soluções para manter as características exigidas. As inspeções permitem determinar as patologias que afetam a camada superficial e que contribuem para a redução da capacidade funcional. Para avaliação das camadas inferiores dos pavimentos recorre-se a ensaios que permitem determinar as deformações das camadas granulares e da fundação que se refletem na redução da capacidade estrutural.

O caso prático insere-se na empreitada de reforço do pavimento, na A8 Sul, no Sublanço Enxara – Torres Vedras Sul, entre o km 32+700 e o km 32+816 e entre o km 33+000 e o km 34+125, solução proposta com base nos levantamentos das patologias. No desenvolvimento do caso de estudo pretende descrever-se a fase de auscultação do pavimento, que envolve as inspeções visuais, os ensaios realizados e os respetivos resultados obtidos, assim como a solução proposta e as várias fases que fazem parte da empreitada. Por outro lado, pretende analisar-se os parâmetros (IRI e CA) aplicados em Portugal e a durabilidade de diferentes misturas betuminosas.

PALAVRA-CHAVE: Conservação, Manutenção, Infraestrutura Rodoviária e Pavimentos

ABSTRACT

This report refers to the internship in Auto-Estradas do Atlântico during the period of 4 months and is intended to describe the activities developed under the conservation and maintenance of the concessioned highways, A8 and A15, between Loures and Leiria and between Caldas da Rainha and Santarém respectively.

The activities that were developed during the internship allowed to know the different components that involve highways, such as road signs, drainage, safety equipment, embankment and pavement. To assess the status of each of components, are carried out inspections that allow define solutions to keep the initial characteristics.

Road pavements are an important element of a road infrastructure, providing comfort and safety during the user's movement and its large role in the economy of the infrastructure. Although being dimensioned in the long-term, there are no way to prevent the occurrence of degradation caused by the constant movement of vehicles and the climate itself.

The main theme focuses especially in conservation and maintenance of roads pavement, more specifically in the processes used to identify the pathologies thereof.

In order to maintain the level of service, inspection and testing of the pavements are performed in order to evaluate the pavement condition and define solutions to maintain the required characteristics. To identify the pathologies that affect the surface layer and contribute to reducing the functional capacity are carried out visual inspections. To evaluate the lower layers are carried out tests that allow identify deformations and structural capacity reduction.

The case study is based on pavement reinforcement, performed at south A8, in subsection Enxara – South Torres Vedas, between km 32+700 – 32+816 and km 33+000 – 34+125. This solution was based on surveys of pavement's distresses. The development of the case study aims to describe the phase of pavement's auscultation, which involves visual inspections, tests performed and the results obtained and the various stages that are part of the work contract. On the other hand, aims at evaluate the limits of IRI and Skid Resistance applied in Portugal and the durability of different bituminous mixtures.

KEY-WORDS: Conservation, Maintenance, Road Infrastructure, Pavements

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à Professora Luísa Teles Fortes, a minha Orientadora, que me apoiou tanto na procura de colocação para a realização do estágio como no planeamento e desenvolvimento do trabalho, em conjunto com as AEA – Auto-Estradas do Atlântico, a quem também expresse a minha gratidão por ter possibilitado a realização do Estágio.

Agradeço ao Eng.º João Ceia, Orientador do Estágio, pelo grande apoio que me deu durante os 4 meses de estágio, nomeadamente no planeamento das atividades e visitas.

Ao Eng.º Carlos Camara Pestana, ao Dr. Malva da Silva, à Eng.ª Isabel Teixeira e ao Eng.º Henrique Ferreira por se disponibilizarem a acompanhar as visitas e trabalhos realizados e a prestar as informações necessárias para a realização deste relatório.

Um especial agradecimento à minha família, especialmente aos meus pais Irineu e Ana, irmã Nadine e avô Adriano, por me apoiarem mesmo estando longe, o que me permitiu alcançar mais um objetivo na minha vida profissional e pessoal e também à minha avó Judith, que mesmo já não estando presente, teve e continua a ter uma grande influência nas minhas escolhas.

Agradeço também aos meus amigos, que de alguma forma me apoiaram nesta jornada, principalmente à minha amiga e colega Cátia Rocha, a primeira amiga que fiz no ISEL e que me acompanhou durante todos estes anos e ao António Marques, o meu colega de estágio, sem o qual dificilmente me teria sido possível fazer o estágio nas AEA e por todo o seu apoio nesta fase final.

ÍNDICE DO TEXTO

| | | |
|-----------------|--|-----------|
| <u>1</u> | <u>INTRODUÇÃO</u> | 1 |
| 1.1 | ENQUADRAMENTO | 1 |
| 1.2 | OBJETIVO E METODOLOGIA | 2 |
| 1.3 | ESTRUTURA | 3 |
| <u>2</u> | <u>ENQUADRAMENTO DA EMPRESA</u> | 5 |
| 2.1 | HISTÓRIA DA EMPRESA..... | 5 |
| 2.2 | ESTRUTURA DE EMPRESA | 6 |
| 2.3 | SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE | 10 |
| <u>3</u> | <u>ATIVIDADES DESENVOLVIDAS</u> | 11 |
| 3.1 | AÇÕES DE ENQUADRAMENTO/FORMAÇÃO..... | 11 |
| 3.2 | CENTRO DE ASSISTÊNCIA E MANUTENÇÃO..... | 25 |
| 3.3 | VISITAS TÉCNICAS | 28 |
| 3.4 | INSPEÇÕES REALIZADAS À INFRAESTRUTURA | 30 |
| 3.5 | TRABALHOS DE CONSERVAÇÃO E MANUTENÇÃO..... | 33 |
| 3.6 | RESUMO | 35 |
| <u>4</u> | <u>PROCESSOS DE AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS</u> | 37 |
| 4.1 | AUSCULTAÇÃO DO PAVIMENTO | 37 |
| 4.2 | PRINCIPAIS PATOLOGIAS DOS PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS..... | 47 |
| 4.2.1 | PATOLOGIAS DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS..... | 48 |
| 4.2.2 | PATOLOGIAS DOS PAVIMENTOS RÍGIDOS..... | 58 |
| 4.2.3 | PATOLOGIAS DOS PAVIMENTOS SEMIRRÍGIDOS | 62 |
| 4.3 | RESUMO | 65 |
| <u>5</u> | <u>CASO DE ESTUDO: REFORÇO DO PAVIMENTO EM DOIS TRECHOS NO SUBLANÇO</u> <u>ENXARA/TORRES VEDRAS SUL</u> | 67 |
| 5.1 | CARATERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO EXISTENTE..... | 68 |
| 5.2 | ANÁLISE COMPARATIVA DO CA E IRI | 72 |
| 5.3 | FASES DE EXECUÇÃO DA OBRA DE REFORÇO DO PAVIMENTO | 75 |
| 5.3.1 | SEGURANÇA E SINALIZAÇÃO DOS TRABALHOS | 76 |
| 5.3.2 | PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE | 79 |
| 5.3.3 | PAVIMENTAÇÃO | 82 |

| | |
|---|------------------|
| 5.3.4 TRABALHOS COMPLEMENTARES | 84 |
| 5.4 ANÁLISE DE MISTURAS BETUMINOSAS ALTERNATIVAS | 86 |
| 5.5 RESUMO | 89 |
| <u>6 CONCLUSÃO</u> | <u>91</u> |
| 6.1 SÍNTESE DO TRABALHO | 91 |
| 6.2 PRINCIPAIS CONCLUSÕES | 92 |
| <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> | <u>95</u> |
| <u>PORTAIS ELETRÓNICOS.....</u> | <u>97</u> |

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A – Tabela de Periodicidade de Limpeza da Infraestrutura

Anexo B - Gráficos dos Ensaios (IRI, CA, PT) no Sentido Norte/Sul entre o km 34+125 e o km 33+00

Anexo C – Esquema de Sinalização Temporária (Trabalhos Fixo 2x2)

Anexo D – Mapa de Quantidades Referentes ao Reforço do Pavimento

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1.1 - MAPA DA CONCESSÃO DA AEA [1]..... | 1 |
| FIGURA 2.1 - CONCESSÃO EM 1998 E CONCLUSÃO DA REDE EM 2000..... | 5 |
| FIGURA 2.2 - ORGANOGRAMA DA EMPRESA [2] | 6 |
| FIGURA 3.1 – EXEMPLOS DE ÓRGÃOS DE DRENAGEM ADOTADOS EM AUTOESTRADAS [28] | 13 |
| FIGURA 3.2 – EXEMPLOS DE VALAS E VALETAS EXISTENTE NA REDE DA AEA..... | 14 |
| FIGURA 3.3 - EXEMPLOS DE OUTROS ÓRGÃOS DE DRENAGEM EXISTENTES NA REDE DA AEA | 15 |
| FIGURA 3.4 - EXEMPLO DE GUARDAS DE SEGURANÇA APLICADO NA PLENA VIA | 16 |
| FIGURA 3.5 - EXEMPLO DE GUARDAS DE SEGURANÇA PARA MOTOCICLISTAS | 16 |
| FIGURA 3.6 - EXEMPLO DE PERFIL DE BETÃO (NEW JERSEY)..... | 17 |
| FIGURA 3.7 - AMORTECEDOR DE CHOQUE APLICADO EM ZONA DE DIVERGÊNCIA..... | 17 |
| FIGURA 3.8 - DIFERENTES TIPOS DE PAVIMENTOS | 19 |
| FIGURA 3.9 - EXEMPLOS DE MARCAS RODOVIÁRIAS | 21 |
| FIGURA 3.10 - EXEMPLOS DE SINALIZAÇÃO VERTICAL DE INFORMAÇÃO E DE CÓDIGO | 22 |
| FIGURA 3.11 - EXEMPLO DE VEDAÇÃO EM PLENA VIA..... | 24 |
| FIGURA 3.12 - EXEMPLO DE UMA VEDAÇÃO SOBRE UMA PH | 24 |
| FIGURA 3.13 - SETOR DA ASSISTÊNCIA DO CAM | 26 |
| FIGURA 3.14 - LEVANTAMENTO DE DANOS NA INFRAESTRUTURA PELO SETOR DA CONSERVAÇÃO/MANUTENÇÃO..... | 27 |
| FIGURA 3.15 - SETOR DAS PORTAGENS DA AEA..... | 28 |
| FIGURA 3.16 - TRABALHOS DE FISCALIZAÇÃO DE OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO | 29 |
| FIGURA 3.17 – EXEMPLO DE TRABALHOS REALIZADOS PELA VIAMARCA | 29 |
| FIGURA 3.18 - INSPEÇÕES ÀS OBRAS DE ARTE | 30 |
| FIGURA 3.19 - INSTRUMENTAÇÃO GEOTÉCNICA | 32 |
| FIGURA 3.20 - REALIZAÇÃO DO ENSAIO PARA A DETERMINAÇÃO DA DEFLEXÃO E CAROTAGEM NA PORTAGEM DO BOMBARRAL | 32 |
| FIGURA 3.21 - OBRAS DE ESTABILIZAÇÃO DE TALUDES REALIZADAS NA A15 | 34 |
| FIGURA 3.22 - OBRA DE REPERFILAMENTO E APLICAÇÃO DO MICROAGLOMERADO BETUMINOSO | 35 |
| FIGURA 4.1 - GRÁFICO DO PCI EM FUNÇÃO DO TEMPO [4] | 37 |
| FIGURA 4.2 - MEDIÇÃO DUMA DEFORMAÇÃO | 38 |
| FIGURA 4.3 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA INSPEÇÃO VISUAL..... | 39 |
| FIGURA 4.4 - EXEMPLO DE UMA VIGA DE BENKLEMAN [6]..... | 42 |
| FIGURA 4.5 - DEFLETÓMETRO DE IMPACTO (CONSULPAV) | 43 |
| FIGURA 4.6 - ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DO IRI | 44 |
| FIGURA 4.7 - PÊNDULO BRITÂNICO [8] | 45 |
| FIGURA 4.8 - EXEMPLO DO EQUIPAMENTO SCRIM [9] | 46 |
| FIGURA 4.9 - EXEMPLO DO GRIP-TESTER [10]..... | 47 |
| FIGURA 4.10 - TIPOS DE PATOLOGIAS DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS, ADAPTADO [7] | 48 |
| FIGURA 4.11 - EXEMPLO DE ABATIMENTO [11] | 49 |
| FIGURA 4.12 - EXEMPLO DE UMA DEFORMAÇÃO LOCALIZADA [11] | 50 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 4.13 - EXEMPLO DE ONDULAÇÃO [12]..... | 50 |
| FIGURA 4.14 - EXEMPLO DE RODEIRAS DE PEQUENO RAIO [13] | 51 |
| FIGURA 4.15 - EXEMPLO DE RODEIRAS DE GRANDE RAIO [14] | 51 |
| FIGURA 4.16 - EXEMPLO DE FENDAS LONGITUDINAIS/TRANSVERSAIS [12] | 52 |
| FIGURA 4.17 - OS 3 NÍVEIS DE SEVERIDADE DA PELE DE CROCODILO [12]..... | 54 |
| FIGURA 4.18 - EXEMPLO DE DESAGREGAÇÃO SUPERFICIAL [11] | 54 |
| FIGURA 4.19 - EXEMPLO DE AGREGADOS POLIDOS [11] | 55 |
| FIGURA 4.20 - EXEMPLO DE PELADA [11]..... | 56 |
| FIGURA 4.21 - EXEMPLO DE NINHOS [11] | 56 |
| FIGURA 4.22 - EXEMPLO DE EXSUDAÇÃO [11]..... | 57 |
| FIGURA 4.23 - EXEMPLO DE SUBIDA DE FINOS [11] | 58 |
| FIGURA 4.24 - TIPOS DE PATOLOGIAS QUE OCORREM NOS PAVIMENTOS RÍGIDOS, ADAPTADO [7]..... | 59 |
| FIGURA 4.25 - FISSURA LONGITUDINAL/TRANSVERSAL DO PAVIMENTO RÍGIDO [16]..... | 60 |
| FIGURA 4.26 - FISSURA DE CANTO DO PAVIMENTO RÍGIDO [16] | 60 |
| FIGURA 4.27 - EXEMPLO DE DESAGREGAÇÕES SUPERFICIAIS [16] | 61 |
| FIGURA 4.28 - EXEMPLO DE ESCALONAMENTO DAS LAJES [16] | 62 |
| FIGURA 4.29 - TIPOS DE PATOLOGIAS QUE OCORREM NOS PAVIMENTOS SEMIRRÍGIDOS, ADAPTADO [7]..... | 63 |
| FIGURA 5.1 - LOCALIZAÇÃO A8 SUL E SUBLANÇO ENXARA/TORRES VEDRAS SUL (GOOGLE EARTH) | 67 |
| FIGURA 5.2 - PATOLOGIAS IDENTIFICADAS NO PAVIMENTO NAS INSPEÇÕES VISUAIS [17] | 68 |
| FIGURA 5.3 - GRÁFICO DO IRI DA VIA DIREITA NO SENTIDO NORTE/SUL [17] | 69 |
| FIGURA 5.4 - GRÁFICO DA PT DA VIA DIREITA NO SENTIDO NORTE/SUL [17]..... | 70 |
| FIGURA 5.5 - T10-ASFT UTILIZADO NA DETERMINAÇÃO DO CA..... | 71 |
| FIGURA 5.6 - GRÁFICO DO CA DA VIA DIREITA NO SENTIDO NORTE/SUL [17] | 71 |
| FIGURA 5.7 - IMPORTÂNCIA DO CA E DA IRI [18] | 73 |
| FIGURA 5.8 - RELAÇÃO ENTRE O RISCO DE OCORRER ACIDENTES E O CA [25] | 74 |
| FIGURA 5.9 - SUBLANÇO ENXARA/TORRES VEDRAS SUL [17]..... | 75 |
| FIGURA 5.10 - SINALIZAÇÃO TEMPORÁRIA (AVISO DE TRABALHOS NA AUTOESTRADA)..... | 77 |
| FIGURA 5.11 - BASCULAMENTO DO TRÁFEGO AO KM 34+125 | 78 |
| FIGURA 5.12 - REALIZAÇÃO DA FRESAGEM..... | 79 |
| FIGURA 5.13 - APLICAÇÃO DO SELANTE..... | 80 |
| FIGURA 5.14 - LIMPEZA DO PAVIMENTO..... | 81 |
| FIGURA 5.15 - APLICAÇÃO DA REGA DE COLAGEM | 81 |
| FIGURA 5.16 - CONSTITUIÇÃO DO PAVIMENTO | 82 |
| FIGURA 5.17 - REALIZAÇÃO DOS ENCHIMENTOS..... | 83 |
| FIGURA 5.18 - APLICAÇÃO E COMPACTAÇÃO DA MISTURA BETUMINOSA | 84 |
| FIGURA 5.19 - EXEMPLO DE ALONGADORES | 85 |
| FIGURA 5.20 - DURABILIDADE DAS MISTURAS [23]..... | 86 |

ÍNDICE DE QUADROS

| | |
|---|----|
| QUADRO 3.1 - PERIODICIDADE DA LIMPEZA À INFRAESTRUTURA [3]..... | 12 |
| QUADRO 4.1 - VANTAGENS E DESVANTAGENS DAS INSPEÇÕES VISUAIS..... | 40 |
| QUADRO 4.2 - TEXTURA SUPERFICIAL [5]..... | 40 |
| QUADRO 5.1 - CLASSIFICAÇÃO DOS PAVIMENTOS COM BASE NOS VALORES DO IRI [17]..... | 69 |
| QUADRO 5.2 - LIMITES DO CA NA ALEMANHA [19]..... | 73 |
| QUADRO 5.3 - LIMITES DO CA NO BRASIL [20]..... | 73 |
| QUADRO 5.4 - LIMITES DO CA NA SUIÇA [20]..... | 74 |
| QUADRO 5.5 - LIMITES ADOTADOS PARA O IRI NO BRASIL, EUA, ESPANHA E PORTUGAL, ADAPTADO [18]..... | 75 |

SIGLAS E ABREVIATURAS

| | |
|--------------|---|
| AEA | - Auto-Estradas do Atlântico |
| A8 | - Autoestrada nº 8 (Autoestrada do Oeste) |
| A15 | - Autoestrada nº 15 (Caldas da Rainha/Santarém) |
| AGEC | - Agregado de Granulometria Extensa Tratado com Cimento |
| APCAP | - Associação Portuguesa das Concessionárias de Autoestradas e Pontes com Portagem |
| BBM | - Betume Modificado com Média Percentagem de Borragem Reciclada de Pneus |
| BAC | - Betão Armado Contínuo |
| CA | - Coeficiente de Atrito |
| CAL | - Coeficiente de Atrito Longitudinal |
| CAM | - Centro de Assistência e Manutenção |
| CAT | - Coeficiente de Atrito Transversal |
| CCO | - Centro de Controlo e Operação |
| CCT | - Centro de Controlo de Tráfego |
| CM | - Centro de Manutenção |
| COP | - Centro Operacional de Portagem |
| DE | - <i>Dossier</i> de Exploração |
| DE | - Direção de Exploração |
| DT | - Direção Técnica |
| DG | - <i>Diamond Grade</i> |
| EP | - Estradas de Portugal SA |
| EG | - <i>Engineer Grade</i> |
| FWD | - <i>Falling Weight Deflectometer</i> (Defletómetro de Impacto) |
| GOA | - Gestão de Obras de Arte |
| HI | - <i>High Intensity</i> (Alta Intensidade) |
| HRA | - <i>Hot Rolled Asphalt</i> |
| IP | - Infraestruturas de Portugal |
| IRI | - <i>International Roughness Index</i> (Índice de Regularidade) |
| MBA | - Mistura Betuminosa Aberta |
| MBR | - Mistura Betuminosa Rugosa |
| PCOE | - Projeto das Condições de Execução da Obra |
| PCQ | - Plano de Controlo de Qualidade |

| | |
|---------------|--|
| PT | - Profundidade de Textura |
| QD | - Fator de Luminância |
| RL | - Fator de Retrorreflexão |
| SANDRA | - Sistema de Apresentação Normalizada de Dados Recolhidos nas Autoestradas |
| SMA | - <i>Stone Mastic Asphalt</i> |
| SCRIM | - <i>Sideway Force Coefficient Routine Investigation Machine</i> |
| SGQ | - Sistema de Gestão da Qualidade |

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

O presente Trabalho Final de Mestrado consiste na realização de um relatório do Estágio Curricular que decorreu nas Auto-Estradas do Atlântico (AEA), Concessões Rodoviárias de Portugal, SA, numa duração aproximada de 4 meses, com início no dia 6 de Abril e fim no dia 31 de Julho de 2015.

A AEA foi uma das primeiras Concessionárias Rodoviárias a ser constituída e tem uma rede de autoestradas que totaliza 172 km de extensão, integrando 31 Sublanços, em que as autoestradas que integram a rede concessionada são designadas por A8 (CRIL/Loures /Leiria) e A15 (Caldas da Rainha/Santarém). Na Figura 1.1 está identificada a rede concessionada da AEA.



Figura 1.1 - Mapa da Concessão da AEA [1]

A rede concessionada, A8 e A15, totaliza 31 nós para acessos, 21 portagens e 5 áreas de serviço, sendo utilizados dois tipos diferentes de pavimento, em que 85% apresenta camada de desgaste flexível e 15% apresenta camada de desgaste rígida.

O estágio permitiu ter contacto com a vivência de uma grande Concessionária rodoviária, adquirindo conhecimentos nas diversas áreas que integram a exploração de uma autoestrada,

nomeadamente a conservação e manutenção dos pavimentos, drenagem, vedações, taludes, equipamentos de segurança e sinalização, entre outros.

Durante o período de estágio foi possível observar obras de estabilização de taludes, beneficiações e reperfilamentos de pavimentos, obras de substituição da sinalização vertical e os aspetos a ela associados, assim como obras de pintura da sinalização horizontal, de acordo com as empreitadas realizadas:

- A estabilização de talude situado na A15, no km 6+150, através da construção de muro de estacas, devido a um escorregamento de terras ocorrido;
- Estabilização de talude na A15, na zona de portagem À-dos-Negros, através da construção de uma cortina de estacas;
- Reperfilamento do encontro norte do Viaduto do Alcoa;
- Substituição da sinalização vertical no Sublanço Loures/Torres Vedras;
- Marcação de sinalização horizontal;
- Beneficiação do pavimento na A8 no Sublanço Enxara/Torres Vedras Sul.

1.2 Objetivo e Metodologia

O principal objetivo da realização do estágio consiste no conhecimento da atividade em ambiente profissional, envolvendo a integração e aprendizagem sobre o funcionamento de uma Concessionária, através da participação em atividades desenvolvidas no âmbito da exploração e conservação de autoestradas.

Por outro lado, também tem como finalidade desenvolver e aprofundar um item específico relacionado com a avaliação do estado dos pavimentos rodoviários.

Para o desenvolvimento do presente trabalho a metodologia utilizada baseou-se num conjunto de atividades estruturadas da seguinte forma:

- Recolha e análise da documentação desenvolvida pela AEA sobre as várias áreas que englobam a exploração de uma autoestrada, nomeadamente a conservação e Manutenção da Infraestrutura, a assistência e patrulhamento das autoestradas e as portagens e o atendimento ao cliente.
- Recolha e análise de documentação desenvolvida pela AEA, nomeadamente manuais de formação (limpeza da infraestrutura, sinalização, taludes, drenagem, equipamentos de segurança e pavimentação), cadernos de encargos, relatórios sobre o levantamento de patologias dos pavimentos;
- Pesquisa e análise de informação relacionada com as degradações que podem surgir nos pavimentos rodoviários e quais os processos utilizados na sua determinação;

- Visitas técnicas às zonas objeto de reforço do pavimento (trechos do Sublanço em estudo), de modo a acompanhar a execução dos trabalhos;
- Apresentação das principais conclusões.

1.3 Estrutura

O presente relatório encontra-se dividido em seis capítulos, cujo conteúdo e principais objetivos se passa a descrever:

O CAPÍTULO 1, capítulo introdutório, que pretende fazer o enquadramento do estágio, dos objetivos e da forma como se encontra estruturado o trabalho.

O CAPÍTULO 2 é dedicado à Empresa, às funções desempenhadas e à estrutura organizativa, nomeadamente às diferentes direções que a integram e às suas principais funções.

O CAPÍTULO 3 descreve as atividades desenvolvidas e as ações de formação frequentadas (de modo a serem adquiridos os conhecimentos necessários), assim como os trabalhos de manutenção e conservação desenvolvidos pela Concessionária.

O CAPÍTULO 4 refere-se aos diferentes processos existentes para a avaliação dos pavimentos rodoviários e à caracterização das degradações que são identificadas através de inspeções visuais.

O CAPÍTULO 5 é dedicado à descrição e análise das diferentes fases que envolveram a obra de reforço do pavimento no Sublanço Enxara/Torres Vedras Sul, nomeadamente a caracterização da situação existente e as diferentes etapas que integraram a empreitada.

O CAPÍTULO 6 faz a síntese do trabalho e apresenta as principais as conclusões retiradas da execução do relatório.

2 ENQUADRAMENTO DA EMPRESA

2.1 História da Empresa

A Concessionária Auto-Estradas do Atlântico (AEA), foi constituída em 17 de novembro de 1998, por um conjunto de onze acionistas, dos quais nove são construtores, nomeadamente a Somague, a Edifer, a Construtora Abrantina, a Zagope, a Construtora do Lena, a Construtora do Tâmega, a Conduril e a Novopca, uma Concessionária de Autoestradas (ACESA) e um banco (BPI). Estes acionistas constituíram o agrupamento vencedor do concurso público internacional para atribuição da conceção, projeto, construção, financiamento, exploração e conservação, em regime de portagem das autoestradas A8 (CRIL/Loures /Leiria) e A15 (Caldas da Rainha/Santarém), durante 30 anos.

A atividade da AEA iniciou-se a 21 de dezembro de 1998, data em que foi assinado o contrato de concessão que tem por objeto não só a exploração e manutenção da autoestrada A8 (CRIL/Loures/Caldas da Rainha), mas também a conceção, construção e financiamento de novos lanços, numa extensão total de 85 km divididos entre A8 Norte (Caldas da Rainha/Leira) e A15 (Caldas da Rainha/Santarém).

Em fevereiro de 2000, quando ficaram concluídas as obras de construção da A8 Norte e A15, como indica na Figura 2.1, a AEA centralizaram os seus serviços em Catefica, no concelho de Torres Vedras.



Figura 2.1 - Concessão em 1998 e conclusão da rede em 2000

A estrutura acionista da empresa sofreu várias alterações ao longo do tempo, encontrando-se atualmente constituída por 50% das Autoestradas do Oeste (Brisa – Auto-estradas de Portugal) e 50% da Via Oeste (MSF - Engenharia e Grupo Lena).

2.2 Estrutura de Empresa

A estrutura orgânica da Empresa pode ser observada na Figura 2.2, a qual está desenvolvida até ao nível das respetivas Direções, sendo constituída pelo Conselho de Administração e 5 Direções, para além do sector da Qualidade.

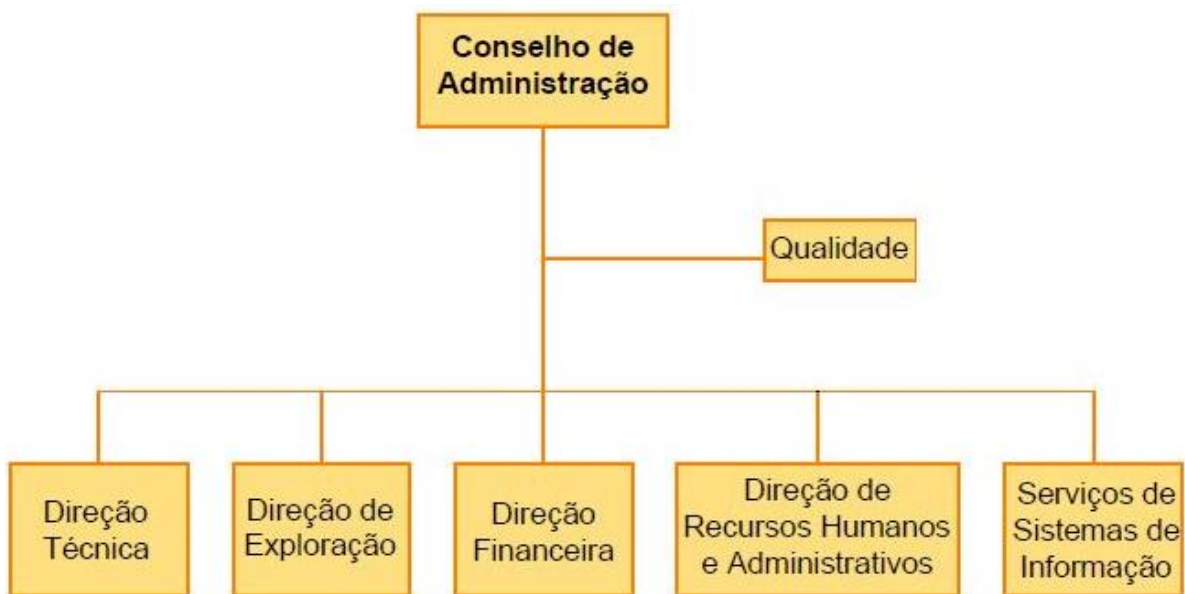


Figura 2.2 - Organograma da empresa [2]

Com o objetivo de se perceber melhor a organização da empresa, procede-se à descrição das funções de cada uma das Direções, assim como do Conselho de Administração e dos restantes serviços que constam no organograma da Figura 2.2.

➤ Conselho de Administração

O Conselho de Administração tem como funções a gestão global da Concessionária e os objetivos anuais da AEA, assim como definir a política de qualidade e rever o Sistema de Gestão da Qualidade, disponibilizando os recursos necessários.

➤ Direção Técnica

A Direção Técnica é responsável por apresentar políticas de grandes investimentos no que diz respeito aos alargamentos, beneficiações e grandes reparações, com o intuito de manter o nível de serviço nas autoestradas concessionadas.

Propõe e define as políticas de manutenção/conservação e é responsável por apresentar medidas que mantenham o bom estado de conservação e condições de utilização da autoestrada.

Gere os contratos relacionados com estudos, projetos, obras de manutenção e de conservação, que permitem a elaboração dos Programas de Concurso e Cadernos de Encargos.

É responsável por promover o cumprimento das obrigações dos adjudicatários durante o período de garantia da obra.

Garante a fiscalização direta dos trabalhos ou o acionamento e fiscalização dos contratos, o controlo e acompanhamento dos trabalhos de rotina, garantindo o cumprimento das normas e regras de segurança.

As inspeções ou vistorias são asseguradas pela Direção Técnica, para a realização de Receção Provisória e Definitiva das Obras.

Os contratos celebrados entre os prestadores de serviços são da responsabilidade desta Direção, que deve geri-los e coordená-los.

Deve analisar e emitir pareceres sobre pedidos de instalação de serviços por terceiros, nomeadamente o licenciamento de infraestruturas e/ou construções, instalação de equipamentos de minimização de impacto ambiental, instalação da sinalização vertical de informação, de orientação e turístico-cultural.

Para que todas estas atividades sejam desenvolvidas de um modo eficaz a Direção Técnica encontra-se organizada em 3 áreas distintas:

- Área de controlo orçamental;
- Área de estudos e projetos, ambiente e gestão de obras de arte;
- Área de obras de manutenção corrente e de conservação.

➤ **Direção de Exploração**

A Direção de Exploração é responsável pela elaboração do modelo de exploração da infraestrutura (modelo este que deve garantir os padrões definidos de segurança), a cobrança de taxas de portagem e a manutenção da infraestrutura.

Garante a assistência a clientes, o controlo de tráfego, o controlo operacional de portagens e a conservação/manutenção da infraestrutura à exceção das grandes intervenções.

Gere os sistemas de cobrança de taxas de portagens e o relacionamento com os clientes.

Para que possa desempenhar corretamente as funções que lhe foram atribuídas a Direção de Exploração encontra-se organizada em 3 áreas:

- Centro de Assistência e Manutenção (CAM);
- Serviço de Clientes e Portagens;
- Serviço de Áreas de Serviço e Qualidade.

As áreas que integram a Direção de Exploração desempenham diferentes funções, que entre si se complementam, descritas de seguida:

O Centro de Assistência e Manutenção (CAM) está dividido em 4 setores, nomeadamente o Setor da Circulação, o Setor da Conservação, o Setor das Portagens e o Armazém e tem como funções assegurar a interface operacional de tráfego entre a AEA, as outras Concessionárias adjacentes à rede da AEA, a Infraestruturas de Portugal (IP) e a BRISA, assim como a Guarda Nacional Republicana e a Polícia de Segurança Pública, e emitir pareceres sobre pedidos de circulação de transportes especiais.

O Serviço de Clientes e Portagens é responsável pela coordenação e fiscalização das atividades das empresas relativamente a prestação de serviços relacionados com a área de cobrança de portagens (Empresa de contagem de valores, Via Verde Portugal, SIBS, Unicre). Este serviço deve assegurar a interface entre a AEA e outras Concessionárias com o objetivo da exploração conjunta, no tratamento de reclamações e no atendimento a clientes, portagens e tráfego.

Dentro dos Serviços de Clientes e Portagens, existem diferentes áreas que são responsáveis pela gestão da relação com os clientes e outras entidades externas no âmbito da exploração. O processamento de reclamações e controlo de faturação é assegurado pela área *de Gestão de Clientes e Portagens*. O controlo das atuações dos portageiros e dos clientes, através da análise de transações geradas nas portagens, é assegurado pela área *de Controlo de Fraude e Portagens*. O tratamento dos dados de tráfego e apuramento dos proveitos é assegurado pela área *de Estatísticas de Tráfego e Previsões*.

O Serviço de Áreas de Serviço e Qualidade é responsável pelo acompanhamento do funcionamento das áreas de serviço, através da realização de auditorias às condições de limpeza e conservação gerais dos edifícios, espaços exteriores e auditorias de âmbito alimentar efetuadas à restauração. Faz a gestão e controlo das

rendas provenientes da exploração das áreas de serviço pelas gasolneiras. Uma outra função de que é responsável este serviço é a de desenvolvimento e manutenção de Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) da Direção de Exploração.

➤ **Direção Financeira**

A Direção Financeira deve coordenar o programa de seguros, à exceção dos relativos ao pessoal. Organiza e controla o arquivo central dos contratos e faz o arquivo das garantias bancárias. Apresenta a definição das políticas e objetivos de carácter financeiro da empresa, assegurando a correta cobertura das necessidades da mesma e zelando pelo cumprimento das obrigações estabelecidas no contrato de concessão.

A Direção Financeira é responsável pelo controlo orçamental, pela contabilidade e pela gestão financeira.

➤ **Direção de Recursos Humanos e Administrativos**

A Direção de Recursos Humanos e Administrativos é responsável pelo planeamento, orçamento, coordenação e execução das atividades que estão ligadas aos recursos humanos, relações laborais e negociação coletiva, recrutamento, mobilidade, disciplina laboral, avaliação de desempenho e desenvolvimento dos Recursos Humanos da empresa. É também da responsabilidade desta Direção assegurar o levantamento de necessidades, elaborar os planos de formação e realizar ações de formação.

A Direção de Recursos Humanos e Administrativos encontra-se organizada em 2 áreas distintas:

- Área dos Recursos Humanos;
- Área Administrativa.

A área dos Recursos Humanos assegura as tarefas correntes de gestão dos trabalhadores: Medicina Curativa, Segurança e Saúde no Trabalho, gestão da carteira de seguros relacionados com o pessoal, gestão do trabalho temporário, processamento de vencimentos e cumprimento de obrigações legais.

A área Administrativa garante o planeamento, coordenação e execução de todas as atividades de compras gerais e gestão dos correspondentes contratos, manutenção da infraestrutura, aquisição de mobiliário, serviços externos e receção/atendimento geral.

➤ **Serviço de Sistemas de Informação**

O principal objetivo dos Serviços de Sistemas de Informação é o de desenvolver e manter a infraestrutura tecnológica da AEA, funcionando como prestador de serviços interno a toda a empresa. Tem como principais responsabilidades: gestão do parque informático de primeira linha, garantir o funcionamento de aplicações e bases de dados, garantir o funcionamento da infraestrutura de comunicação, execução e monitorização de processos de apuramento mensal de Tráfego e Proveitos.

➤ **Qualidade**

O Setor da Qualidade encontra-se dividido em 5 subsetores, de acordo com as Direções, e dispõe de um Gestor da Qualidade e 5 Coordenadores Setoriais da Qualidade.

O Gestor da Qualidade desempenha diversas funções, das quais se destacam as seguintes:

- Colaborar no desenvolvimento, implementação e manutenção dos processos da AEA;
- Assegurar a consciencialização da AEA para o cumprimento dos requisitos dos clientes;
- É responsável pela coordenação dos Coordenadores Setoriais da Qualidade e no desempenho das suas funções, relativas ao Sistema da Gestão da Qualidade (SGQ);
- Programar e coordenar atividades relacionadas com Auditorias da Qualidade.

O Coordenador Setorial da Qualidade (CSQ) é o responsável pelo setor da Qualidade nas diferentes direções, nomeadamente a gestão de assuntos relacionados com o registo, endereçamento e controlo das não conformidades e colaborar com o Gestor da Qualidade.

2.3 Sistema de Gestão da Qualidade

O Sistema de Gestão da Qualidade responde aos requisitos da Norma NP EN ISSO 9001, que, numa forma mais pormenorizada, se encontram inseridos em Processos, Procedimentos e Instruções de Serviço e tem como campo de aplicação a *“Exploração e Conservação, em Regime de portagem, das autoestradas A8 e A15.”* A AEA identificou e caracterizou 3 processos com o objetivo de definir, acompanhar e controlar as suas atividades: A Operação, a Manutenção de Infraestruturas Tecnológicas e a Conservação da Infraestrutura Rodoviária.

3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Para que uma infraestrutura em exploração seja segura e apresente boas condições de circulação, torna-se necessário garantir o desempenho de diversas atividades no âmbito da conservação e da manutenção. Este capítulo tem como principal objetivo dar a conhecer estas diversas atividades que são desenvolvidas pelas Concessionárias, tendo por base as ações de formação realizadas pela AEA, as visitas técnicas às empresas que prestam serviço à AEA, o acompanhamento de trabalhos de conservação e manutenção realizados na infraestrutura, assim como o acompanhamento de trabalhos relativos ao Centro de Assistência e Manutenção.

3.1 Ações de Enquadramento/Formação

A primeira fase do estágio consistiu em conhecer o funcionamento geral Concessionária, tendo sido por isso frequentadas diversas ações de enquadramento/formação. O conteúdo dessas ações, de uma maneira geral, relacionou-se especificamente com alguns dos trabalhos realizados no âmbito da exploração, da conservação e da manutenção da infraestrutura, nomeadamente a limpeza, a drenagem, os equipamentos de segurança, a sinalização, a pavimentação, os taludes, a vigilância da infraestrutura, o SIGA – Sistema de Informação e Gestão de Autoestradas.

De seguida, descreve-se sucintamente o conteúdo dos tópicos abordados nas ações de formação:

➤ **Limpeza da Infraestrutura**

A limpeza da infraestrutura é uma atividade que varia entre as Concessionárias, pois é muito relativa, por depender dos equipamentos de que cada infraestrutura dispõe e, principalmente, por as periodicidades serem definidas pelas próprias Concessionárias.

É uma atividade que se subdivide em trabalhos de manutenção corrente, que têm uma periodicidade definida, e trabalhos de manutenção não correntes, que são pontuais ou seja de periodicidade incerta.

Trabalhos de Manutenção Corrente:

- Varreduras, ou aspiração mecanizada, efetuadas na berma direita, berma esquerda (onde existe separador rígido), valetas de bordadura (adjacentes às bermas direita e esquerda) e passeios em obras-de-arte;
- Limpeza e remoção de lixos e/ou detritos do separador central e taludes;
- Limpeza e desobstrução da rede de drenagem;

- Lavagem de equipamentos (delineadores, postos de S.O.S, barreiras acústicas, túneis e portagens);
- Limpeza ou lavagem de outros equipamentos, como juntas de dilatação, superfícies de betão ou de alvenaria, com escova de aço ou jatos de água, e de superfícies metálicas;
- Remoção de detritos sólidos urbanos nas praças de portagem, e depósito de resíduos;
- Apenas a limpeza de determinados órgãos de drenagem na zona da Cela Velha é considerada como integrando os Trabalhos de Manutenção não Correntes.

As periodicidades mínimas dos trabalhos de manutenção correntes estão definidas no Caderno de Encargos da AEA. No Quadro 3.1 é possível ver algumas atividades de limpeza e a sua periodicidade [Anexo A].

Quadro 3.1 - Periodicidade da limpeza à infraestrutura [3]

| Atividade | Periodicidade |
|---|--|
| Varredura/Aspiração mecanizada e limpeza berma direita e esquerda (separador rígido, viadutos e PI's) | Mensal – Entre o Nó da CRIL e Nó da Venda do Pinheiro Bimestral – Nos restantes ramos da Rede |
| Varredura/Aspiração mecanizada e limpeza de Praças de Portagem | Semanal – Loures e Venda do Pinheiro Quinzenal – Tornada, Alfeizerão, Valado dos Frades, Marinha Grande e Leiria Sul, A – dos – Negros e Rio Maior Este Mensal – Lousa, Torres Vedras Sul, Torres Vedras Norte, Ramalhal, Bombarral, Marinha Grande Este e Rio Maior Oeste Bimestral – Pataias, Malaqueijo, Enxara e Campelos |
| Limpeza e remoção de lixos no separador central e taludes, numa largura de 4m. | Quinzenal – CRIL e Torres Vedras Sul Mensal – Torres Vedras Sul e Leiria e A15 Bimestral – Torres Vedras Sul e Leiria e A15 |
| Limpeza e desobstrução da rede de drenagem superficial, caixas de visita, evacuadores laterais e rede de drenagem subterrânea | Anual – Poço de Bombagem de Cela Velha Semestral – nos restantes casos |
| Limpeza e lavagem de juntas de dilatação | Anual |
| Lavagem dos túneis de portagens | Mensal – Tornada e Bombarral Trimestral – Restantes casos |

➤ Drenagem

A construção de uma autoestrada implica naturalmente alterar as características do terreno na sua envolvente, recorrendo a execução de terraplenagens e modificando as condições naturais do escoamento da água superficial e subterrânea.

A drenagem de uma infraestrutura rodoviária engloba diversos dispositivos e estruturas hidráulicas, de modo a garantir o correto escoamento das águas pluviais para fora da plataforma. A Figura 3.1 representa o corte transversal de uma autoestrada, identificando os diversos tipos de órgãos de drenagem existentes e como se interligam.

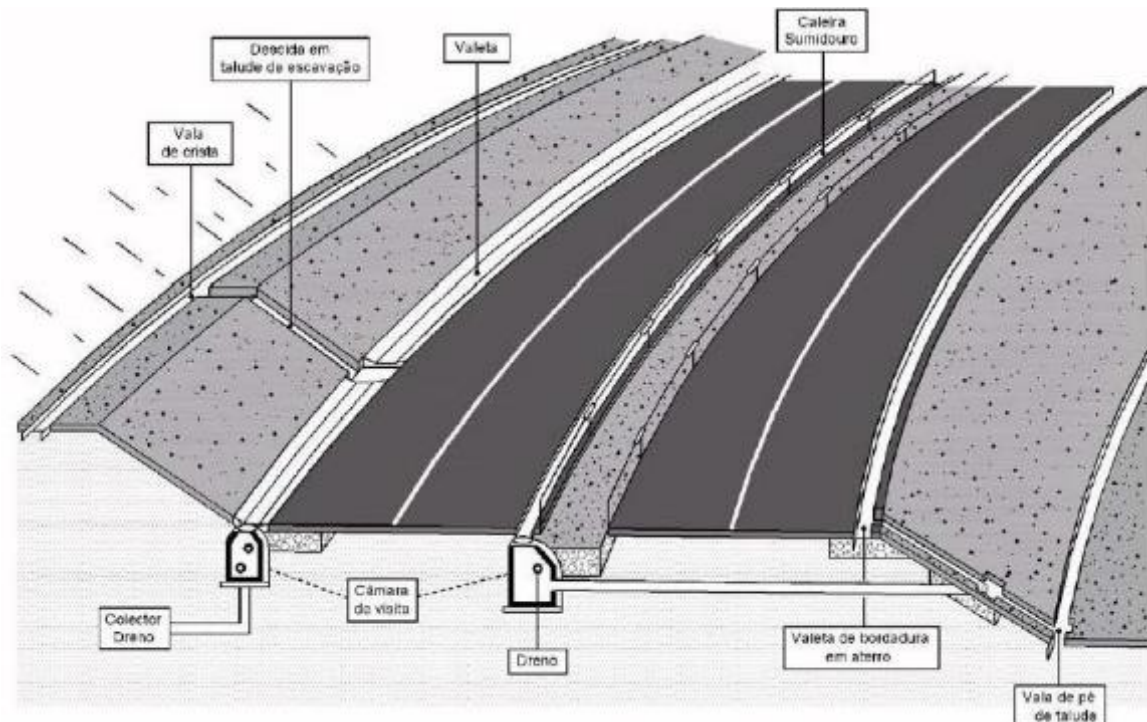


Figura 3.1 – Exemplos de órgãos de drenagem adotados em autoestradas [28]

Existem dois tipos de drenagem: a drenagem superficial que assegura o escoamento das águas pluviais que caem diretamente na plataforma e assegura o restabelecimento das condições de escoamento das linhas de água naturais que são intercetadas pela construção da via, e a drenagem subterrânea que evita o aumento do teor de água no solo.

As valetas e valas são dispositivos longitudinais que se encontram localizados ao longo da via, de geometria, estrutura e revestimento variável. Existem diversos tipos de valas e valetas como se pode observar na Figura 3.2, distinguindo-se as seguintes:

- Valetas de plataforma lateral, cuja seção pode ser triangular, trapezoidal ou semicircular e que podem ser ou não revestidas a betão. Estas valetas estão localizadas entre a berma e os taludes de escavação e têm por finalidade captar as águas superficiais existentes na plataforma e taludes de escavação;
- Valetas de plataforma em separador, cuja seção é triangular e revestidas em betão. Estas valetas são construídas no separador central, no limite da faixa de rodagem ou no meio do separador e fazem a captação das águas superficiais existentes no separador central;
- Valetas de bordadura de aterro, cuja seção é semicircular e revestida em betão, construídas na bordadura da plataforma em zonas de aterro. Recolhem as

águas superficiais existentes na plataforma, impedindo que estas sejam escoadas para os taludes de aterro, instabilizando-os;

- Valetas de banqueta que podem ser de seção triangular e ou de seção trapezoidal ou semicircular, revestidas ou não a betão. Estas valetas estão localizadas na interceção da banquetta com o talude de escavação, possibilitando a captação de águas escorridas no talude e as que caem sobre a própria banquetta;
- Valas de crista de talude, cuja seção é triangular, trapezoidal ou semicircular, podendo ou não estar revestidas a betão. Estão localizadas no topo dos taludes de escavação, captando as águas de superfície originárias de terrenos adjacentes;
- Valas de pé de talude, cuja seção é trapezoidal, podendo ou não ser revestidas a betão ou a enrocamento. Podem ter seção circular e nesse caso é necessário serem revestidas a betão e estão localizadas nas bases dos taludes de aterro, evitando que as águas provenientes da plataforma e dos taludes de aterro sejam escoadas para terrenos vizinhos.



Figura 3.2 – Exemplos de valas e valetas existente na rede da AEA

Além das valas e valetas, existem outros tipos de drenagem que as complementam na captação e transporte da água, distinguindo-se as seguintes:

- Sumidouros e sarjetas são caixas de dimensões reduzidas, que se encontram junto dos lancis ou separadores elevados. Estão interligados a coletores através de tubagem e fazem a captação das águas superficiais escoadas na superfície do pavimento;
- Caixas ou câmaras de visita são dispositivos que possibilitam o acesso aos coletores e conseqüentemente a sua inspeção e limpeza;
- Caleira ou sumidouro com rasgo contínuo é um dispositivo colocado no separador central quando este é executado com guarda rígida de betão.

A Figura 3.3 é elucidativa dos exemplos de órgão de drenagem que complementam as valas e valetas.



Figura 3.3 - Exemplos de outros órgãos de drenagem existentes na rede da AEA

➤ Equipamentos de Segurança

Os equipamentos de segurança rodoviária têm um contributo importante na minimização das conseqüências dos acidentes que ocorrem nas autoestradas.

É necessária uma vigilância atenta e cuidada ao estado de conservação dos equipamentos de segurança, garantindo o seu correto funcionamento. Assim, caso sofram danos provocados por acidentes, ou por outras causas, devem ser reparados ou substituídos com a maior brevidade possível.

Os equipamentos de segurança rodoviária abrangem um conjunto de diversos dispositivos, nomeadamente:

- As guardas de segurança semi-flexíveis exemplificadas na Figura 3.4 são dispositivos instalados na berma ou no separador central com o objetivo de impedir a passagem dos veículos para fora da plataforma rodoviária, evitando danos graves aos ocupantes do veículo e ao próprio veículo;



Figura 3.4 - Exemplo de guardas de segurança aplicado na plena via

Os dispositivos proteção de motociclistas exemplificadas na Figura 3.5 podem ser acoplados em conjunto com as guardas de segurança referidas anteriormente, principalmente nos ramos das autoestradas e nas curvas de raios pequenos, com o objetivo de proteger os motociclistas evitando que estes embatem nos prumos.



Figura 3.5 - Exemplo de guardas de segurança para motociclistas

- A guarda de segurança rígida tipo New Jersey é um dispositivo com um nível de contenção mais elevado que a guarda de segurança semi-flexível, tendo um

perfil que induz o redireccionamento do veículo, logo que as suas rodas, no momento da colisão, provocam a subida do terço inferior da barreira. Este tipo de perfil, constituído por betão é adequado à absorção de impactos, usado principalmente no separador central e em alguns casos na berma direita, quando a altura do talude de aterro seja demasiado elevada. A Figura 3.6 exemplifica um perfil de betão do tipo New Jersey e o respetivo corte transversal.



Figura 3.6 - Exemplo de perfil de betão (New Jersey)

- Os amortecedores de choque, como se exemplifica na Figura 3.7, são dispositivos que absorvem a energia em caso de acidente e habitualmente são instalados nas zonas de divergência dos ramos de ligação.



Figura 3.7 - Amortecedor de choque aplicado em zona de divergência

Referem-se, ainda, outras infraestruturas relacionadas com a segurança da via, presentes nas autoestradas, que se discriminam seguidamente:

- As passagens de emergência, que são localizadas criteriosamente no separador central, permitem a passagem de viaturas para a outra faixa de

rodagem em situações de emergência, tais como viaturas de socorro e autoridades policiais;

- As ligações de emergência, que estabelecem a ligação à rede viária externa e que se encontram encerradas com portões;
- Os desvios de emergência, que têm como função permitir aos meios de socorro o fácil acesso aos locais de acidentes;
- As escapatórias localizadas em zonas de descidas acentuadas superiores a 6% e com extensões maiores que 2 km, que permitem a travagem, sem grandes danos, das viaturas cujos condutores as não consigam imobilizar.

➤ Pavimentos

Os pavimentos rodoviários são constituídos por várias camadas horizontais de materiais colocados sobre o terreno de fundação, cuja principal função é suportar as cargas dos veículos, proporcionando uma superfície resistente, segura e confortável à circulação dos veículos e seus ocupantes.

Existem três tipos de pavimentos, em função das suas camadas constituintes:

- O pavimento flexível cuja camada de base e sub-base é constituída por materiais granulares não ligados e com as camadas de regularização e de desgaste em materiais betuminosos. Cerca de 85 % da extensão da A8 corresponde a pavimento cuja camada superficial é em betuminoso e na A15 o pavimento constituinte é flexível. A Figura 3.8 (a) é elucidativa de um corte do pavimento flexível.
- O pavimento semirrígido em que as camadas superiores são em mistura betuminosa, mas as camadas de base e sub-base são em materiais granulares tratados com ligantes hidráulicos como é ilustrado na Figura 3.8 (b).
- O pavimento rígido, cuja camada de desgaste são lajes de betão vibrado, constituído por juntas longitudinais de ligação e juntas transversais de construção, que podem ser construídas sobre a fundação ou sobre as camadas de base e sub-base, identificado na Figura 3.8 (c). Entre os pavimentos rígidos existe o Betão Armado Contínuo – BAC, que consiste numa armadura contínua colocada no centro da laje, permitindo controlar a abertura de fendas devidas à retração do betão.

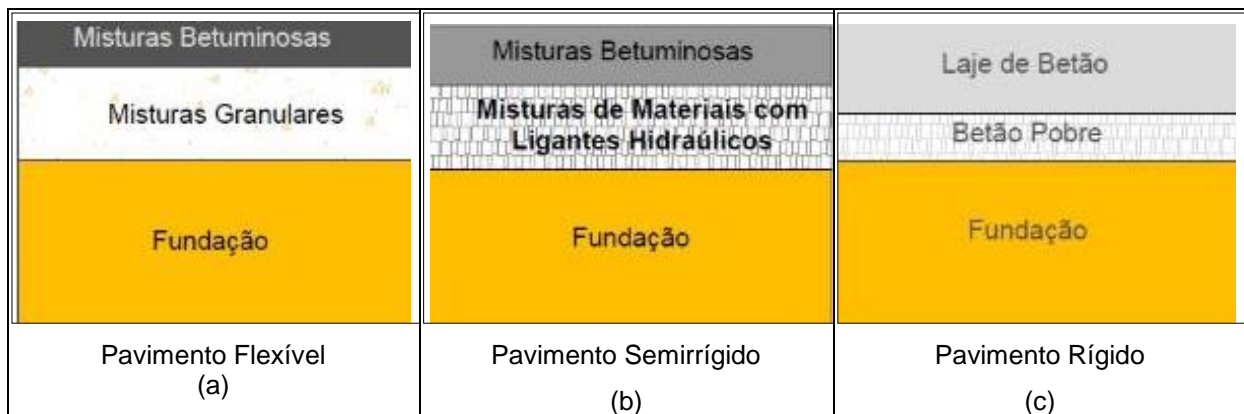


Figura 3.8 - Diferentes tipos de pavimentos

O pavimento de uma infraestrutura caracteriza-se fundamentalmente pelo comportamento estrutural, que é garantido pelos materiais utilizados, pela espessura das camadas e pelo solo de fundação, e o comportamento funcional, que é garantido pelas condições de textura e acabamento das camadas superiores, nomeadamente a camada de desgaste.

O pavimento deve garantir determinadas características funcionais, pelo que o acabamento da camada superficial e os materiais utilizados, são fundamentais para atingir determinadas características, as quais são avaliadas através dos seguintes parâmetros:

- Aderência entre os pneus e o pavimento;
- Projeção de água em tempo de chuva;
- Desgaste dos pneus;
- Ruído exterior e interior do veículo;
- Resistência ao rolamento;
- Conforto e estabilidade durante a circulação.

Para o dimensionamento dos pavimentos há que ter em consideração determinados aspetos que influenciam o seu comportamento, nomeadamente o tráfego, os materiais utilizados na construção e as condições atmosféricas.

Existem diferentes tipos de misturas betuminosas que são aplicados em diferentes situações, ou seja as misturas aplicadas nas diferentes camadas variam de acordo com a função que cada uma deve desempenhar, assim a mistura aplicada na camada de base deve garantir a função estrutural, a mistura aplicada nas camadas de regularização e de ligação deve garantir uma boa regularidade superficial e impermeabilizar as camadas inferiores e a mistura aplicada na camada de desgaste deve garantir a função funcional.

A mistura mais utilizada na constituição dos pavimentos é a *mistura betuminosa a quente*, utilizada nas camadas de desgaste, base e de regularização ou como betão betuminoso drenante, mistura betuminosa densa ou macadame betuminoso. Estas misturas podem ser modificadas, adicionando polímeros, borracha, asfaltos naturais ou outro tipo de compostos, com o objetivo de aumentar a resistência à fadiga e às deformações permanentes.

As *misturas betuminosas a frio* são produzidas e aplicadas à temperatura ambiente e os agregados britados de granulometria extensa utilizados na mistura são tratados com uma emulsão betuminosa.

O *micro aglomerado (slurry)* é um exemplo de uma mistura betuminosa a frio, densa, rugosa e impermeável, constituído por uma emulsão betuminosa, com elastómeros, inerte fino e bem graduado, fíler comercial, aditivos e água em determinadas proporções. A aplicação desta mistura é feita em duas fases, a primeira fase é a aplicação da camada que assegura a impermeabilização e homogeneiza o suporte e a segunda fase é a aplicação da camada que confere a rugosidade e a proteção da primeira camada.

As regas e tratamentos superficiais consistem na aplicação dum ligante hidráulico sobre uma camada granular, antes da aplicação de camadas betuminosas ou de tratamentos superficiais.

Após a construção do pavimento, é necessário garantir as suas características e para isso são realizados ensaios e vistorias de modo a detetar as possíveis patologias que possam surgir. Este tema será desenvolvido no subcapítulo 4.2.

➤ **Sinalização Horizontal**

A Sinalização Horizontal é constituída por marcações feitas no pavimento de modo a definir as zonas da faixa de rodagem destinadas aos diferentes sentidos de circulação, ou para delimitar a circulação de determinados veículos e indicar determinados comportamentos que os utentes devem cumprir.

Genericamente, as marcas rodoviárias podem ser longitudinais, transversais, marcas reguladoras do estacionamento e paragem, marcas orientadoras de sentido de trânsito, marcas diversas e guias e dispositivos.

A Figura 3.9 é um exemplo de marcas rodoviárias que se podem encontrar nos pavimentos.



Figura 3.9 - Exemplos de marcas rodoviárias

➤ **Sinalização Vertical**

A Sinalização Vertical é constituída por sinais ou painéis de várias formas, cores e tipos que pretendem transmitir uma determinada mensagem ao condutor, facilitando a sua circulação e promovendo a segurança nas estradas, distinguindo-se a sinalização de orientação e a de código.

Os sinais verticais necessitam de cuidados de conservação e limpeza para que a leitura das mensagens transmitidas não seja comprometida.

Existem diferentes níveis de telas aplicadas na sinalização, que podem ser distinguidas em função da capacidade de retrorreflexão e luminância. De acordo com 3M Company (grupo multinacional americano de tecnologia diversificada e responsável pela produção e distribuição de telas utilizadas no fabrico da sinalização vertical) as telas são classificadas da seguinte forma:

- As telas EG – Engineer Grade correspondem ao nível 1;
- As telas HI – High Intensity correspondem ao nível 2;
- As telas DG – Diamond Grade correspondem ao nível 3.

A Figura 3.10 exemplifica os diferentes tipos de sinalização vertical que se encontram ao longo da autoestrada.



Figura 3.10 - Exemplos de sinalização vertical de informação e de código

➤ Taludes

A principal preocupação da Concessionária relativamente aos taludes é a estabilização dos mesmos, evitando consequências graves provocadas pelos escorregamentos.

A probabilidade de ocorrência de escorregamentos depende do tipo de ocupação das áreas adjacentes, da impermeabilização contínua destas e do aumento das taxas de precipitação causadas pelas mudanças climáticas.

Existem os taludes naturais que resultam de processos naturais, como condições atmosféricas e/ou movimentos da crosta terrestre (sismos) e os taludes artificiais que resultam da ação do homem, nomeadamente a construção de uma estrada.

Os taludes artificiais podem ser de aterro ou de escavação, dependendo do processo de execução. Os taludes de aterro resultam do depósito de solos no terreno natural e os taludes de escavação resultam da escavação efetuada no terreno natural.

Existem diversos tipos de processos de escorregamentos, nomeadamente a queda de blocos de solo ou rocha, deslizamento ou escorregamento, espalhamento, (movimento relativamente rápido de massas de argila) e corridas de lamas (movimentos rápidos de

solo argiloso, movendo-se como um fluido viscoso). A instabilidade dos taludes pode ter diversas causas tais como:

- Descontinuidade dos materiais aterrados;
- Drenagens insuficientes;
- Aumentos das pressões intersticiais, reduzindo a resistência ao corte;
- Rebaixamento rápido do nível das águas exteriores;
- Liquefação do Solo;
- Existência de vegetação no talude, provocando uma sobrecarga e diminuindo a resistência com o apodrecimento das raízes.

A estabilização dos taludes pode ser realizadas recorrendo ao tratamento superficial, utilizando diferentes métodos:

- Recobrimento da superfície do talude retardando os efeitos da erosão ou a infiltração da água;
- Conservação vegetal, pois a vegetação tem uma contribuição importante para estabilidade do talude;
- Reforço de solos através da colocação de elementos resistentes sobre o aterro;
- Execução da terra armada através da colocação de tiras metálicas (recebem tratamento anti corrosão) como elementos de reforço;
- Colocação de blocos de rocha mais ou menos compactados sobre o aterro (enrocamentos);
- Colocação de mantas geossintéticas na separação de materiais, no reforço de aterros, na filtração, drenagem e barreiras impermeáveis;
- Realização de pregagens que consistem na introdução de barras metálicas em maciços naturais ou aterros;
- Execução de muros de suporte para a sustentação e retenção de terras apoiadas sobre uma fundação.

A aplicação dos diferentes métodos de estabilização de taludes pretende aumentar a segurança dos mesmos.

É importante salientar que os projetos de estabilização de taludes não podem ser normalizados, por estes dependerem da natureza dos solos.

➤ **Vedações**

As vedações são equipamentos colocados nos limites laterais da autoestrada, que delimitam a área concessionada e permitem o acesso fácil dos serviços de manutenção através da instalação de portões basculantes e passagens de homens.

De uma maneira geral e de acordo com os Contratos de Concessão, é obrigatório vedar as autoestradas.

Numa autoestrada podem existir diversos tipos de vedações, nomeadamente as *vedações em seção corrente*, constituídas por uma rede de malha progressiva fixada a postes de madeira, com 1,10 m de altura acima do solo, *vedações em passagens inferiores* (que são vedações constituídas por uma rede de malha progressiva fixada a postes de madeira com 1,05 m de altura acima do solo) e as *vedações sobre sistemas de drenagem*. Nas zonas em que a vedação atravessa órgãos de drenagem é necessário acrescentar porções de rede que impeçam a passagem de animais, mas que não impeçam a circulação da água.

As vedações devem permitir o acesso ao pessoal da manutenção e limpeza e, para tal, são colocados portões de manutenção (que podem ser basculantes) ou passagens de homem.

A Figura 3.11 refere-se a uma vedação que limita o terreno concessionado e a Figura 3.12 é um exemplo de uma vedação sobre uma passagem hidráulica (PH).



Figura 3.11 - Exemplo de vedação em plena via



Figura 3.12 - Exemplo de uma vedação sobre uma PH

➤ **Vigilância da Infraestrutura**

As vistorias realizadas à infraestrutura são planeadas anualmente pela Direção Técnica, com o objetivo de verificar as condições de conservação e manutenção da infraestrutura,

detetando atempadamente eventuais anomalias e corrigindo-as com a maior brevidade possível. Estas vistorias são efetuadas pelo Setor da Conservação e Manutenção do Centro de Assistência e Manutenção (CAM).

Os limites de concessão estão definidos no Decreto-Lei n.º 343 – A/98, de 4 de dezembro, que estabelecem as regras que devem ser cumpridas pela Concessionária.

A zona “*non aedificandi*” está definida no Contrato de Concessão de acordo com o Decreto-Lei n.º 393 – A/98, de 4 de dezembro. A zona “*non aedificandi*” corresponde à zona adjacente à autoestrada em que está limitada a construção dos edifícios, estradas e a colocação de postes.

O CAM, ao detetar uma violação à zona “*non aedificandi*”, deve proceder ao levantamento fotográfico, definir com precisão o local e efetuar o registo. O chefe do CAM tem um prazo de 5 dias úteis para informar às autoridades públicas territorialmente competentes.

➤ **SIGA - Sistema de Informação e Gestão de Auto-Estradas**

O SIGA é um Software de Informação Geográfica desenvolvido pela Gismédia em Parceria com Estereofoto para a AEA. Este sistema suporta as atividades técnicas de operação e manutenção sobre infraestruturas rodoviárias concessionadas à AEA.

O SIGA permite que a Direção Técnica tenha acesso a informação localizada dos equipamentos associados à via, em conjunto com os processos de monitorização de acidentes e estado do piso, permite a realização do planeamento e controlo operacional de intervenções técnicas na via.

3.2 Centro de Assistência e Manutenção

O Centro de Assistência e Manutenção é uma das áreas da Direção de Exploração e está constituído por três setores que se interrelacionam:

➤ **Setor Circulação**

Este setor é responsável pelo Centro de Controlo e Operação - CCO, pelo patrulhamento e assistência de toda a rede da AEA e a resolução e registo de acidentes.

O CCO faz a vigilância da rede. Essa vigilância é feita por dois funcionários, sendo uma deles responsável pela A8 Sul (CRIL/Loures – Tornada) e o outro pela A8 Norte (Tornada – Leiria) e A15. A vigilância consiste na análise de toda a rede através de filmagens realizadas por câmaras colocadas em pontos estratégicos da rede. Devem ter-se em

atenção a ocorrência de acidentes, objetos nas vias e veículos parados na berma. As chamadas efetuadas pelos postos de SOS são recebidas e atendidas no CCO.

O Patrulhamento e Assistência das autoestradas é feito pelas carrinhas de assistência, que, embora seja um serviço prestado por uma entidade externa, é fiscalizado e coordenado pelo Setor de Circulação. As carrinhas fazem várias viagens pelas autoestradas, sendo estas divididas em “viagens pela plena via” e “plena via mais ramos”.

A função das carrinhas consiste em verificar se a circulação nas vias decorre sem anomalias, ou seja se não há ocorrência de acidentes, veículos parados na berma ou nas vias, devido a avarias ou obstáculos nas vias. Nesses casos deve proceder ao corte de via e informar o CCO. Estas carrinhas estão equipadas com cones e sinais para o corte de via, combustíveis e desengordurante para pavimentos.

Como o CCO e as Carrinhas de Assistência são responsáveis pela vigilância da infraestrutura, resolvem atempadamente os acidentes que ocorrem, sendo responsáveis pelo seu registo e resolução. Os registos dos acidentes são feitos num programa informático, o Side. Na Figura 3.13 observam-se algumas das funções do Setor da Circulação.



Figura 3.13 - Setor da assistência do CAM

➤ **Setor da Conservação/Manutenção**

Este setor é responsável por organizar os trabalhos que serão efetuados na via, elaborando um plano de trabalhos para cada semana, com base no plano de trabalhos de cada empreiteiro, de modo a que não haja sobreposição de trabalhos e seja possível programar devidamente os cortes de via.

As vistorias à infraestrutura são realizadas pelos trabalhadores deste setor, que devem periodicamente analisar todos os elementos constituintes das autoestradas, nomeadamente as vedações, equipamentos de segurança, obras de arte, órgãos de drenagem e sinalização. Caso se verifique alguma anomalia, este setor elabora relatórios que serão enviados posteriormente à Direção Técnica.

Os acidentes que são identificados e registados pelo Setor da Circulação são posteriormente analisados pelos trabalhadores do setor, que elaboram uma ficha identificando os danos causados à infraestrutura. É necessário enviar os dados dos acidentes e os danos por eles causados à seguradora e, para isso, é preciso elaborar um documento apresentando todas as informações e fotografias referentes aos danos causados por acidentes, que será encaminhada para a seguradora.

Neste setor foi possível acompanhar o levantamento de danos causados por acidentes na infraestrutura e o lançamento da respetiva informação no programa Side, como se pode observar na Figura 3.14.



Figura 3.14 - Levantamento de danos na infraestrutura pelo Setor da Conservação/Manutenção

➤ **Setor das Portagens**

Este setor é responsável pela supervisão das portagens quer virtualmente quer no local. Existem dois responsáveis pela supervisão das portagens, um faz a supervisão da A8 Sul (da Portagem de Loures à Portagem do Bombarral) e o outro faz a supervisão da A8 Norte (da Portagem da Tornada à Portagem de Leiria) e a A15.

As praças de portagem estão equipadas com cabines, cujo atendimento pode ser feito por um portageiro ou pela máquina *e-toll*. As máquinas *e-toll* proporcionam grandes vantagens ao nível da eficiência, comodidade e segurança. Fazem automaticamente a classificação de veículos, desde que estes sejam da classe 1, através dos sensores nelas incorporadas. As portagens com máquinas *e-toll* só possibilitam o pagamento eletrónico e encontram-se devidamente assinaladas.

Neste setor foi possível acompanhar o responsável pelas portagens da A8 Norte e A15, tendo sido realizada uma visita à portagem da Tornada e o respetivo edifício de apoio. Durante a visita foi possível acompanhar o funcionamento de uma portagem, nomeadamente a cobrança de taxas de portagem por portageiros, o funcionamento das máquinas *e-toll* e a assistência ao cliente. Além da visita à portagem da Tornada, foi possível conhecer o funcionamento do Centro de Operacional de Portagens, que é

responsável pela classificação dos veículos (que não sejam da classe 1) e pela assistência dos clientes que passam pelas máquinas *e-toll*.

A Figura 3.15 apresenta imagens das cabines de portagem e das máquinas *e-toll*, assim como do Centro Operacional de Portagens.

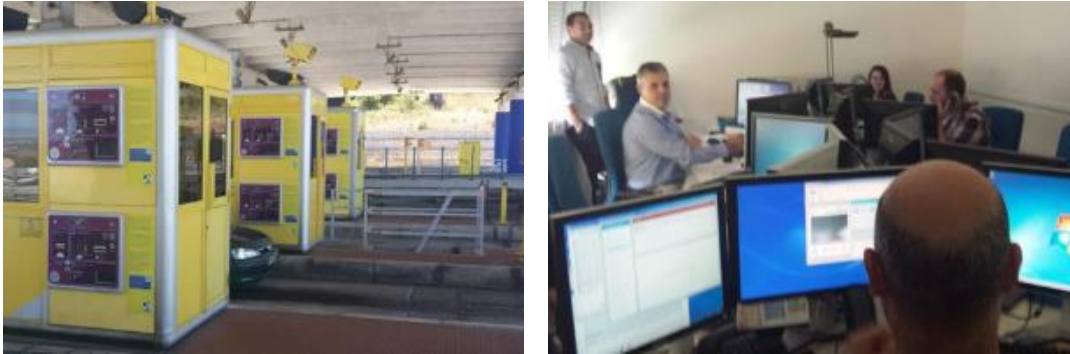


Figura 3.15 - Setor das portagens da AEA

As classificações dos veículos são feitas pelos portageiros, virtualmente. Caso apareçam veículos de classes diferentes da classe 1, estes são classificados virtualmente pelos operadores do Centro Operacional de Portagens.

A recolha do dinheiro e a reposição de moedas nas máquinas *e-toll* é feita por uma empresa contratada para o efeito.

3.3 Visitas Técnicas

Durante o estágio foram realizadas visitas técnicas a empresas que prestam serviço à AEA, nomeadamente a Consulpav – Consultores e Projetistas de Pavimentos, Lda e a Viamarca – Pinturas de Vias Rodoviárias SA, que se apresentam seguidamente:

➤ Consulpav

A Consulpav é uma empresa especializada em projeto, gestão, fiscalização e controlo de obra de pavimentos rodoviários e aeroportuários, prestando também serviços de consultoria, instrumentação e auscultação de pavimentos.

É responsável pela auscultação de pavimentos, ou seja realiza inspeções visuais em toda a rede da AEA, determinação dos coeficientes de atrito, do índice de regularidade longitudinal (IRI), da capacidade estrutural do pavimento, da deflexão do pavimento e da profundidade de textura.

Nestes serviços englobam também o controlo e fiscalização às obras de pavimentação, nomeadamente a recolha de amostras de misturas betuminosas para a determinação do

teor de betume da mistura, verificação se os parâmetros cumprem o fuso estabelecido (a granulometria do material) e a determinação da temperatura do betume na aplicação da mistura. A Figura 3.16 exemplifica trabalhos relativos à fiscalização realizados pela Consulpav.



Figura 3.16 - Trabalhos de fiscalização de obras de pavimentação

➤ **Viamarca**

A Viamarca é uma empresa de sinalização e segurança rodoviária. O serviço prestado pela Viamarca à AEA baseia-se na produção e montagem da sinalização vertical, pintura e repintura da sinalização horizontal e na realização de cortes de via, nomeadamente colocação da sinalização temporária. A Figura 3.17 representa exemplos dos trabalhos realizados pela Viamarca.



Figura 3.17 – Exemplo de trabalhos realizados pela Viamarca

3.4 Inspeções Realizadas à Infraestrutura

No âmbito da identificação das possíveis patologias que possam ocorrer nos diferentes elementos da infraestrutura, são realizadas periodicamente inspeções. Durante o estágio foi possível participar em algumas dessas inspeções.

➤ Obras de Arte

A conservação e manutenção das obras de arte envolvem um conjunto de atividades que constituem o Sistema de Gestão de Obras de Arte, nomeadamente inventários, inspeções principais e de rotina anual, assim como as inspeções às juntas de dilatação.

O inventário é o primeiro passo a ser tomado para a elaboração de um sistema de gestão de obras de arte, pois consiste na recolha e sintetização das características das diversas obras.

As inspeções principais são observações e registos das condições de funcionamento de cada obra de arte, sendo as respetiva

As inspeções de rotina consistem em inspeções realizadas anualmente, de modo a serem definidos trabalhos de manutenção a realizar no ano seguinte.

As atividades que abrangem as obras de arte são descritas em relatórios anuais.

As inspeções às obras de arte são realizadas pela BETAR – Consultores, Lda, que é uma empresa que realiza a inspeção e a supervisão de obras de arte.

Os relatórios resultantes das vistorias às obras de arte são colocados num programa, que contém toda a informação sobre as mesmas, o GOA – Gestão de Obras de Arte. Este programa foi desenvolvido pela BETAR e permite aplicar diversos procedimentos de apoio à gestão de obras de arte.

Foi possível acompanhar as inspeções realizadas pela BETAR às obras de arte, exemplificadas na Figura 3.18, permitindo verificar os aparelhos de apoio, as juntas de dilatação, os elementos estruturais e as passagens hidráulicas.



Figura 3.18 - Inspeções às obras de arte

➤ **Geotecnia**

No âmbito da conservação e manutenção dos taludes de uma infraestrutura rodoviária, a mesma envolve a monitorização geotécnica dos taludes de escavação e de aterro.

Na maioria das situações, monitorização geotécnica requer a elaboração de um projeto específico, indicando os principais pontos onde se verifique necessário instalar equipamentos de leitura local e/ou remota.

Genericamente as leituras dos equipamentos de monitorização são feitas anualmente. Caso se verifique alguma anomalia nos dados obtidos, aumenta-se a periodicidade da leitura dos equipamentos, permitindo agir atempadamente na correção dessas anomalias e impedindo a ocorrência de acidentes geotécnicos, como deslizamentos e escorregamentos dos taludes.

Os equipamentos mais utilizados são os Inclínómetro (permitem determinar ângulos de inclinação e elevação), os Piezómetros (através de furos realizados nos taludes permitem monitorizar os níveis de água), e os Crackmeters (permitem medir os movimentos de uma estrutura, através de juntas ou fissuras superficiais).

A monitorização geotécnica das infraestruturas da AEA é feita pela CêGê – Consultores para Estudos de Geologia de Engenharia, que é uma empresa que se dedica à realização de estudos geológicos e geotécnicos de apoio a obras de Engenharia Civil. Desenvolve atividade na assistência técnica à construção, como consultor ou projetista, para donos de obra ou empreiteiros.

Foi possível acompanhar e participar em algumas inspeções geotécnicas realizadas à infraestrutura da AEA pela CêGê, as quais compreenderam as leituras dos seguintes equipamentos:

- Inclínómetros e piezómetros na A8, km 75+000;
- Inclínómetros na A8, km 68+500 e km 68+650;
- Inclínómetros e crackmeter na junta da viga da cobertura da praça de portagem de À-dos-Negros, na A15.

Os equipamentos utilizados na monitorização geotécnica estão ilustrados na Figura 3.19.



Piezómetro

Inclinómetro

Crackmeter

Figura 3.19 - Instrumentação geotécnica

➤ Pavimentação

As inspeções ao pavimento englobam as inspeções visuais, os ensaios para determinação do Índice de Regularidade Longitudinal (IRI) através do Perfilómetro Laser, ensaios para a determinação do Coeficiente de Atrito utilizando o equipamento T10-ASFT e ensaios de determinação da Capacidade Estrutural do pavimento utilizando o Defletómetro de Impacto.

No caso da rede de autoestradas da AEA estas inspeções e ensaios são realizadas pela Consulpav, tendo sido possível assistir à realização de alguns destes trabalhos durante o estágio:

- Inspeções Visuais que consistem na observação do pavimento rodoviário, captando as patologias superficiais;
- Determinação do IRI entre a Área de Serviço e a Portagem do Bombarral;
- Determinação da capacidade Estrutural através do Defletómetro de Impacto na Portagem do Bombarral;
- Carotes na Portagem do Bombarral.

Algumas das inspeções e ensaios realizadas à infraestrutura estão exemplificadas na Figura 3.20.



Figura 3.20 - Realização do ensaio para a determinação da deflexão e carotagem na Portagem do Bombarral

3.5 Trabalhos de Conservação e Manutenção

As Concessionárias devem definir os trabalhos de conservação e manutenção que a infraestrutura necessita, de acordo com as inspeções e vistorias realizadas à infraestrutura.

➤ Sinalização

Na sinalização distinguem-se duas vertentes, a sinalização horizontal que é basicamente constituída pelas marcas rodoviárias e a sinalização vertical que engloba os sinais de código e os de orientação.

A duração das marcas rodoviárias depende, em geral, do tipo de tinta que é aplicada. Normalmente, o material termoplástico é o tipo de tinta aplicada na realização das marcas rodoviárias em autoestradas, pois tem uma vida útil de, aproximadamente, 60 meses.

As marcas rodoviárias vão perdendo as suas características à medida que o tempo vai passando, devido às passagens dos veículos e às condições climáticas que influenciam a duração da vida útil das mesmas.

As propriedades refletoras das marcas rodoviárias são-lhes conferidas pela presença de esferas de vidro, permitindo a visibilidade diurna (garantida pelo fator de luminância – Qd) e a visibilidade noturna (garantida pelo fator de retrorreflexão RL).

Atualmente, o controlo da retrorreflexão (RL) e do coeficiente de luminância (Qd) é muito importante para a conservação e manutenção da sinalização horizontal.

A medição da retrorreflexão é feita recorrendo a equipamentos móveis/dinâmicos, consistindo em medições realizadas em movimento, à velocidade do tráfego e sem necessidade de entrar em contato com a superfície da marca, permitindo avaliar a totalidade da largura da marca.

Para a realização das medições é necessário verificar determinadas condições, nomeadamente se as marcas estão limpas, secas, sem partículas de sal (usado no combate ao gelo/neve), se a temperatura ambiente é superior a 5 graus centígrados e se a humidade relativa é inferior a 75%. A medição deve ser feita durante o período diurno e no sentido do tráfego.

Na sinalização vertical, a conservação e manutenção passa também pelo controlo da capacidade retrorrefletora das telas constituintes dos sinais, pelo estado dos prumos e das placas de alumínio que correm risco de corrosão.

A capacidade retrorrefletora depende das telas dos sinais. Atualmente, devido à sua capacidade retrorrefletora, as telas utilizadas são as do nível 2, *High Intensity* (HI) e as

de nível 3, *Diamond Grade*. As telas *High Intensity* são telas compostas por lentes microprismáticas não metalizadas, destinadas à produção de sinais de tráfego de longa duração e dispositivos de delineamento de zonas de obras, expostos verticalmente. As telas *Diamond Grade* são telas de grande eficiência, que têm uma tecnologia de cubo completo e são destinadas a sinais de trânsito e balizas. Têm melhores características refletoras em estrada, para todo o tipo de distâncias.

➤ **Geotecnia – Estabilização de Taludes**

Os trabalhos de estabilização de taludes envolvem a construção de muros de contenção, nomeadamente a construção de cortinas de estacas, com vários níveis de ancoragem, ou a construção de microestacas seladas em terrenos mais resistentes. Algumas das estacas constituintes da cortina de estacas, estão equipadas com equipamentos de leitura, permitindo controlar as movimentações do terreno. Estes trabalhos foram realizados em dois taludes da A15, apresentadas na Figura 3.21, ambos de aterro, situados no km 4+009 e no km 6+150 daquela autoestrada, que sofreram um deslizamento em concha.



Figura 3.21 - Obras de Estabilização de taludes realizadas na A15

➤ **Pavimentação**

Os trabalhos de conservação e manutenção dos pavimentos resultam de inspeções, onde se detetam anomalias, que requerem trabalhos para manter os níveis de serviço.

Os trabalhos realizados nos pavimentos podem ser trabalhos pontuais, como a selagem de fendas, ou podem ser beneficiações ou requalificações, que envolvem a fresagem das camadas que se encontram afetadas por anomalias mais severas, nomeadamente depressões, e execução de novas camadas.

Durante o período de estágio foi possível ter contacto com diferentes obras de pavimentação:

- Reperfilamentos na A8 Sul, no Sublanço Delgada/São Mamede, ao km 67+760, numa extensão de 25m. O reperfilamento foi a solução encontrada para o tratamento de uma deformação pontual identificada nesse quilómetro;
- Tratamento superficial na A8 Norte, Sublanço Alfeizerão/Valado de Frades, entre o km 104+700 e o km 103+950, no Encontro Norte do Viaduto do Alcoa, em ambos os sentidos. Consiste na aplicação de Microaglomerado betuminoso de dupla aplicação - Slurry, que é uma mistura densa, rugosa e impermeável, constituído por uma emulsão betuminosa com elastómeros, inerte bem graduado, filer comercial, aditivo e água nas proporções certas;
- Reparações localizadas na A15, Sublanço Arnóia/A-dos-Negros, no sentido Este/Oeste, ao km 0+950 e ao km 1+950;
- Reparações localizadas na A15, Sublanço A-dos-Negro/A-dos-Francos, no sentido Este/Oeste, ao km 12+650.

As reparações localizadas consistiram na fresagem de 38 cm, execução de uma camada de 15 cm de AGECE (agregado de granulometria extensa tratada com cimento), duas camadas de Macadame Betuminoso de 10 cm cada e a execução da camada de desgaste em microbetão betuminoso rugoso. A Figura 3.22 apresenta alguns dos trabalhos de pavimentação.



Figura 3.22 - Obra de Reperfilamento e Aplicação do Microaglomerado Betuminoso

3.6 Resumo

Este capítulo foi dedicado ao desenvolvimento das atividades desenvolvidas durante o período de estágio.

As atividades realizadas envolveram sessões de formação que permitiram perceber o funcionamento da empresa e os diversos elementos que constituem a infraestrutura em geral.

Foi possível observar diferentes obras, realizadas com o objetivo de conservar e manter as características da infraestrutura, as quais englobam obras de sinalização, nomeadamente, a empreitada de substituição da sinalização vertical no Sublanço Loures/Torres Vedras, repintura de marcas rodoviárias, obras de geotecnia, estabilização de taludes e diversas obras de pavimentação (reperfilamentos, tratamentos superficiais e reparações pontuais).

A escolha do tema: Processos de Avaliação de Pavimentos Rodoviários, foi baseada na especial importância dos pavimentos e no facto de ter sido possível observar uma obra de pavimentação durante o estágio.

4 PROCESSOS DE AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

O pavimento rodoviário tem uma importância significativa em todas as fases de desenvolvimento da infraestrutura (projeto, construção e exploração). Para os utentes da via, esta importância é evidenciada na segurança e no conforto de circulação, não se podendo menosprezar o peso que o pavimento representa no orçamento da infraestrutura.

A evolução dos custos da conservação do pavimento pode ser demonstrado através da Figura 4.1, através do gráfico pode-se observar que à medida que as condições do pavimento – PCI (Pavement Condition Index) diminuem, aproximando-se do estado de ruína, maiores serão os custos necessários para melhorar o desempenho do pavimento. Assim, para minimizar os custos de obras de conservação e manutenção deve-se identificar atempadamente as degradações do pavimento através da avaliação do estado do mesmo.

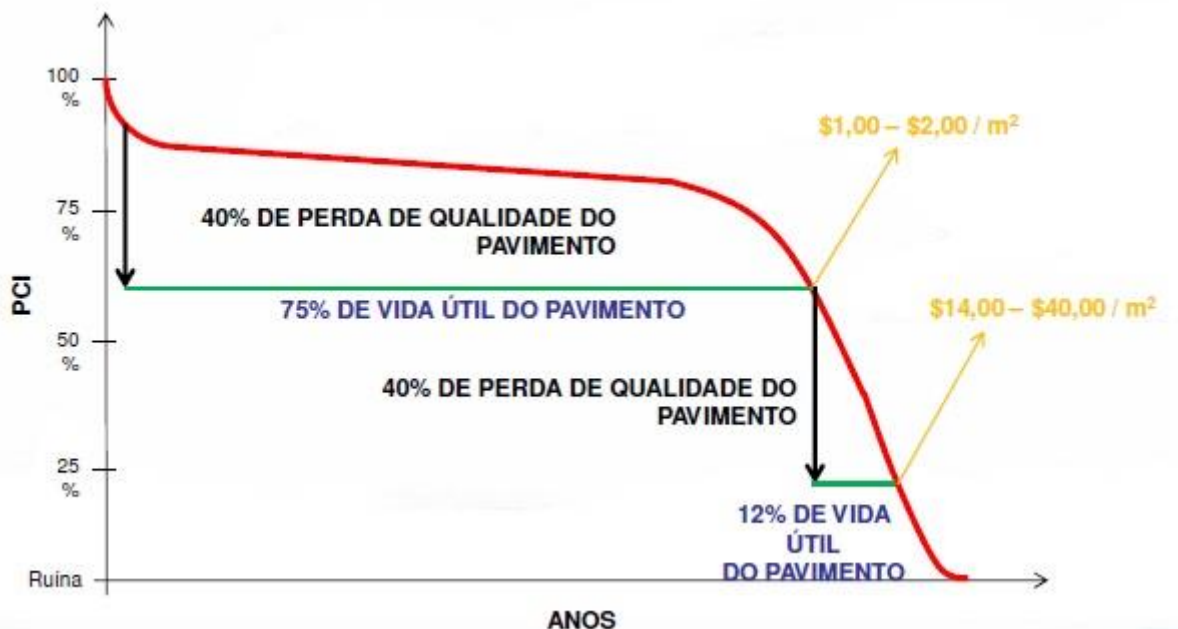


Figura 4.1 - Gráfico do PCI em função do Tempo [4]

4.1 Auscultação do Pavimento

A auscultação do pavimento tem como principal objetivo permitir a gestão eficaz de uma infraestrutura rodoviária, por permitir fazer o levantamento do estado da superfície e da estrutura do pavimento. Através desse levantamento é possível desenvolver ações de conservação e, se necessário, ações de manutenção.

A avaliação do estado do pavimento recai sobre a avaliação funcional e estrutural, estando a primeira relacionada com a qualidade do pavimento, tendo por base as exigências dos utentes

(conforto e segurança) enquanto a segunda está relacionada com o desempenho mecânico do pavimento, tendo em conta o tráfego pesado e as condições climáticas.

A auscultação do pavimento envolve diferentes técnicas para a determinação das seguintes características: Estado Superficial, Textura Superficial, Capacidade Estrutural, Regularidade Longitudinal, Regularidade Transversal e Atrito Transversal.

➤ Estado Superficial

O levantamento das patologias superficiais é feita com base em observações ou inspeções, embora estes métodos não transmitam muita fiabilidade e não sejam muito rápidos de se executar.

As observações podem ser visuais ou recorrendo a equipamentos de vídeo e fotografia. Na Figura 4.2 exemplifica-se a determinação da profundidade da fissura durante uma inspeção visual.



Figura 4.2 - Medição duma deformação

A realização das inspeções visuais consiste num observador que se desloca ao longo da estrada, a pé ou através de um veículo que circula a baixas velocidades. O objetivo é identificar e apontar as patologias encontradas.

Como se trata de um método pouco exato, pois depende da perceção de cada observador, é importante o uso dos catálogos de degradação, que especifiquem e caracterizem as patologias que possam existir no pavimento. Nos catálogos é possível encontrar a descrição de cada patologia e a respetiva fotografia elucidativa, os possíveis níveis de gravidade, como se deve proceder na sua medição e as principais causas dessa ocorrência. No Subcapítulo 4.2 são descritas as principais patologias que podem ser identificadas nos pavimentos rodoviários.

A informação recolhida deve estar organizada, identificando o ponto quilométrico em que se verificou a degradação, a orientação da estrada, a via e a extensão em que foi analisado. O registo da informação deve ser em suporte informático para facilitar a introdução de dados em programas informáticos.

Na realização das inspeções visuais são necessários determinados equipamentos, nomeadamente o odómetro, o aparelho para identificação dos pontos quilométricos e o computador onde são inseridos os dados obtidos. Estes equipamentos estão identificados na Figura 4.3.



Figura 4.3 - Equipamentos utilizados na Inspeção Visual

Caso a observação do estado do pavimento for feito recorrendo a equipamentos de vídeo e fotografia, deve ser realizado durante a noite, de modo a garantir uma luminosidade constante do pavimento. O filme obtido é um negativo por garantir maior precisão.

A análise do filme é executada numa consola com visor que permite a apresentação de dois filmes em simultâneo, possibilitando a análise da evolução do estado do pavimento, através da comparação das vias inspeccionadas em diferentes datas. A imagem é apresentada no ecrã a uma escala de 1:50.

As inspeções visuais têm vantagens e desvantagens, que afetam tanto a segurança como o bem-estar de quem circula na autoestrada. Cada vez mais se procura minimizar as

desvantagens, através de utilização de equipamentos mais precisos. [5] No Quadro 4.1 apresentam-se as principais vantagens e desvantagens deste método.

Quadro 4.1 - Vantagens e Desvantagens das Inspeções Visuais

| Vantagens | Desvantagens |
|---|--|
| Não perturba a circulação dos utentes | Não é muito fiável, depende da sensibilidade do observador |
| Menores Custos | Baixo Rendimento |
| Possibilidade de ver várias vezes o estado do pavimento, através das fotografias e vídeos | Pouco seguro, sendo necessária a realização de procedimentos de segurança (sinalização). |

➤ **Textura Superficial**

A textura superficial é uma propriedade muito importante, por garantir ao pavimento a qualidade funcional, relativamente à resistência à derrapagem e à produção de ruído. Assim, é muito importante perceber que características a textura do pavimento pode apresentar, nomeadamente a microtextura, macrotextura, megatextura e irregularidades, que podem ser distinguidas de acordo com o comprimento de onda e a amplitude. O Quadro 4.2 apresenta a classificação da textura em função destes parâmetros.

Quadro 4.2 - Textura Superficial [5]

| Textura | Comprimento de Onda | Amplitude |
|-----------------|---------------------|--------------------|
| Microtextura | 1 μ m a 0.5 mm | 1 μ m a 0.2 mm |
| Macrotextura | 0.5 mm a 50 mm | 0.1 mm a 20 mm |
| Megatextura | 50 mm a 500 mm | 0.1 mm a 50 mm |
| Irregularidades | >0.5 m | --- |

A determinação da textura do pavimento pode ser feita recorrendo ao ensaio da mancha de areia ou recorrendo à utilização de laser.

O ensaio da mancha de areia é aplicado em qualquer tipo de pavimento, com camada em mistura betuminosa ou betão hidráulico. O objetivo deste ensaio é determinar a profundidade média da macrotextura da camada de desgaste, não permitindo, no entanto, a determinação das características da microtextura.

O ensaio da mancha de areia consiste no espalhamento de uma certa quantidade de esferas de vidro sobre a superfície do pavimento, através de um equipamento de peso normalizado, e, de seguida procede-se à medição da superfície de espalhamento. Uma vez conhecida a área de espalhamento, realiza-se a determinação da profundidade média das depressões da superfície da camada de desgaste.

Durante o ensaio devem ter-se em conta os seguintes aspetos: o pavimento deve estar perfeitamente limpo e seco e as esferas devem ser de dimensões normalizadas.

Para além da verificação da textura recorrendo ao ensaio da mancha de areia, também pode recorrer-se a ensaios com raios laser, que basicamente medem distâncias relativamente à superfície do pavimento. Estes ensaios consistem na emissão de raios laser para o pavimento.

O tratamento dos dados obtidos permitem deduzir as características de rugosidade. Trata-se de um ensaio contínuo, pelo facto do equipamento ser integrado no fluxo normal do tráfego, com uma velocidade que varia entre os 40 e os 90 km/h.

➤ **Capacidade Estrutural**

A capacidade estrutural de um pavimento é baseada nas deflexões ou assentamentos verificados à superfície do pavimento, quando este é submetido a um carregamento. Permite avaliar a qualidade estrutural do pavimento, mas principalmente das camadas granulares e da fundação.

Embora a capacidade estrutural seja garantida essencialmente pelas camadas granulares e pela fundação, a camada de desgaste também contribui indiretamente. Assim, se um pavimento apresentar degradações na camada de desgaste, mesmo que a capacidade estrutural seja satisfatória, é necessário uma intervenção a nível funcional.

A capacidade estrutural do conjunto pavimento-fundação pode ser avaliada tendo em conta os seguintes parâmetros: o módulo de deformabilidade dos materiais de cada camada; a vida residual, ou seja o desempenho mecânico do pavimento, tendo em conta o tráfego e as condições climáticas, e a deformação vertical da superfície, através da deflexão.

A caracterização da capacidade estrutural do pavimento pode ser feita recorrendo a ensaios de carga não-destrutivos. Estes ensaios são realizadas com a utilização de determinados equipamentos como a *Viga de Benkleman*, o *Defletógrafo Flash* e o *Defletómetro de Impacto (FWD)*.

A *Viga de Benkleman*, representada na Figura 4.4 é um equipamento que permite determinar a deflexão do pavimento, recorrendo a uma carga praticamente estática e utilizando o pneu de um camião.



Figura 4.4 - Exemplo de uma Viga de Benkleman [6]

Trata-se de um equipamento constituído por uma base que é uma estrutura metálica rígida apoiada no pavimento através de dois pés e por uma viga que roda em torno de um eixo solidário, cuja base se mantém fixa ao pavimento através duma das extremidades.

Tem como objetivo determinar a linha de influência dos assentamentos da superfície do pavimento com a passagem do rodado de eixo traseiro de um camião a circular com uma velocidade de 2 a 3 km/h e descarregando 90 a 120 kN.

O *Defletómetro de Flash* permite estudar a capacidade de carga de um pavimento e a respetiva evolução ao longo do tempo, em função do tráfego e das condições climáticas, identificar as zonas que apresentam deficiências e necessidades de reforço estrutural e controlar a eficiência das reabilitações a nível estrutural dos pavimentos.

O Defletómetro de Flash apresenta as seguintes características:

- Camião de chassis de 2 eixos, que descarrega o eixo traseiro de rodas duplas, quando carregado com uma carga de 130 kN;
- Uma viga metálica;
- Sistema de tração e guiamento da viga;
- Dois inclinómetros que permitem medir a curvatura da linha de influência;
- Um termómetro de infravermelhos para medir a temperatura da superfície do pavimento;
- Um sistema eletrónico-informático que permite obter e tratar os dados.

Este equipamento permite medir a deflexão do pavimento quase em contínuo à velocidade de 3 a 8 km/h com um intervalo de 5 a 10 m. Os dados obtidos são a deflexão máxima, o raio de curvatura da linha de influência, temperatura da superfície do pavimento e a área sobre a linha de influência.

O *Defletómetro de Impacto*, identificado na Figura 4.5, permite avaliar a capacidade estrutural de um pavimento, medindo a sua resposta quando solicitado por uma carga de impacto.

Trata-se de um sistema com um eixo vertical, ao longo do qual se desloca uma estrutura metálica, que na sua base tem um conjunto de amortecedores, que por sua vez transmitem a carga resultante da queda da massa a uma placa rígida de 300 ou 400 mm de diâmetro. [7]

A força transmitida à placa circular tem uma variação ao longo do tempo, de modo a simular a passagem de um veículo entre os 60 e os 80 km/h. [5]



Figura 4.5 - Defletómetro de Impacto (Consulpav)

➤ **Regularidade Longitudinal**

A avaliação da regularidade do perfil longitudinal baseia-se em dois pontos, nomeadamente na geometria e nos efeitos resultantes da irregularidade.

A irregularidade longitudinal tendo em conta a geometria, é a diferença altimétrica entre o pavimento e o perfil idealizado.

Os efeitos que resultam da irregularidade são um conjunto de defeitos no pavimento que provocam vibrações nos veículos. Estes defeitos podem ter elevado comprimento de onda e reduzida frequência ou reduzido comprimento de onda e elevada frequência.

A determinação da irregularidade longitudinal consiste em inicialmente observar o perfil e de seguida determinar os índices de irregularidade do perfil. Os equipamentos utilizados podem ser do tipo “resposta” ou do tipo “perfilómetros”.

Os equipamentos do tipo “resposta” transmitem uma resposta da suspensão de um determinado veículo ou atrelado, quando atingir uma determinada velocidade de circulação. Os resultados obtidos consistem no número de impulsos correspondentes aos deslocamentos quadro-eixo para determinadas classes de amplitude dos deslocamentos.

O IRI (*International Roughness Index*) é um modelo matemático que exprime o perfil longitudinal da estrada ao longo da rodeira, representando as vibrações induzidas pela irregularidade da superfície. É o quociente entre os movimentos acumulados de uma suspensão teórica e a distância percorrida a uma velocidade de referência de 80 km/h.

Os equipamentos do tipo “perfilómetros” exemplificados na Figura 4.6 fazem o levantamento do perfil do pavimento através de sensores que não estabelecem contato com a superfície. O resultado obtido pelo equipamento consiste num perfil da superfície.



Figura 4.6 - Ensaio para determinação do IRI

Este equipamento possibilita a determinação do Índice de Irregularidade Longitudinal (IRI).

O perfilómetro laser faz o levantamento do perfil longitudinal do pavimento com base num modelo que simula a passagem de um veículo a uma velocidade de 80km/h.

O equipamento permite realizar a medição em contínuo, devido à existência de 2 lasers com frequência de 16 e 62,5 kHz, colocados sobre uma viga de alumínio posicionados de modo a ficarem alinhados com as rodeiras.

Os lasers permitem determinar o perfil longitudinal do pavimento, sendo os valores do IRI registados de 20 em 20 m. O laser da direita permite medir a profundidade de textura, devido à sua elevada frequência.

➤ **Regularidade Transversal**

A observação da irregularidade transversal consiste na obtenção do perfil transversal do pavimento. O interesse da determinação do perfil transversal é confirmar a inclinação transversal do perfil, ou seja verificar se se ajusta à do projeto, o que passa pela determinação dos pontos que podem acumular água, na avaliação da evolução do comportamento do pavimento, tendo em conta os fenómenos ocorridos a seguir à compactação: deformações plásticas e assentamentos diferenciais.

A observação da irregularidade transversal pode ser feita recorrendo a equipamentos de referência geométrica simples ou recorrendo a equipamentos com tecnologia laser ou de

ultrassons. Os equipamentos de referência geométrica simples permitem determinar a máxima deformação que ocorre na zona da passagem dos rodados dos veículos pesados e os equipamentos de tecnologia a laser e ultrassons permitem determinar a profundidade máxima de cada rodeira e uma área aproximada do perfil transversal de reperfilamento.

➤ **Coefficiente de Atrito**

O coeficiente de atrito permite determinar a resistência à derrapagem, sendo a sua determinação importante para que se possa garantir a segurança dos veículos.

O atrito é um parâmetro que está em constante alteração, pois depende dos seguintes fatores:

- Desgaste dos materiais causados pela passagem dos pneus;
- Exsudação do betume da camada de desgaste;
- Descontinuidades da camada de desgaste resultantes do fendilhamento;
- Diminuição da porosidade, devido à densificação da camada de desgaste;
- Acumulação de água nos cavados de rodeira;
- Derrame de combustíveis.

O coeficiente de atrito pode ser diferenciado em coeficiente de atrito longitudinal (CAL) e o coeficiente de atrito transversal (CAT), em que o CAL permite determinar a distância de paragem e o CAT avalia a segurança da circulação em curva. A determinação do coeficiente de atrito baseia-se em três fases:

- A medição do atrito pontual, sem utilização do pneu;
- A medição do atrito longitudinal em contínuo, com o pneu bloqueado;
- A medição do atrito transversal em contínuo, com pneu livre.

A observação pontual do atrito é feita recorrendo ao Pêndulo Britânico exemplificado na Figura 4.7, que permite a medição localizada do coeficiente de atrito cinemático, analisando a energia absorvida por atrito, quando a superfície de borracha do pêndulo desliza sobre o pavimento.



Figura 4.7 - Pêndulo Britânico [8]

Este equipamento faz a medição localizada do coeficiente de atrito, analisando a energia absorvida por atrito, quando a superfície da borracha do pêndulo entra em contato com o pavimento.

O Pêndulo britânico simula um veículo a travar numa superfície molhada, à velocidade de 50 km/h e tem as seguintes características:

- Uma base de apoio e nivelamento e uma coluna de suporte do pêndulo e do quadrante de escala de medida;
- Um pêndulo com braço de rotação articulado na coluna de suporte, com um deslizador na extremidade;
- Um quadrante vertical fixo na coluna de suporte.

A observação em contínuo do atrito permite determinar o coeficiente de atrito durante a circulação do tráfego, a uma velocidade de 60 km/h permitindo obter valores que demonstram a situação normal de circulação. O equipamento utilizado para a determinação do atrito em contínuo é o SCRIM (*Sideway Force Coefficient Routine Investigation Machine*) identificado na Figura 4.8.

Este ensaio consiste em criar uma película de água de espessura igual a 0.50 mm. O pneu do equipamento deve apresentar uma superfície lisa, de modo a garantir a obtenção de informações independentes do estado do pneu. A medição do coeficiente de atrito e da velocidade média é feita de 20 em 20 m, em oito intervalos de tempos iguais.



Figura 4.8 - Exemplo do equipamento SCRIM [9]

O Grip-Tester, identificado na Figura 4.9, é um equipamento que permite determinar o coeficiente de atrito entre o pavimento e o rodado com base em condições normalizadas. A medição é feita em troços de 10 m ao longo do comprimento em estudo.



Figura 4.9 - Exemplo do Grip-Tester [10]

Para este equipamento, é necessário criar uma película de água sobre o pavimento, que esteja entre os 0.25 e os 0.50 mm, devendo o ensaio ser realizado a uma velocidade de 50 km/h e com tempo seco.

O Grip-Tester está ligado a um computador que vai registando a velocidade aplicada, fazendo o tratamento dos dados.

Com este equipamento é possível registar as seguintes informações à medida que se realiza o ensaio:

- Marcos quilométricos;
- Passagens superiores e inferiores;
- Mudança de pavimento;
- Mudança de via;
- Mudança de Sublanço.

4.2 Principais Patologias dos Pavimentos Rodoviários

As patologias dos pavimentos são degradações que ocorrem nos pavimentos, resultantes de um processo evolutivo que se inicia após a construção do pavimento e contribui para a redução progressiva do comportamento da sua qualidade.

São vários os fatores que influenciam a redução da qualidade do pavimento, nomeadamente o tráfego, os materiais constituintes e as condições climáticas, ou seja o tráfego ao atuar num pavimento com determinadas condições climáticas, origina nos materiais constituintes solicitações, que vão alterar as propriedades iniciais dos mesmos e assim sucessivamente.

Nos materiais betuminosos, a evolução do seu comportamento, está relacionada com o envelhecimento do ligante, devido a variações de temperatura e a incidência da luz,

principalmente na camada de desgaste, e com a fadiga, levando ao aparecimento do fendilhamento.

Nas camadas granulares e na fundação, a redução da qualidade está relacionada com a ação acumulada das cargas rodoviárias e da ação da água.

Tendo em conta os diferentes tipos de pavimentos existentes (flexível, rígido e semirrígido) e os fatores que influenciam a redução da sua qualidade, serão descritas as respetivas patologias resultantes da perda de qualidade.

4.2.1 Patologias dos Pavimentos Flexíveis

O estado de conservação de um pavimento flexível está em constante evolução, normalmente manifestada no aparecimento de diversas patologias, que compreendem o aparecimento de deformações permanentes e fendilhamento por fadiga, detetadas nas camadas betuminosas. Embora sejam detetadas ao nível da superfície da camada de desgaste, essas patologias resultam da contribuição da fundação, das camadas granulares e das camadas betuminosas.

As deformações e o fendilhamento por fadiga são as patologias mais relevantes, podendo verificar-se defeitos da superfície e movimento dos materiais como se exemplifica no esquema da Figura 4.10.

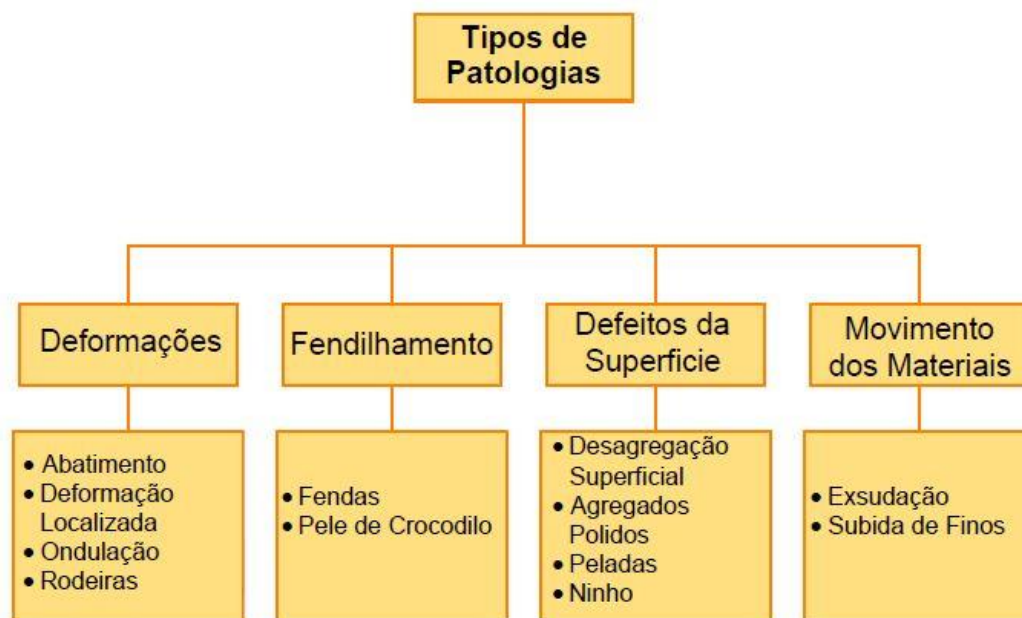


Figura 4.10 - Tipos de patologias dos pavimentos flexíveis, adaptado [7]

➤ Deformações

No grupo das deformações podem ser diferenciados 4 tipos de patologias diferentes, nomeadamente o abatimento, a deformação localizada, a ondulação e as rodeiras.

Os *abatimentos*, como se exemplifica na Figura 4.11, são deformações com uma extensão significativa, podendo desenvolver-se longitudinal ou transversalmente e ocorrem ao longo do pavimento junto á berma, podendo ser resultantes da redução da capacidade de suporte das camadas granulares e do solo de fundação, devido à entrada de água através da berma, ou ao longo do eixo da faixa de rodagem, quando há ocorrência de fendilhamento ao longo do eixo, diminuindo a capacidade de suporte por infiltração de água até às camadas granulares inferiores.

A ocorrência de abatimentos é resultado da insuficiência de drenagem ou da falta de união entre as camadas betuminosas que pode resultar de uma insuficiente compactação durante a construção e deficiente execução das juntas de trabalho.

A quantificação deste tipo de patologia consiste na determinação da profundidade máxima da depressão, em centímetros (cm).



Figura 4.11 - Exemplo de abatimento [11]

As *deformações localizadas*, como se exemplifica na Figura 4.12, são variações do nível do pavimento, originando depressões ou alteamentos, que podem aparecer isoladamente em diferentes pontos do pavimento.

A ocorrência deste tipo de patologia é devido à estabilidade reduzida das misturas betuminosas, diminuindo a capacidade das misturas betuminosas em resistir a cargas elevadas.

A quantificação deste tipo de patologia consiste na medição da largura da deformação, em centímetros (cm).



Figura 4.12 - Exemplo de uma deformação localizada [11]

As ondulações, exemplificadas na Figura 4.13, são deformações transversais, repetindo-se frequentemente ao longo do pavimento.

Esta patologia pode ocorrer nas camadas de desgaste com revestimento superficial devido à distribuição deficiente do ligante e nas camadas de betão betuminoso devido ao arrastamento da mistura por excessiva deformação plástica, causada pela ação do tráfego. Se a deformação tiver origem na fundação, esta provoca ondulações suaves no pavimento.

A quantificação deste tipo de patologia consiste na determinação da área do pavimento afetada em metros quadrados (m^2) e na quantidade de vezes que se verifica a ocorrência desta patologia no troço de pavimento em estudo.



Figura 4.13 - Exemplo de ondulação [12]

As rodeiras são deformações, cuja ocorrência é verificada na zona de passagem dos rodados dos veículos e podem apresentar duas configurações: rodeiras de pequeno raio e rodeiras de grande raio.

As rodeiras de pequeno raio são deformações transversais ao eixo da via, essencialmente nas vias de lentos ou vias situadas à direita, devido à passagem de

tráfego lento e pesado, induzindo no pavimento cargas muito elevadas. Esta patologia ocorre nas camadas betuminosas, resultando na deformação das abas laterais, como se pode observar na Figura 4.14.



Figura 4.14 - Exemplo de rodeiras de pequeno raio [13]

As rodeiras de grande raio, observadas na Figura 4.15, surgem devido a ocorrência de assentamentos na fundação, isto porque o solo e as camadas granulares têm uma capacidade estrutural baixa, deformando-se quando sujeitos a solicitações elevadas. A execução incorreta dos elementos de drenagem, e conseqüente deficiente drenagem da água do pavimento é um dos fatores do surgimento das rodeiras de grande raio.



Figura 4.15 - Exemplo de rodeiras de grande raio [14]

A quantificação deste tipo de patologia consiste na determinação da profundidade máxima das rodeiras, em milímetros (mm).

O nível de severidade não é aplicado a este tipo de patologia.

➤ Fendilhamento

O fendilhamento é uma patologia que ocorre com muita frequência nos pavimentos flexíveis e resulta da fadiga dos materiais betuminosos, causados pela passagem repetida dos veículos, provocando extensões de tração nos materiais, com duas componentes: reversível (elástica) e irreversível (plástica).

O fendilhamento abrange as fendas ou a pele de crocodilo. As fendas podem ser longitudinais, transversais ou parabólicas, podendo aparecer isoladamente ou interligadas, originando a pele de crocodilo.

As fendas longitudinais são aberturas na camada de desgaste, cuja direção é paralela ao eixo da via e as fendas transversais apresentam uma direção perpendicular ao eixo da via, exemplificadas na Figura 4.16. Estes dois tipos de fendas resultam principalmente devido à fadiga, mas também podem resultar da retração térmica da camada de desgaste, da deficiente execução das juntas de trabalho e do subdimensionamento das camadas.



Figura 4.16 - Exemplo de fendas longitudinais/transversais [12]

A quantificação das fendas consiste na determinação da extensão da fenda em metros (m) e na largura máxima em milímetros (mm).

As fendas parabólicas também são aberturas na camada de desgaste localizadas na zona de passagem dos rodados, com o eixo da parábola orientado no sentido longitudinal, Esta patologia resulta de problemas de estabilidade das camadas de desgaste e da sua ligação com as camadas betuminosas inferiores.

A estabilidade da mistura betuminosa é a capacidade da mistura em resistir às deformações produzidas pelas cargas elevadas, a tempos longos de atuação e a temperaturas elevadas.

De acordo com o *Distress Identification Manual* [15], os níveis de severidade das fendas são:

- Baixo, para fendas com largura média inferior ou igual 6 mm, ou fendas seladas com materiais em boas condições;
- Médio, para fendas com largura média entre os 6 e os 19 mm;
- Elevado, para fendas com largura média superior ou igual a 19 mm.

A quantificação das fendas parabólicas consiste na determinação da área afetada, na largura da zona afetada em centímetros (cm) e na abertura máxima da fenda em milímetros (mm).

A pele de crocodilo é a evolução das fendas ramificadas, originando uma malha com fendas mais ou menos abertas. Podem apresentar uma malha larga ou estreita e fendas abertas e fechadas, em que a malha larga e fendas abertas é sinal de um pavimento que já está num estado avançado de degradação e que, para além da perda de capacidade das camadas betuminosas, também apresenta uma redução na qualidade das camadas granulares. A pele de crocodilo de malha estreita e fendas abertas indicam que o pavimento está em estado de ruína.

As principais causas do aparecimento da pele de crocodilo são:

- Condições de drenagem deficiente;
- Subdimensionamento das camadas de desgaste e das camadas inferiores;
- Deficiente qualidade dos materiais;
- Agressividade do tráfego;
- Reduzida compacidade das camadas estruturais.

De acordo com o *Distress Identification Manual* (U.S Department of Transportation, 2003), os níveis de severidade da pele de crocodilo, exemplificados na Figura 4.17, são:

- Baixo, para fendas com largura média inferior ou igual a 6 mm;
- Médio, quando há fragmentação do pavimento;
- Elevado, quando há fragmentação do pavimento e bombagem de finos.

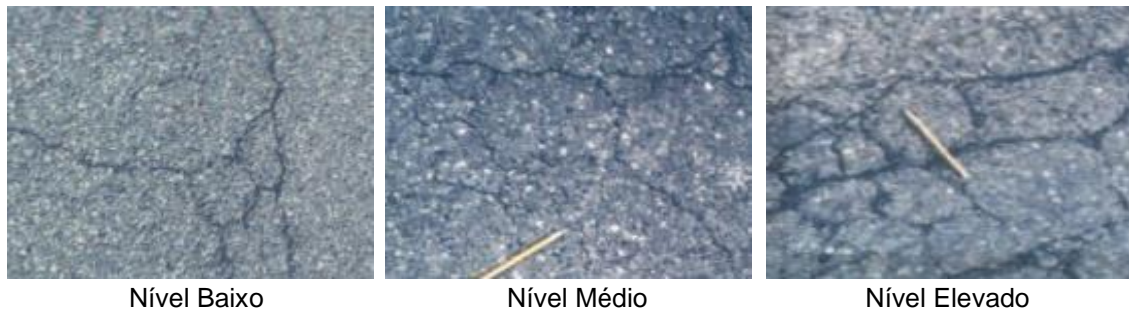


Figura 4.17 - Os 3 níveis de severidade da pele de crocodilo [12]

A quantificação da pele de crocodilo, consiste na determinação da área afetada, na largura da zona afetada em centímetros (cm) e na abertura máxima das fendas em milímetros (mm).

➤ Defeitos da Superfície

São denominados defeitos da superfície o conjunto de degradações que afetam a camada de desgaste, e que se caracterizam por: desagregações superficiais, polimento dos agregados, peladas e ninhos.

As *desagregações superficiais*, identificadas na Figura 4.18, consistem no desgaste do ligante que envolve os agregados grossos, tornando-os mais salientes. Esta patologia leva ao aumento da macrotextura do pavimento.

O aparecimento das desagregações superficiais é devido, principalmente a tensões tangenciais transmitidas pelos rodados, a deficiente qualidade dos materiais, as deficiências de execução do pavimento, compacidade reduzida das camadas estruturais e ações climáticas (chuva, variações da temperatura).

O nível de severidade não se aplica a este tipo de patologia.



Figura 4.18 - Exemplo de desagregação superficial [11]

A quantificação deste tipo de patologia consiste na determinação da área do pavimento afetada, o comprimento e a largura média em centímetros (cm).

O *polimento dos agregados*, exemplificado na Figura 4.19, resulta da abrasão dos agregados, provocando a redução da microtextura e do atrito entre o pavimento e o pneu.

O aparecimento desta patologia é devido, principalmente, à ação do tráfego, à qualidade dos materiais que pode não ser a mais adequada para a intensidade do tráfego e às condições climáticas que contribuem para a erosão dos agregados.

O nível de severidade não se aplica a este tipo de patologia.



Figura 4.19 - Exemplo de agregados polidos [11]

A quantificação deste tipo de degradação faz-se através da medição da área de pavimento afetada.

As *peladas*, identificadas na Figura 4.20, são frações da camada de desgaste que se desprendem da camada inferior.

O aparecimento das peladas deve-se ao subdimensionamento da camada de desgaste, à qualidade dos materiais utilizados que podem não ser adequados ao tipo de tráfego, à deficiente ligação entre a camada de desgaste e a camada de regularização e à agressividade do tráfego.

De acordo com o Catálogo de Degradações [16] os níveis de severidade são:

- Baixo, quando a largura é inferior a 30 cm;
- Médio, quando a largura varia entre os 30 e os 100 cm;
- Elevado, quando a largura é superior aos 100 cm.



Figura 4.20 - Exemplo de pelada [11]

A quantificação deste tipo de patologia consiste na determinação da área do pavimento que está afetada, da profundidade em milímetros (mm) e da largura em centímetros (cm).

Os *ninhos*, exemplificados na Figura 4.21, são desagregações da camada de desgaste, de formato arredondado, que se podem propagar para camadas betuminosas inferiores. Os ninhos são a evolução de outros tipos de patologias, nomeadamente a evolução da pele de crocodilo.

O aparecimento desta patologia deve-se à qualidade dos materiais utilizados, que não se adequam ao tipo de tráfego, à execução deficiente das camadas betuminosas, à deficiente ligação entre a camada de desgaste e a camada de regularização e à reduzida compacidade das camadas estruturais.

De acordo com o Catálogo de Degradações [16] os níveis de severidade são:

- Baixo, quando os ninhos têm uma profundidade inferior a 2 mm;
- Médio, quando os ninhos têm uma profundidade que varia entre os 2 e 4 cm;
- Elevado, quando os ninhos têm uma profundidade superior 4 cm.



Figura 4.21 - Exemplo de ninhos [11]

A quantificação deste tipo de patologia consiste na determinação da área do pavimento que está afetada, da profundidade em milímetros (mm) e da largura em centímetros (cm).

➤ **Movimento de Materiais**

Este tipo de degradação surge da movimentação dos materiais constituintes das camadas betuminosas ou da fundação, podendo distinguir-se a exsudação e a subida de finos.

A *exsudação*, exemplificada na Figura 4.22, é um tipo de patologia que resulta da alteração da composição da camada de desgaste. Esta patologia leva à migração do ligante em excesso, com o conseqüente envolvimento dos agregados grossos e redução da macrotextura.

O aparecimento desta patologia deve-se à deficiente formulação da mistura betuminosa aplicada na camada de desgaste, podendo ser devido ao excesso de ligante, utilização do ligante com viscosidade reduzida ou excesso de agregados finos, em conjunto com a ação do tráfego, principalmente do tráfego de pesados e lentos e as condições climáticas (pluviosidade, variações de temperatura).

De acordo com o Catálogo de Degradações [16], os níveis de severidade são:

- Baixo, quando a exsudação apresenta uma largura inferior a 30 cm;
- Médio, quando a exsudação apresenta uma largura entre os 30 e os 100 cm;
- Elevado, quando a exsudação apresenta uma largura superior 100 cm.



Figura 4.22 - Exemplo de exsudação [11]

A quantificação deste tipo de patologia consiste na determinação da área do pavimento que está afetada e da largura média em centímetros (cm).

A *subida de finos*, exemplificada na Figura 4.23, é uma patologia resultante da libertação de água existente na fundação, arrastando os finos das camadas atravessadas.



Figura 4.23 - Exemplo de subida de finos [11]

Esta patologia ocorre nos pavimentos com camadas betuminosas fendilhadas e com retenção de água no interior da fundação, devido a condições climáticas e de drenagem que favorecem a existência de nível freático elevado, resultando num processo de expulsão de água, com origem na compressão exercida pela passagem dos veículos sobre os pavimentos.

O nível de severidade não se aplica a este tipo de patologia.

A quantificação deste tipo de patologia consiste na determinação do comprimento do pavimento afetado, em metros (m).

4.2.2 Patologias dos Pavimentos Rígidos

As patologias que ocorrem nos pavimentos rígidos podem assemelhar-se às patologias que ocorrem nos pavimentos flexíveis, mas as causas que levam ao aparecimento dessas degradações são diferentes, por se tratar de um pavimento com constituição e materiais diferentes. A Figura 4.24 representa um esquema com as principais patologias que ocorrem no pavimento.

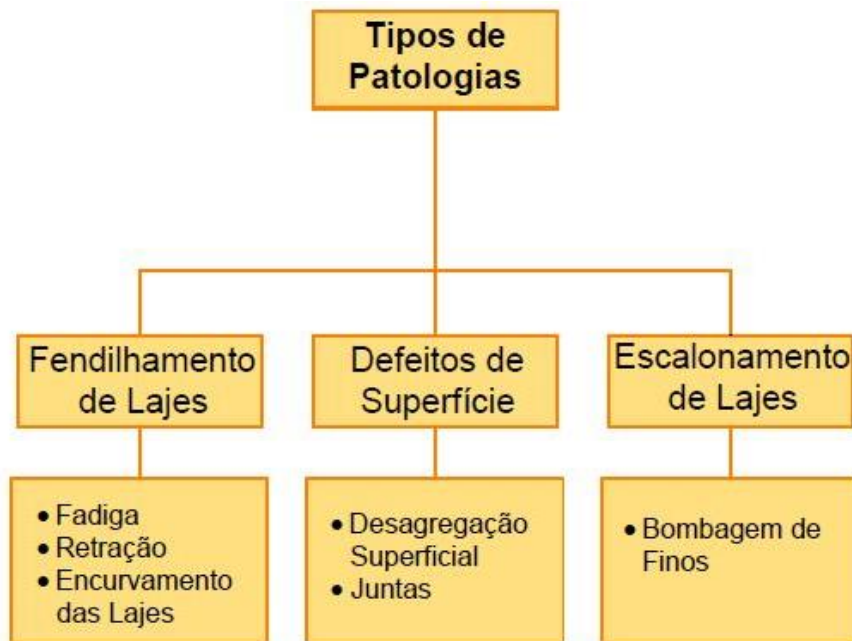


Figura 4.24 - Tipos de patologias que ocorrem nos pavimentos rígidos, adaptado [7]

➤ Fendilhamento

Nos pavimentos rígidos a ocorrência de fissuras devido à fadiga, à retração da laje e ao encurvamento da laje, são patologias que podem surgir com alguma frequência.

As *fissuras por fadiga*, ou da repetição das tensões provocadas pela passagem dos veículos, são as mais comuns. Normalmente, o fendilhamento devido à fadiga ocorre na fase final da vida útil do pavimento. Caso ocorra prematuramente, significa que o pavimento foi subdimensionado e a qualidade dos materiais ou da execução foi deficiente.

As *fissuras por retração* ocorrem devido a variações da temperatura, quando, por qualquer razão, essa retração for impedida.

As fissuras podem ser longitudinais, transversais ou nos cantos, como se pode observar nas Figura 4.25 e Figura 4.26:

- As fissuras longitudinais desenvolvem-se paralelamente ao eixo da via;
- As fissuras transversais desenvolvem-se perpendicular ao eixo da via;
- As fissuras de canto desenvolvem-se nos cantos e são causadas pelo encurvamento das lajes.



Figura 4.25 - Fissura Longitudinal/Transversal do Pavimento Rígido [16]

Figura 4.26 - Fissura de Canto do Pavimento Rígido [16]

O encurvamento das lajes resulta de esforços suplementares que ocorrem nas lajes, em ambas as faces (superior e inferior), quando a laje está sujeita a gradientes térmicos entre as mesmas faces.

Este processo pode ser exemplificado da seguinte forma:

- Durante o dia pode ocorrer um encurvamento para o exterior, diminuindo o contacto entre a laje e a camada inferior e verificando-se um aumento de tração na face inferior quando sujeita a cargas resultantes da passagem dos veículos;
- Durante a noite verifica-se o contrário, ou seja a laje tende a encurvar para o interior, resultando num aumento do esforço na face superior da laje. Os esforços são mais graves nos bordos e cantos.

De acordo com o Catálogo de Degradações [16], os níveis de severidade são idênticas para os diferentes tipos de fendilhamento:

- Baixo, quando a fenda é isolada, fina ou sem selagem;
- Médio, quando a fenda é isolada e aberta com selagem;
- Elevado, quando a fenda é isolada e aberta sem selagem ou malha de fendas com desagregação em blocos.

A quantificação das fendas consiste na determinação da área do pavimento afetada, medindo-se a largura e o comprimento em metros (m).

➤ Defeitos de Superfície

Neste tipo de pavimento os defeitos da superfície englobam as desagregações superficiais e as desagregações nas juntas.

A desagregação superficial é um tipo de patologia que pode ocorrer ao longo das juntas ou em plena laje, como se pode verificar no exemplo da Figura 4.27.



Figura 4.27 - Exemplo de desagregações superficiais [16]

As desagregações superficiais verificadas nas juntas, ocorrem devido a estas serem muito estreitas ou apresentarem uma selagem deficiente, permitindo a entrada e incrustação de agregados e levando ao esmagamento do betão por ação mecânica dos pneus.

As desagregações em plena laje consistem no arranque dos agregados ou na desagregação de frações, originando peladas. Esta patologia ocorre devido à ação de desgaste do tráfego em conjunto com a reduzida qualidade dos materiais utilizados.

De acordo com o Catálogo de Degradações [16], os níveis de severidade são:

- Baixo, quando as desagregações têm uma largura inferior a 30 cm;
- Médio, quando as desagregações têm uma largura entre os 30 e os 100 cm;
- Elevado, quando as desagregações têm uma largura superior a 100 cm.

A quantificação deste tipo de patologia consiste na determinação da área do pavimento afetada em metros quadrados (m^2). No caso de a desagregação ser verificada nas juntas, deve determinar-se o número de juntas que apresentam essa patologia e a extensão da junta transversal afetada em metros (m). No caso de se verificar desagregação em plena laje, deve contabilizar-se a extensão do troço afetado, o diâmetro médio e a profundidade máxima em centímetros (cm).

➤ Escalonamento das Lajes

O escalonamento das lajes, exemplificado na Figura 4.28, é o desnível entre dois lados de uma junta ou entre dois bordos.

A ocorrência desta patologia é devida à ação repetida das cargas em conjunto com a existência de água nas camadas de sub-base e na fundação, à insuficiente proteção das juntas e à reduzida qualidade dos agregados constituintes da sub-base e da fundação.

Este processo ocorre com a passagem dos rodados, levando à expulsão da água, que por sua vez vai arrastando os finos, ficando estes depositados à superfície do pavimento, resultando na bombagem de finos e conseqüentemente no desnivelamento entre duas lajes consecutivas.

De acordo com o Catálogo de Degradações [16], os níveis de severidade são:

- Baixo, quando o afastamento entre lajes tem uma dimensão inferior a 5 mm;
- Médio, quando o afastamento entre lajes tem uma dimensão que varia entre os 5 mm e 1 cm;
- Elevado, quando o afastamento entre lajes tem uma dimensão superior a 1 cm.



Figura 4.28 - Exemplo de escalonamento das lajes [16]

A quantificação deste tipo de patologia consiste na determinação do número de juntas afetadas pela degradação.

4.2.3 Patologias dos Pavimentos Semirrígidos

Os pavimentos semirrígidos por ter as camadas superficiais (camada de desgaste e camada de regularização) idênticas às dos pavimentos flexíveis. As patologias que nelas surgem também são idênticas às dos pavimentos flexíveis, embora existam casos em que essas patologias podem ter origem na camada de base (camada tratada com ligante hidráulico).

Neste tipo de pavimentos podemos distinguir 2 subtipos, tendo em conta a respetiva estrutura:

- O pavimento semirrígido com estrutura direta, ou seja as camadas betuminosas apoiam-se diretamente sobre a camada tratada com ligante hidráulico;
- O pavimento semirrígido com estrutura inversa, ou seja as camadas betuminosas apoiam-se sobre uma camada constituída por materiais granulares não ligados com 12 cm de espessura [7], que por sua vez se apoia sobre uma camada de betão pobre. Este tipo de estrutura tem como objetivo reduzir a reflexão de fendas.

A reflexão de fendas é um processo em que as fendas da camada tratada com ligante hidráulico têm tendência em se propagar para as camadas betuminosas sobrejacentes, devido à passagem repetida dos veículos.

As patologias que ocorrem na camada tratada com ligante hidráulico e que se refletem nas camadas betuminosas são identificadas no esquema da Figura 4.29.

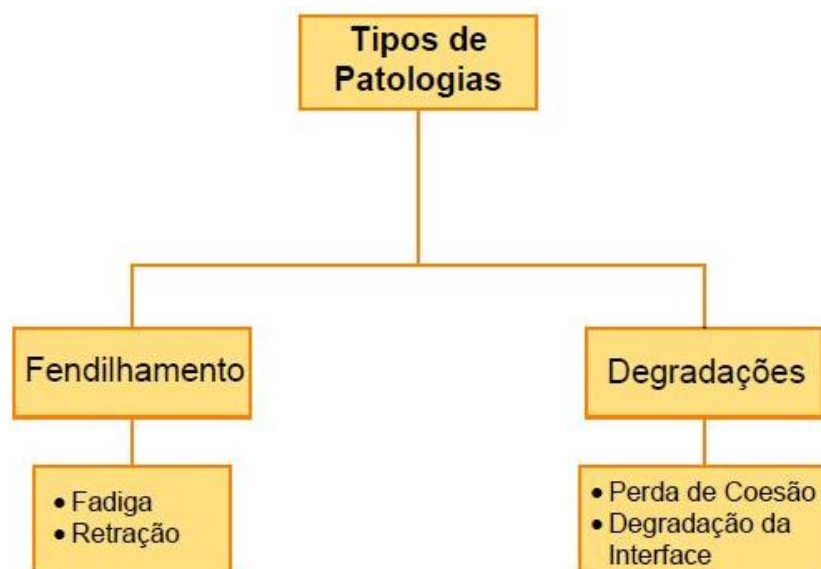


Figura 4.29 - Tipos de patologias que ocorrem nos pavimentos semirrígidos, adaptado [7]

➤ **Fendilhamento por Fadiga**

Tal como nas camadas betuminosas, o fendilhamento por fadiga da camada tratada com ligante hidráulico resulta da passagem repetida dos veículos em conjunto com as condições climáticas, principalmente variações da temperatura a que o pavimento está sujeito.

Se a espessura da camada betuminosa for reduzida, menor será a proteção da camada hidráulica, ficando esta sujeita a maiores variações da temperatura e ação do tráfego o que resultará na formação desta fenda por fadiga.

➤ **Fendilhamento por Retração**

Nas camadas tratadas com ligantes hidráulicos, verifica-se o aparecimento de fendas verticais devido à retração do betão. A ocorrência desta patologia depende da composição da mistura, ou seja as propriedades dos materiais constituintes, principalmente do ligante e da qualidade da execução da camada.

O processo de retração do betão decorre durante a fase de presa do betão, ou seja o período em que o betão endurece e, conseqüentemente, ganha resistência. Durante esse período há evaporação da água e, se as condições não forem as melhores, nomeadamente temperaturas elevadas, essa evaporação pode ser um processo rápido que resulta na formação de fendas. Para evitar a rápida evaporação da água, deve promover-se uma hidratação contínua do betão (este processo é denominado de cura).

➤ **Degradações por perda de Coesão**

A perda da coesão do material constituinte da camada tratada com ligante hidráulico ocorre quando na camada de desgaste existe pele de crocodilo em malha estreita acompanhada de subida de finos.

A ocorrência desta patologia deve-se principalmente à deficiente qualidade e à compactação incorreta da camada tratada com ligante hidráulico, assim com ao respetivo subdimensionamento.

➤ **Degradações da Interface**

Esta degradação ocorre nas estruturas diretas, pelo facto de estas estarem diretamente apoiadas sobre a camada tratada com ligante hidráulico, ou seja com a ação do tráfego e variações térmicas, verificam-se nessa interface (entre camada betuminosa e camada tratada com ligante hidráulico) descolamentos e tensões verticais. A alteração das condições na interface leva a um aumento de tensões instaladas nas camadas betuminosas, contribuindo para o aparecimento de fendas, pele de crocodilo e eventualmente peladas.

A ocorrência desta patologia deve-se à deficiente rega de colagem, incorreta compactação, reduzida espessura da camada e permeabilidade excessiva da camada de desgaste.

4.3 Resumo

A avaliação dos pavimentos rodoviários abrange diferentes técnicas, pois são diferentes as características que se pretendem verificar no pavimento, nomeadamente a textura, a capacidade estrutural, a irregularidade, o atrito e o estado superficial.

Para a caracterização do estado superficial são realizadas inspeções com vista à determinação das patologias que ocorrem nos pavimentos. São diversas as patologias verificadas, e variam de acordo com as propriedades dos materiais que constituem o pavimento, do tráfego circulante e das condições climáticas.

O principal objetivo da avaliação dos pavimentos é determinar o estado do pavimento e possibilitar a melhoria das suas características atempadamente.

Este capítulo apresenta os conhecimentos adquiridos, que permitiram a realização da análise do caso de estudo, o qual é baseado numa solução proposta tendo em consideração os estudos realizados ao pavimento.

5 CASO DE ESTUDO: REFORÇO DO PAVIMENTO EM DOIS TRECHOS NO SUBLANÇO ENXARA/TORRES VEDRAS SUL

Este capítulo faz a análise do projeto e da empreitada de reforço do pavimento realizada na A8 Sul, no Sublanço Enxara/Torres Vedras Sul, identificada na Figura 5.1, em dois trechos situados entre o km 32+700 e o km 32+816 e entre o km 33+000 e o km 34+125.

A intervenção nos trechos referidos englobou três fases principais:

- A caracterização da situação existente, envolvendo o levantamento do estado de degradação do pavimento em estudo;
- O tratamento e a análise das informações relativamente às patologias identificadas;
- A empreitada do reforço do pavimento no Sublanço Enxara/Torres Vedras Sul entre o km 32+700 e km 34+125.

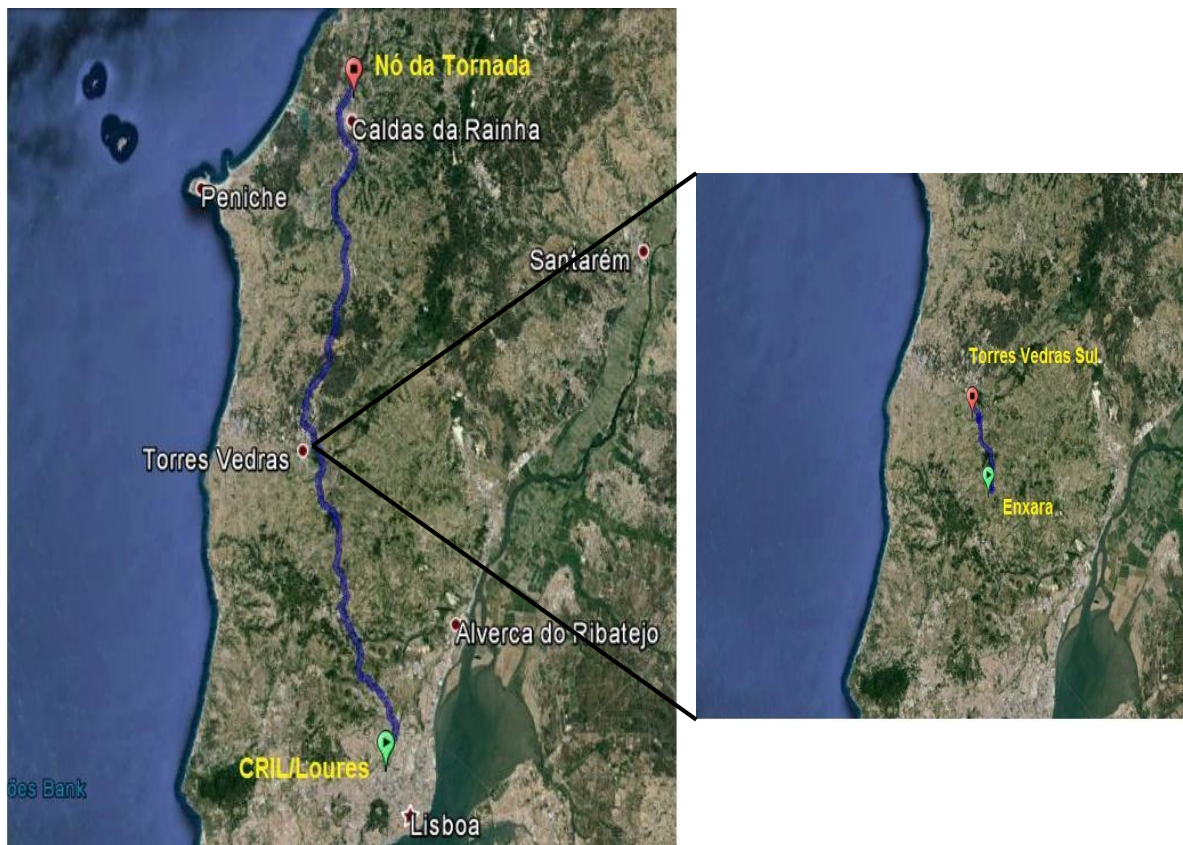


Figura 5.1 - Localização A8 Sul e Sublanço Enxara/Torres Vedras Sul (Google Earth)

Anualmente a Consulpav realiza inspeções ao pavimento das autoestradas concessionadas pela AEA, no âmbito do controlo da qualidade e da segurança da infraestrutura. Estas envolvem as inspeções visuais, a determinação da irregularidade longitudinal (IRI), a profundidade de textura (PT), o coeficiente de atrito (CA) e a capacidade estrutural do pavimento, através de ensaios de carga com defletómetro de impacto.

5.1 Caracterização da Situação Existente

No âmbito das inspeções anuais feitas às autoestradas concessionadas pela AEA, foram realizadas inspeções em toda a rede da AEA com o objetivo de detetar as anomalias superficiais eventualmente ocorridas nos pavimentos. Refere-se que a maior parte dos ensaios realizados nos dois trechos do caso de estudo já haviam sido executados antes do período de estágio.

➤ Inspeções Visuais

As inspeções visuais são normalmente realizadas anualmente, nos meses de Abril e Maio.

As patologias superficiais, detetadas nas inspeções visuais, são registadas e inseridas num programa designado por SANDRA – Sistema de Apresentação Normalizada de Dados Recolhidos nas Autoestradas, que permite inserir dados nos gráficos dos pavimentos relativamente ao IRI, CA e FWD. Através das inspeções visuais foi possível detetar as seguintes patologias no Lanço Malveira / Torres Vedras:

- Os remendos realizados no pavimento apresentam desagregação da camada de desgaste, fissuras (em que parte está selada) e pequenos ninhos, em que grande parte está reparada. Alguns dos tipos de patologias identificadas nas inspeções visuais estão identificadas na Figura 5.2.



Figura 5.2 - Patologias Identificadas no Pavimento nas Inspeções Visuais [17]

➤ Determinação da Irregularidade Longitudinal (IRI)

A determinação da irregularidade longitudinal é expressa através do IRI, como já tinha sido mencionado no Subcapítulo 4.1, recorrendo ao equipamento *Laser Profile System*.

A AEA estabeleceu no Caderno de Encargos, que a classificação de uma estrada é feita com base na média dos valores do IRI obtidos pelos dois rodados, realizando a contagem

dos resultados por comparação dos mesmos com os limites dos intervalos de cada classe, identificados no Quadro 5.1.

Quadro 5.1 - Classificação dos pavimentos com base nos valores do IRI [17]

| | |
|------------------|--|
| Muito Bom | Excede os parâmetros exigidos. |
| Bom | Cumprir os parâmetros exigidos, à exceção da percentagem da extensão de traçado com valores inferiores a 4.5, que deverá ser superior ou igual a 95%. |
| Razoável | Cumprir os parâmetros exigidos, à exceção da percentagem da extensão de traçado com valores inferiores a 3.0 e 4.5, que deverá ser de 40 e 90% respetivamente. |
| Medíocre | Não cumprir as exigências anteriores, mas o IRI é de 3.0, 4.0 e 4.5 em percentagem de traçado superior a 15, 60 e 85 % respetivamente. |
| Mau | Não cumprir os parâmetros exigidos nas classificações anteriores. |

Os ensaios para a determinação do IRI são realizados anualmente, normalmente no início do ano. Neste caso o ensaio foi realizado em fevereiro de 2015. A Figura 5.3 representa o gráfico da via direita, no sentido Norte/Sul, entre o km 34+100 e o km 33+000, realizado após a obtenção dos dados durante o ensaio de determinação do Índice de Irregularidade Longitudinal.

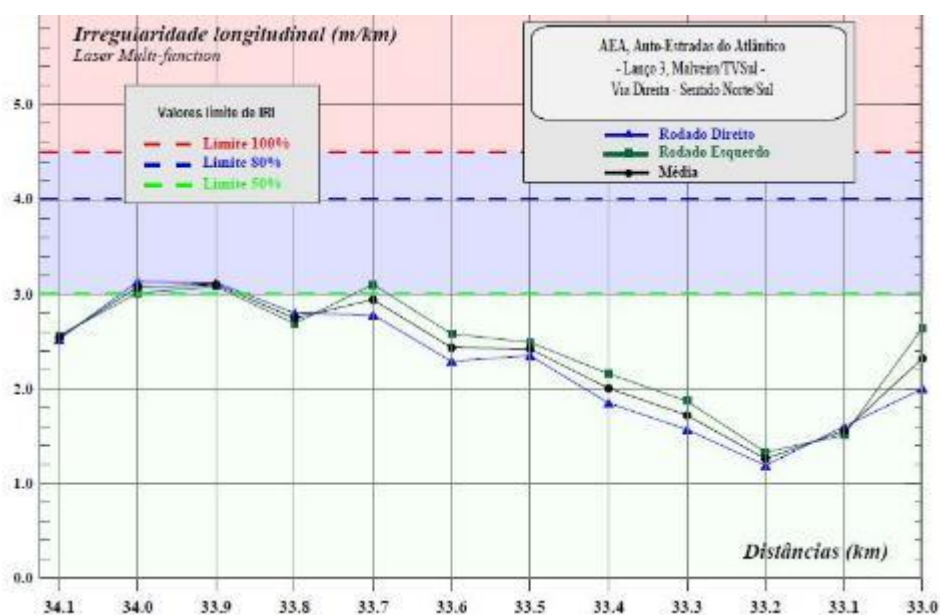


Figura 5.3 - Gráfico do IRI da via direita no sentido Norte/Sul [17]

A partir do gráfico conclui-se que existem 3 valores limites para o IRI, o limite a verde para 3.0 m/km, o limite a azul para 4.0 m/km e o limite vermelho para 4.5 m/km. Os resultados obtidos no ensaio estão quase todos dentro dos limites estipulados, havendo 3 pontos que estão ligeiramente acima dos 3 m/km, resultando num pavimento de classificação bom.

O gráfico do IRI para a via esquerda, no mesmo sentido de circulação pode ser consultado no Anexo B.

➤ Medição da Profundidade de Textura

A medição da macro-textura foi feita em contínuo, através do ensaio *Laser Profiler System*, em simultâneo com o IRI. Os valores da mesma devem atingir no mínimo 0.34 mm ou 0.40 mm, de acordo com o que foi especificado para as camadas de desgaste em betão betuminoso tradicional e pavimentos rígidos ou em camadas de desgaste em pavimentos com betume de borracha, respetivamente.

A partir do gráfico da Figura 5.4, que representa os valores da profundidade de textura para a via direita, no sentido Norte/Sul, entre o km 34+100 e o km 33+000, é possível observar que existe um limite para a macrotextura da camada de desgaste e que os valores não podem estar abaixo dos 0.4 mm, concluindo que os valores estão dentro dos limites exigidos para a profundidade de textura (PT).

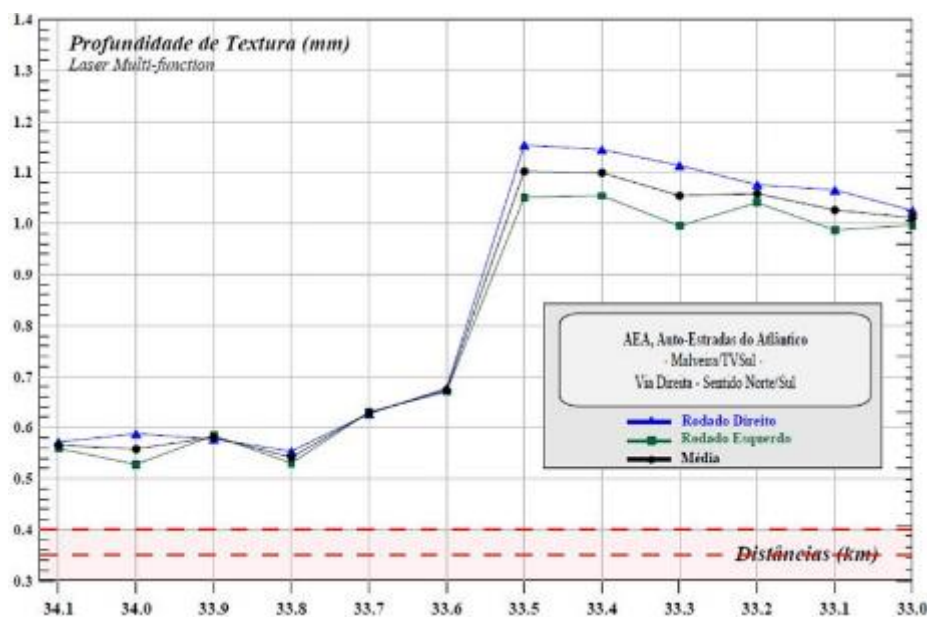


Figura 5.4 - Gráfico da PT da via direita no sentido Norte/Sul [17]

O gráfico da PT para a via esquerda, no mesmo sentido de circulação pode ser consultado no Anexo B.

➤ Determinação do Coeficiente de Atrito

A determinação do coeficiente de atrito (CA) foi realizado em contínuo, em período diurno e com tempo seco, recorrendo ao aparelho T10-ASFT ilustrado na Figura 5.5, a uma velocidade de 65 km/h.

Os ensaios para a determinação do coeficiente de atrito foram realizados no mês de abril de 2014, no alinhamento coincidente com o rodado direito de cada uma das vias ensaiadas.

O equipamento utilizado permite medir o coeficiente de atrito entre o pavimento e o pneu normalizado segundo a norma ASTM E 1551-930, de rasto liso, bloqueado a 12%, realizando registos médios por troços de 10 m, ao longo da extensão em estudo. Este equipamento tem um dispositivo que permite molhar o pavimento, criando uma película de 0,5 mm de altura.



Figura 5.5 - T10-ASFT utilizado na determinação do CA

De acordo com os ensaios realizados obtiveram-se valores do coeficiente de atrito para pontos equidistantes de 100 em 100 m.

A Figura 5.6 representa os valores do coeficiente de atrito para a via direita, no sentido Norte/Sul, entre o km 34+100 e o km 33+000.



Figura 5.6 - Gráfico do CA da via direita no sentido Norte/Sul [17]

Os valores do CA devem estar acima dos 0.33, que é o valor para o qual se considera que é baixo e conseqüentemente que o pavimento não cumpre este parâmetro. De acordo com os valores apresentados no gráfico, conclui-se que neste trecho os valores do CA estão acima do limite definido, tendo dois pontos que se destacam dos outros por terem um valor muito superior, 0.72 aproximadamente.

O gráfico do CA para a via esquerda, no mesmo sentido de circulação pode ser consultado no Anexo B.

➤ **Avaliação da Capacidade Estrutural**

A avaliação da capacidade estrutural é feita recorrendo ao ensaio de carga com o defletómetro de impacto. Este ensaio é realizado entre pontos sucessivos distanciados de 100 m e a placa de carga tem um diâmetro de 0.30 m.

O objetivo deste ensaio é determinar a deflexão máxima D_1 verificada no centro da área carregada e mais 8 deflexões com transdutores distanciados do centro da placa da seguinte forma:

- D_2 a 300 mm
- D_3 a 450 mm
- D_4 a 600 mm
- D_5 a 900 mm
- D_6 a 1200 mm
- D_7 a 1500 mm
- D_8 a 1800 mm
- D_9 a 2100 mm

No ensaio, para além do primeiro impacto, são realizados mais dois impactos com uma altura adequada, para a qual se definiu o objetivo de obter a força de 65 kN, pois o primeiro impacto só permite realizar o ajuste da placa à superfície do pavimento.

A força aplicada não é idêntica em todos os pontos, pois sofre pequenas variações devido à rigidez do pavimento que difere de ponto para ponto. Para minimizar as variações definiu-se uma força nominal de 65 kN, o que permite obter uma maior perceção comparativa e intuitiva das diferenças na resposta do pavimento quando aplicada a força.

5.2 Análise Comparativa do CA e IRI

Os pavimentos rodoviários devem permitir a circulação dos veículos com segurança e conforto e para isso a sua superfície terá de possuir determinadas características funcionais, tais como, a aderência, a regularidade geométrica e a capacidade de drenagem das águas superficiais. A importância da aderência, definida pelo CA e a irregularidade longitudinal, definida pelo IRI, varia de acordo com os parâmetros em causa. A Figura 5.7 é elucidativa da importância do CA e do IRI em relação à segurança, conforto, ambiente e economia.



Figura 5.7 - Importância do CA e da IRI [18]

A aderência do pavimento é uma das características que mais influencia a segurança dos utilizadores que circulam sobre o pavimento, pois permite que o veículo mantenha a trajetória e a velocidade desejadas.

O Caderno de Encargos das Estradas de Portugal, define para a medição do coeficiente de atrito feita em contínuo, à velocidade de 50 km/h, com o aparelho SCRIM, que não deve ser inferior a 0,40.

Os valores mínimos do CA variam consoante as normas aplicadas em cada país, tendo-se constatado que em alguns países os valores aplicados são ligeiramente superiores aos aplicados em Portugal. A título de exemplo apresentam-se seguidamente os valores limites estabelecidos na Alemanha, no Brasil e na Suíça.

- Na Alemanha, o Ministério Federal dos Transportes define os seguintes valores do coeficiente de atrito apresentados no Quadro 5.2.

Quadro 5.2 - Limites do CA na Alemanha [19]

| Velocidade do ensaio (SCRIM) [km/h] | CA durante a vida útil do pavimento | CA antes do final da vida útil do pavimento |
|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| 80 | 0.46 | 0.43 |
| 60 | 0.51 | 0.48 |
| 40 | 0.56 | 0.52 |

- No Brasil, os limites de CA são definidos para o ensaio do Pêndulo Britânico e encontram-se indicados no Quadro 5.3.

Quadro 5.3 - Limites do CA no Brasil [20]

| Valor Pêndulo Britânico | Categoria |
|-------------------------|----------------|
| >0.65 | Muito Bom |
| 0.30 – 0.65 | Bom |
| 0.25 – 0.34 | Regular |
| <0.24 | Insatisfatório |

- Na Suíça os limites definidos para o CA, para o uso dos equipamentos Skiddometer BV-8 ou equipamento Stuttgarter Reibungsmesser (National Cooperative Highway Research Program - NCHRP, 2000), são os que se apresentam no Quadro 5.4.

Quadro 5.4 - Limites do CA na Suíça [20]

| Limite de Velocidade (km/h) | Velocidade | μ (roda bloqueada) |
|-----------------------------|------------|------------------------|
| ≤ 60 | 40 | 0.48 |
| >60 e ≤ 100 | 60 | 0.39 |
| >100 | 80 | 0.32 |

A Inglaterra e País de Gales, através do Laboratório de Transportes (TRL), comparam o número de acidentes com os coeficientes de atrito da rede de estradas existentes.

Como se pode observar na Figura 5.8, o risco de ocorrer um acidente depende em parte dos coeficientes de atrito dos pavimentos, pois para valores perto do 0,35 há maior probabilidade de ocorrerem acidentes, verificando-se que à medida que os valores do CA aumentam o risco diminui.

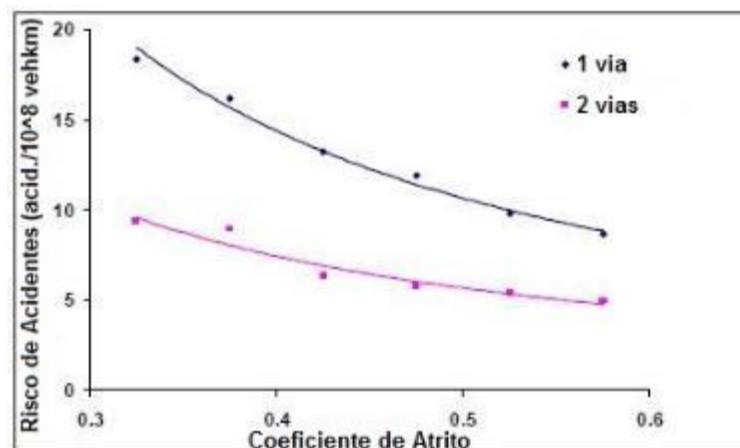


Figura 5.8 - Relação entre o risco de ocorrer acidentes e o CA [25]

A partir da análise realizada aos limites do CA em diferentes países, verificou-se que os valores admitidos para Alemanha, Brasil e Suíça são ligeiramente superiores ao valor adotado pela AEA.

No que se refere ao IRI, a AEA define que ao longo do pavimento em estudo e nas percentagens de 50%, 80% e 100%, devem ser verificados os valores de IRI 3.0, 4.0 e 4.5 m/km, respetivamente.

Os limites do IRI variam de acordo com as normas e o tipo de pavimento utilizado para cada país, no Quadro 5.5 é possível diferenciar o limite do IRI para 5 países, nomeadamente o Brasil, os Estados Unidos da América e Portugal.

Quadro 5.5 - Limites adotados para o IRI no Brasil, EUA, Espanha e Portugal, adaptado [18]

| Brasil | | EUA | | Espanha | | Portugal (AEA) | |
|-----------|---------|-----------|----------|---------------|---------|----------------|---------|
| Excelente | 1.0–1.9 | Muito Bom | 0-0.95 | Excelente | 0-0.15 | Muito Bom | < 3.0 |
| Bom | 1.9-2.7 | Bom | 0.95-1.5 | Aceitável | 1.5-2.5 | Bom | 3.0-4.0 |
| Regular | 2.7-3.5 | Regular | 1.5-2.7 | Regular | 2.5-4.0 | Regular | 4.0-4.5 |
| Medíocre | 3.5-4.6 | Medíocre | >2.7 | Não Desejável | >4.0 | Medíocre | >4.5 |
| Mau | >4.6 | | | | | | |

Como se pode observar os valores do IRI não são idênticos em todos os países, pois são diversas as causas que influenciam na sua definição, sendo o fator comum, a segurança dos utentes das vias. Em relação à análise realizada ao limite do IRI constatou-se que os valores utilizados em Portugal (AEA) diferem ligeiramente dos de outros países, destacando-se a Espanha com o menor limite mínimo e os Estados Unidos da América com o menor limite máximo.

5.3 Fases de Execução da Obra de Reforço do Pavimento

Esta empreitada consiste no reforço do pavimento do Sublanço Enxara/Torres Vedras entre o km 32+700 e o km 32+816 e entre o km 33+000 e o km 34+125. Na Figura 5.9, apresentam-se duas zonas do sublanço antes de ser realizada a reparação.



Figura 5.9 - Sublanço Enxara/Torres Vedras Sul [17]

A empreitada englobou três fases distintas, a primeira de sinalização e cortes de via, conforme definido no Dossier de Exploração e no Projeto das Condições de Execução da Obra (PCEO), a segunda direcionada para os tratamentos da superfície, consistiu nas selagens de fissuras existentes e deteriorações pontuais, a terceira e última fase foi destinada aos trabalhos de pavimentação, ou seja à execução das camadas de regularização e de desgaste.

De acordo com o PCOE, a solução de projeto apresentada caracteriza-se genericamente pelas seguintes etapas:

- Realização de fresagem com diferentes alturas, possibilitando o encaixe das diferentes camadas de regularização;
- Selagens das fissuras existentes e reparação profunda das deteriorações;
- Aplicação de betume modificado com média percentagem de borracha reciclada de pneus BBM com uma taxa de aplicação superior a 2.0 l/m² e colocação de agrados;
- Camada de regularização em macadame de Fuso A, com uma espessura variável, cujo mínimo é de 4 cm e máximo 20 cm;
- Rega de colagem com emulsão betuminosa modificada com junção de polímeros;
- Segunda camada de regularização em mistura betuminosa rugosa com betume modificado com média percentagem de borracha reciclada de pneus (MBR-BBM) de espessura mínima igual a 4.0 cm;
- Aplicação da rega de colagem com a mesma constituição que a primeira;
- Execução da camada de desgaste em mistura betuminosa aberta com betume modificado com média percentagem de borracha reciclada de pneus (MBA-BBM) de espessura mínima de 4.0 cm.

Neste âmbito, passa-se a resumir os principais trabalhos que englobaram a obra de reforço do pavimento, nomeadamente a segurança e sinalização dos trabalhos, a preparação da superfície, a pavimentação e os trabalhos complementares.

5.3.1 Segurança e Sinalização dos Trabalhos

No âmbito da segurança e sinalização importa referir determinadas regras que o empreiteiro deve cumprir e que estão especificadas no Dossier de Exploração:

- A restrição da circulação para a realização de trabalhos numa via e num sentido de circulação, só pode ser feita enquanto o tráfego for inferior a 1200 veículos/hora e com uma duração máxima de 72 horas;
- Se se verificar o aumento do fluxo de tráfego para um valor superior aos 1200 veículos/hora, o CAM pode interromper os trabalhos e fazer o levantamento da sinalização temporária;
- Só são autorizados estrangulamentos na mesma via, desde que o ponto final de uma obra esteja a 2300 m de distância do ponto inicial de outra obra;
- A extensão dos constrangimentos ao longo do troço em obras não pode ser superior a 3.0 km.

A sinalização utilizada durante a execução das obras tal como é apresentada na Figura 5.10 deve respeitar o Código de Estrada, as normas de segurança e sinalização em autoestradas especificadas na Lei n.º 24/2007, de 18 de Junho e a regulamentação aprovada Decreto-Regulamentar 12/2008, de 9 junho.



Figura 5.10 - Sinalização temporária (aviso de trabalhos na autoestrada)

É extremamente importante a sinalização das viaturas utilizadas em obra, apresentando na sua retaguarda uma placa “Serviço” de dimensões e cor regulamentadas, e assim como ainda apresentar dispositivos luminosos intermitentes, de cor amarela ou âmbar, sempre ligados quando em operação.

Caso seja necessária a realização de trabalhos noturnos, é obrigatório dispor de um sistema de iluminação, quer em termos de luminosidade quer em termos de segurança, sendo obrigatório o uso de balões de iluminação.

O vestuário do pessoal afeto à obra deverá ser de alta visibilidade – classe 3, de modo a cumprir a Norma Europeia EN 471 (1994) e a legislação em vigor.

É da responsabilidade do empreiteiro a conservação, manutenção e limpeza da sinalização, bem como a reposição de equipamento deteriorado ou danificado em acidentes.

A colocação e organização dos sinais, respetivos suportes e demais elementos necessários, pelo empreiteiro, deverão cumprir os esquemas do Manual de Sinalização Temporária da Ex-Junta Autónoma de Estradas.

Nesta empreitada foram utilizados vários esquemas de sinalização do Manual de Sinalização Temporária os quais se encontram apresentadas no Anexo C:

- A ficha F01 para os trabalhos realizados na berma direita;
- A ficha F05 para trabalhos fixos na via esquerda;

- A ficha F09 para mudança de faixa (os trabalhos foram realizados nas duas vias do sentido Norte/Sul, pelo que foi necessário recorrer ao basculamento do tráfego, realizando-se a circulação apenas na faixa Sul/Norte, em contínuo entre as 10h00 de segunda-feira e as 17h00 de sexta-feira).

Para a realização do basculamento do tráfego conforme apresentado na Figura 5.11 foi necessário executar uma nova passagem de emergência ao km 34+125.



Figura 5.11 - Basculamento do tráfego ao km 34+125

Sempre que houver necessidade de realizar determinados trabalhos na autoestrada, o empreiteiro é obrigado a informar o Centro de Controlo de Tráfego (CCT), indicando o ponto quilométrico em que se inicia e termina a obra. Assim, se houver necessidade de realizar cortes de via ou levantamento da sinalização temporária, o empreiteiro deve sempre informar o CCT.

5.3.2 Preparação da Superfície

A partir do levantamento topográfico ficou definido a espessura necessária para a recarga do pavimento, ficando estipulado uma espessura mínima de 7 cm, à exceção das zonas em contacto com pavimento não beneficiado.

Os levantamentos topográficos definiram equidistâncias com base nos pontos que apresentaram maiores valores do IRI. Nas zonas de maior deformação, foi realizado o levantamento de perfis equidistantes em 8.333 m, e nas de menor de deformação 12.5 m.

Devido às deformações encontradas e à necessidade de ter um pavimento, cuja superfície seja uniforme, foi necessária a realização de fresagens de alturas variáveis para a execução de diferentes camadas de regularização. A Figura 5.12 apresenta o equipamento utilizado na fresagem.



Figura 5.12 - Realização da fresagem

Os trabalhos de preparação da superfície foram realizados após a execução das fresagens, e englobaram as seguintes atividades:

- Selagem de fissuras;
- Reparação de deteriorações localizadas;
- Limpeza e regas de colagem;
- Impermeabilização do separador central, talude e plena via.

➤ **Selagem de Fissuras**

A selagem de fissuras envolveu a limpeza e secagem do canal de fissuras, preparação e aplicação do selante e acabamento.

Para proporcionar a aderência do selante foi necessário proceder à limpeza do canal de fissuras, através de um jato de ar com impacto suficientemente forte para remover poeiras, sujidades e alguns fragmentos dos materiais soltos da bordadura das fissuras.

Os compressores de ar têm uma capacidade de comprimir até 690 kPa e garantem um débito de 0,07 m³/s.

Os equipamentos de jato de ar quente permitem reduzir a humidade e aumentar a temperatura no canal das fissuras, facilitando a aderência.

A preparação do selante – Mastique teve em conta as condições definidas no Caderno de Encargos, nomeadamente:

“Os mastiques betuminosos a utilizar em trabalhos de pavimentação deverão ser resistentes às condições atmosféricas mais adversas, mantendo as suas características elásticas. Devem ainda ser resistentes aos ataques químicos dos óleos e combustíveis, bem como às tintas da sinalização horizontal. Os mastiques a utilizar devem obedecer às prescrições indicadas na especificação ASTM D 2628.” [21]

A aplicação do selante foi feita de baixo para cima, introduzindo o bico do tubo no fundo do canal, subindo até cerca de 3 mm antes da superfície, de modo a minimizar o borbulhar do mastique, na fase de acabamento retirou-se o excesso de material. A Figura 5.13 é elucidativa da aplicação do selante.



Figura 5.13 - Aplicação do selante

➤ **Reparação de Deteriorações Localizadas**

A reparação de deteriorações localizadas consistiu em:

- Delimitação da área a remendar através de fresagem mecânica;
- Remoção dos materiais betuminosos defeituosos até atingir a camada em boas condições;
- Limpeza e compactação do fundo de caixa;
- Aplicação duma rega de colagem;
- Aplicação de uma mistura betuminosa;

- Compactação;
- Regularização manual ou mecânica;
- Verificação da cota.

➤ **Limpeza e Rega de Colagem**

Na fase de aplicação da rega de colagem, primeiro foi feita a limpeza do pavimento exemplificada na Figura 5.14, removendo com a antecedência de cerca de 1 hora a película de pó existente na superfície do pavimento, de forma a facilitar a aderência entre a camada e a rega de colagem.



Figura 5.14 - Limpeza do pavimento

A aplicação da rega de colagem conforme foi apresentada na Figura 5.15, cumpriu as regras estabelecidas, de uma distribuição uniforme, tanto transversal como longitudinalmente, pelo que recorreu-se à utilização de um sistema mecânico de rega a pressão.



Figura 5.15 - Aplicação da rega de colagem

➤ Impermeabilização do Separador Central, Taludes e Plena Via

A impermeabilização foi feita recorrendo à utilização do betume modificado com média percentagem de borracha o qual foi modificado com adição de granulado de borracha.

Para o separador central e nas zonas de talude em aterro foi utilizado o ligante – BBM, com uma taxa de aplicação consoante a capacidade de absorção da camada de Tout Venant, compactada com um mínimo de 95% de Proctor, aplicando o ligante a uma temperatura superior a 175°C, conforme indicado no projeto de empreitada.

Após a aplicação do ligante procedeu-se à imediata colocação dos agregados, previamente tratados, de modo a garantir uma melhor adesividade com o betume.

No caso dos aterros foi necessário realizar trabalhos complementares antes da execução da impermeabilização tais como:

- Remoção da vegetação e da terra vegetal em uma largura de 2 a 3 m;
- Garantir uma superfície plana, estável, drenada e livre de obstáculos;
- Reperfilamentos dos taludes nas zonas adjacentes à berma.

5.3.3 Pavimentação

A nova estrutura das camadas betuminosas, representada na Figura 5.16, consistiu na execução de uma pequena camada (enchimentos representado na Figura 5.17), através da aplicação de betume modificado com média percentagem de borracha (BBM) e colocação de agregados. Após a execução dessa camada, aplicou-se a rega de colagem que permite estabelecer a ligação com a camada de regularização. A rega de colagem utilizada é uma emulsão betuminosa modificada com incorporação de polímeros. A camada de regularização foi de 4 cm, sendo constituída por uma mistura betuminosa rugosa com betume modificado, com média percentagem de borracha reciclada de pneus (MBR-BBM) e com 5.3% de BBM. Para garantir a ligação entre a camada de regularização e a camada de desgaste, aplicou-se uma rega de colagem com as mesmas características que a primeira. A camada de desgaste foi feita com mistura betuminosa aberta, betume modificado com média percentagem de borracha reciclada de pneus (MBA-BBM), com 4 cm de espessura e 6% BBM.

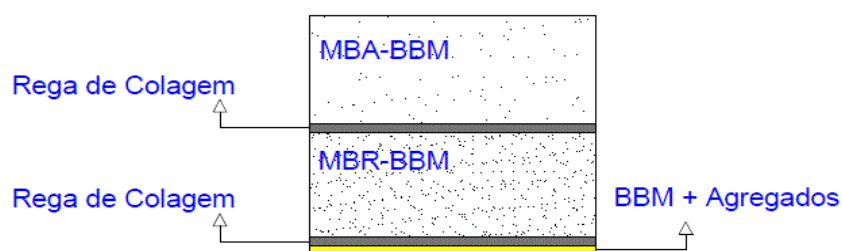


Figura 5.16 - Constituição do pavimento



Figura 5.17 - Realização dos enchimentos

➤ **Camada de Regularização**

Como já foi mencionado, a camada de regularização é constituída por uma mistura betuminosa rugosa com betume modificado com média percentagem de borracha reciclada de pneus. A execução desta camada exigiu nivelamento e a compactação.

A compactação tem como objetivo reduzir o índice de vazios existentes na camada de regularização, devendo os valores do índice variar entre os 3% e os 6%. No caso desta empreitada a compactação foi feita utilizando a mesa da espalhadora e cilindros.

A mesa da espalhadora tem um sistema que permite realizar pré-compactação, constituído por um tamper, que produz um movimento vertical, pressionando superficialmente o material e ajustando-o às irregularidades da base de apoio.

Para melhorar a pré-compactação, atualmente utilizam-se espalhadoras com mesas com dois tampers ou duas lâminas de pressão que utilizam um sistema hidráulico para a realização da compactação. Este equipamento permite obter valores da compacidade da mistura muito próximos dos valores pretendidos, entre os 95% e os 98% da baridade Marshall.

Na compactação com cilindros é necessário ter em conta determinadas condições, tais como a espessura da camada e as condições atmosféricas, de modo a definir a quantidade e o tipo de cilindros a utilizar.

➤ **Camada de Desgaste**

Na execução desta camada aplicou-se a mistura betuminosa aberta com betume modificado com borracha reciclada de pneus. Como se trata de uma mistura modificada foi necessário ter em conta determinados parâmetros que influenciam o espalhamento da mesma, nomeadamente a temperatura da mistura e a viscosidade, evitando o seu

arrefecimento rápido e consequente perda de viscosidade, o que dificulta o espalhamento e as possíveis reparações a serem feitas manualmente.

Tal como no nivelamento da camada de regularização, a camada de desgaste também foi nivelada recorrendo ao sistema de guiamento eletrónico apoiado num fio ou um sistema de nivelamento do fio cotado apoiado em estacas, evitando o empenamento da superfície.

A compactação da camada de desgaste foi feita com a temperatura da mistura a 160°C e recorrendo a cilindros de rasto liso, estáticos e vibradores, conforme se apresenta na Figura 5.18.



Figura 5.18 - Aplicação e compactação da mistura betuminosa

A compactação teve que respeitar algumas condições relacionadas aos cilindros e vibradores utilizados, nomeadamente:

- O peso dos compactadores deve ser superior a 8 toneladas;
- Utilizar os compactadores vibratórios na passagem inicial e mantê-los atrás da pavimentadora até 30 m;
- Manter os restantes compactadores utilizados o mais perto possível da pavimentadora;
- Os compactadores devem realizar o máximo de passagens e antes da temperatura da mistura descer abaixo dos 120°C;
- Se a temperatura ambiente for inferior a 10°C, os trabalhos de compactação devem ser suspensos.

5.3.4 Trabalhos Complementares

Os trabalhos complementares são realizados após o reforço do pavimento, a determinados elementos constituintes da autoestrada, nomeadamente no que se refere à sinalização, guardas de segurança, drenagem e tampas de telecomunicação.

➤ **Sinalização**

Após os trabalhos de pavimentação foi necessário realizar uma pintura provisória das marcas rodoviárias e posteriormente serão realizadas as pinturas definitivas.

As guias, ou seja as linhas contínuas que delimitam as bermas da estrada, devem ter o efeito sonoro, levando um acabamento com efeito de taco.

As linhas longitudinais inscritas no pavimento, nomeadamente as contínuas e descontínuas e outras marcas, foram pintadas com tinta de características refletoras, de cor branca e aplicação a quente.

Para a realização dos trabalhos de pintura foram levadas a cabo um conjunto de operações, para facilitar a correta aplicação, como por exemplo: pré-marcação com apoio topográfico, limpeza do pavimento e preparação dos moldes próprios para a execução de inscrições.

A sinalização vertical não apresentava nenhuma anomalia, pois não foi afetada, pelo que não necessitou de substituição.

➤ **Guardas de Segurança**

No que se refere às guardas de segurança, foram utilizadas dois tipos, as guardas flexíveis e os perfis de betão.

Para a realização desta obra, devido à alteração das cotas da plataforma, foi necessário em determinados pontos ajustar estes equipamentos de segurança e para isso recorreu-se à utilização de alongadores, com se encontra exemplificado na Figura 5.19, garantindo as exigências no que diz respeito à altura dos prumos.



Figura 5.19 - Exemplo de Alongadores

As guardas de segurança na berma direita, que antes eram guardas flexíveis foram substituídas para perfis de betão.

➤ **Drenagem**

As valetas localizadas nas zonas que sofreram o reforço estrutural são sujeitas a um alteamento com disfarce.

➤ **Tampas de Telecomunicações**

Tal como nas valetas, devido à alteração das cotas iniciais, foi necessário realizar o alteamento das tampas de telecomunicações.

No Anexo D é possível observar o mapa de quantidades relativas a obra de reforço do pavimento.

5.4 Análise de Misturas Betuminosas Alternativas

Com o objetivo de apresentar uma solução alternativa à mistura aplicada, foi também analisado um estudo da durabilidade de misturas betuminosas realizado pela Associação Europeia de Fabricantes de Misturas Betuminosas (EAPA).

De acordo com o relatório da EAPA “Sustainable Roads – Longlife Asphalt Pavements” durabilidade de um pavimento é garantida tanto pela qualidade da fundação, como pelo tipo de mistura aplicada nas camadas superficiais. Na Figura 5.20 é possível analisar o gráfico realizado pela EAPA, relativamente à durabilidade das misturas betuminosas.

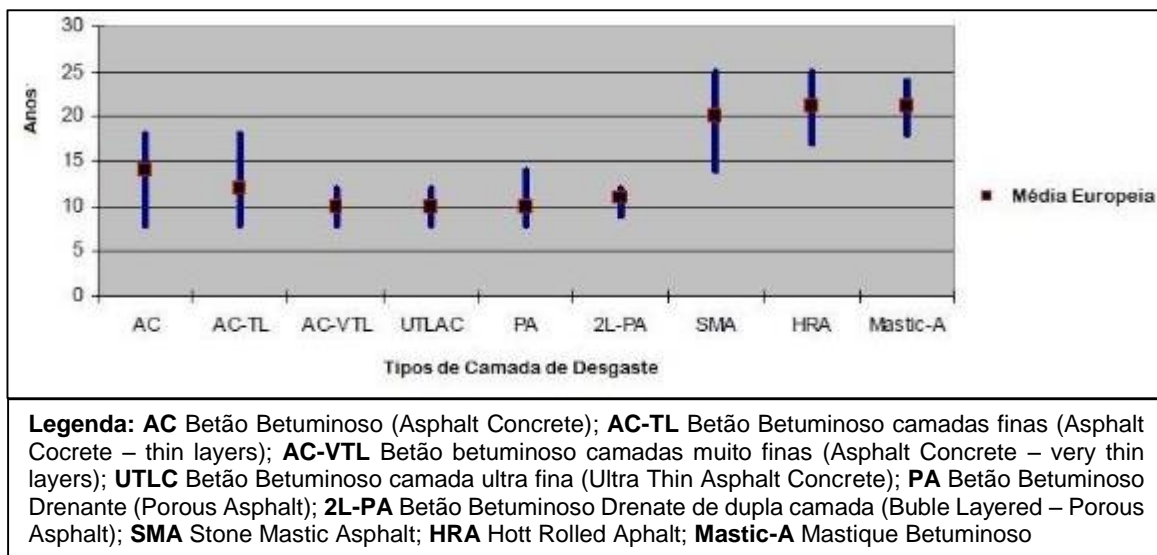


Figura 5.20 - Durabilidade das Misturas [23]

Analisando o gráfico constata-se, que as misturas utilizadas na construção de camadas finas, ultrafinas e camadas drenantes têm menor durabilidade, atingido em média os 10 anos de

vida útil, comparativamente às SMA (Stone Mastic Asphalt), HRA (Hot Rolled Asphalt) e Mastic-A (Mastique Betuminoso), cuja durabilidade média é de cerca de 20 anos.

As misturas modificadas, apesar de terem um custo superior ao das misturas convencionais, garantem maior durabilidade e, conseqüentemente, os custos de manutenção e conservação são mais reduzidos, o que compensa o custo do investimento inicial. De seguida serão apresentadas as principais características das misturas que apresentam maior durabilidade, de acordo com o gráfico apresentado na Figura 5.20:

- A *Stone Mastic Asphalt* (SMA) é uma mistura que tem uma durabilidade média de 20 anos, tendo sido desenvolvida com o objetivo de garantir um bom comportamento à deformação permanente, aumentando a vida útil do pavimento. Esta mistura contém na sua composição betume, agregados, fibras e um *filler* mineral.
- A *Hot Rolled Asphalt* (HRA) é uma mistura betuminosa densa constituída por agregados minerais, areia, betume e agregados grosseiros cuja dimensão deve ser uniforme. A composição da mistura é definida tendo em conta a função das diferentes camadas constituintes do pavimento, a quantidade e a dimensão dos agregados grosseiros. A quantidade de ligante utilizada nesta mistura é muito elevada, para poder envolver completamente os agregados grosseiros.

As propriedades mecânicas desta mistura são garantidas pela coesão entre o ligante e os agregados finos, o que não contribuem para a resistência a movimentos internos, mas garante a resistência ao fendilhamento.

A espessura das camadas constituídas por esta mistura variam de acordo com a dimensão máxima dos agregados, sendo 2.5 vezes a dimensão máxima, o que normalmente não ultrapassa os 40 mm.

Esta mistura, quando aplicada na camada de regularização facilita a redução de variações que ocorrem no perfil da faixa de rodagem, facilitando a execução da camada de desgaste.

- A *Mastic Asphalt* é uma mistura densa, com baixo teor de vazios, cuja constituição depende da utilização de agregados grosseiros e/ou areia, calcário, filler e o betume. A quantidade de ligante utilizada na elaboração da mistura depende essencialmente do preenchimento dos vazios, resultando numa mistura resistente à deformação permanente, às variações de temperatura e ao tráfego de pesados. A espessura destas camadas variam entre os 25 mm (trafego normal) e 40 mm (trafego de pesados) e é influenciada pela dimensão dos agregados, em que os agregados finos variam entre os 0.063 mm e 2 mm e os agregados grosseiros podem variar entre os 4 mm e os 11.2 mm.

Para garantir a rugosidade da camada de desgaste, durante a execução da camada são espalhados sobre a mistura agregados pré-revestidos e de seguida procede-se à compactação da camada.

Estas misturas para além de contribuírem para a construção de um pavimento com maior durabilidade, conseqüentemente mais resistente a diversos agentes, tem outro aspeto em comum, que é a quantidade de ligante utilizado. As misturas apresentadas necessitam de elevada quantidade de betume, quer para reduzir o teor de vazios quer para garantir o total recobrimento dos agregados constituintes. Embora isso contribua para o melhor desempenho do pavimento também contribui para o aumento do custo de execução.

Das várias misturas estudadas, de acordo com a durabilidade e a relação custo benefício optou-se pela mistura *Stone Mastic Asphalt* (SMA), como sendo uma possível mistura a ser aplicada caso se verifiquem novas degradações no Sublanço em estudo.

A SMA tem uma elevada percentagem de betume, comparada com as misturas convencionais, de modo a poder envolver bem os agregados de granulometria descontínua que são utilizados na sua composição. Para garantir a resistência à mistura, os agregados devem ser bem esmagados e apresentar uma forma cúbica com diferentes granulometrias, visto que a quantidade de ligante é elevada, as fibras são utilizadas como um agente estabilizador e para evitar que haja escorrimento do ligante.

As fibras devem ter uma espessura de 1 mm a 3 mm, podendo ser utilizadas a celulose, fibras celulósicas com betume e granulado de fibras de celulose revestidas com betume.

A aplicação deste material tem como principal objetivo aumentar a vida útil do pavimento, e, conseqüentemente, a redução das obras de manutenção e conservação do mesmo.

A vantagem da utilização de uma mistura de grande durabilidade esta na redução de custos relativos às obras de manutenção e conservação das camadas de desgaste que representam 25% a 35% do custo total da exploração das vias rodoviárias [22].

Embora os custos do SMA sejam mais elevados, cerca de 25% em relação às misturas convencionais, estes custos são compensados pela redução da necessidade de obras de manutenção e conservação do pavimento.

É importante realçar que a capacidade de um pavimento resistir a degradações a longo prazo não é apenas garantida pela mistura aplicada mas pelo projeto de dimensionamento das camadas betuminosas.

5.5 Resumo

Este capítulo foi dedicado ao desenvolvimento das várias fases que envolveram a empreitada de reforço do pavimento e as fases que permitiram determinar a solução de melhoramento das características do pavimento do Sublanço em estudo.

As fases que antecederam a empreitada englobaram a auscultação do pavimento, com a análise para identificação das degradações existentes, o tratamento e a análise das informações recolhidas.

Com base nos limites do CA e do IRI adotados pela AEA, fez-se um estudo comparativo relativamente aos limites adotados noutros países, nomeadamente a Alemanha, o Brasil, Suíça e Estados Unidos, verificando-se que em Portugal (AEA) o CA e o IRI são ligeiramente mais baixos.

A solução proposta baseou-se no reforço do pavimento, consistindo na fresagem das camadas afetadas pelas deformações, tratamento das fissuras e das deteriorações, execução dos enchimentos das camadas de regularização e desgaste e por fim a realização dos trabalhos complementares, nomeadamente a repintura das marcas rodoviárias, o aumento da altura das guardas de segurança flexíveis, entre outros.

Com o objetivo de propor uma solução em termos de misturas betuminosas, foi realizada uma análise em termos da durabilidade de algumas misturas betuminosas aplicadas em alguns países da União Europeia e nos Estados Unidos.

6 CONCLUSÃO

Este capítulo é dedicado à síntese dos trabalhos realizados durante o período de estágio, bem como à análise de um tema específico, a avaliação do estado do pavimento, permitindo o desenvolvimento de um caso de estudo. Aqui serão apresentados as principais conclusões retiradas da experiência vivida durante o estágio na AEA.

6.1 Síntese do Trabalho

O presente relatório está dividido em 4 capítulos fundamentais, seguidamente sintetizados:

➤ **Enquadramento da Empresa [Capítulo 2]**

A **Auto-Estradas do Atlântico, Concessões Rodoviárias de Portugal, S.A** é a empresa que tem a concessão em regime de portagem das autoestradas A8 (CRIL/Loures/Leiria) e A15 (Caldas da Rainha/Santarém), totalizando uma extensão de 172 km.

A Concessionária é constituída por cinco Direções, designadas por Direção Técnica, Exploração, Financeira, Recursos Humanos e Administrativos e pelos Serviços de Sistema de Informação, tendo sido o estágio desenvolvido nas Direções Técnica e de Exploração.

➤ **Atividades Desenvolvidas na AEA [Capítulo 3]**

Neste capítulo foi feita a caracterização das atividades desenvolvidas no âmbito da exploração, manutenção e conservação das autoestradas, envolvendo as inspeções visuais aos elementos constituintes da infraestrutura, tais como obras de arte, drenagem, taludes, pavimentação e sinalização.

Em complemento a esta atividade foram realizadas visitas técnicas às empresas que prestam serviço à AEA, assim como o acompanhamento de trabalhos específicos de conservação e manutenção.

➤ **Processos de Avaliação dos Pavimentos Rodoviários [Capítulo 4]**

Os pavimentos rodoviários estão sujeitos a agentes que levam à ocorrência de degradações, nomeadamente a ação do tráfego e as condições climáticas, exigindo inspeções ao longo da sua vida útil, com o objetivo avaliar o seu estado .

Embora as degradações se diferenciem de acordo com o tipo de pavimento (flexível, rígido e semirrígido), as técnicas para as determinar são as mesmas, isto porque todas as patologias afetam a capacidade estrutural e funcional do pavimento.

Neste capítulo são apresentadas as técnicas utilizadas na auscultação do pavimento e respetivos equipamentos assim como as patologias que podem ocorrer nos diferentes tipos de pavimento.

➤ **Caso de Estudo: Reforço do Pavimento em Dois Trechos do Sublanço Enxara/Torres Vedras Sul [Capítulo 5]**

Tendo como base o tema principal deste relatório - **Processos de Avaliação de Pavimentos Rodoviários** - o caso de estudo selecionado recaiu sobre uma das empreitadas de reforço de pavimento decorridas durante o estágio.

O desenvolvimento do caso de estudo foi organizado de modo a dar ênfase à caracterização do estado do pavimento, ou seja aos processos de auscultação do pavimento, ao tratamento dos dados obtidos na auscultação, na proposta de reforço do pavimento e nas diversas fases que envolveram a obra de reforço.

Com o objetivo de avaliar dois dos indicadores utilizados no caso de estudo, Coeficiente de Atrito e Índice de Regularidade Longitudinal, foi feita uma comparação com os adotados em outros países.

Neste capítulo apresentou-se também uma proposta alternativa à mistura aplicada no reforço do pavimento, tendo por base um estudo da durabilidade das misturas realizada pela Associação Europeia de Fabricantes de Misturas Betuminosas. [23]

6.2 Principais Conclusões

A realização do estágio na AEA permitiu adquirir conhecimentos do funcionamento de uma Concessionária, o que possibilitou o contacto com a componente prática deste ramo da Engenharia Civil, as Vias de Comunicação.

Embora as fases de projeto e construção de uma autoestrada sejam fundamentais, a exploração, a manutenção e a conservação exigem um trabalho contínuo, envolvendo diversas áreas que por vezes são menosprezadas.

A exploração, a manutenção e a conservação de uma autoestrada é essencial para garantir a qualidade e segurança da circulação dos seus utilizadores, envolvendo diferentes componentes, tais como a pavimentação, a sinalização, as obras de arte, a drenagem e os equipamentos de segurança, entre outros. Para garantir que todas essas componentes

cumprem os requisitos, são realizadas inspeções à infraestrutura que permitem identificar e planejar possíveis intervenções com o objetivo de manter o nível de serviço.

Durante o estágio foi possível participar na avaliação do estado do pavimento dos diferentes Sublanços constituintes das autoestradas concessionadas, através de inspeções visuais, ensaios para a determinação das degradações e das respetivas obras de reabilitação.

A nível da superfície do pavimento é possível detetar as patologias recorrendo às inspeções visuais. No que se refere à estrutura, através deste processo não é possível identificar as degradações que aí se desenvolvem, sendo neste caso necessário recorrer a ensaios realizados com a ajuda de equipamentos próprios, como por exemplo a determinação da irregularidade longitudinal, do coeficiente de atrito, da capacidade estrutural e da textura do pavimento.

As obras relativas à pavimentação têm sempre elevados custos associados, cuja otimização recai na identificação e correção atempada das degradações existentes, assim como no tipo de mistura betuminosa adotada.

Dada a importância dos valores relativos ao IRI e ao CA e da análise comparativa dos limites estabelecidos no caso de estudo e em alguns países, cujos parâmetros/intervalos eram possíveis de comparar, concluiu-se que os valores registados na avaliação do estado do pavimento diferem ligeiramente dos valores adotados noutros países. Situação que deverá ser reanalisada em trabalhos futuros.

A pavimentação é uma área que está em constante desenvolvimento, quer a nível das misturas betuminosas aplicadas nas camadas, quer a nível dos equipamentos utilizados na construção e também na determinação das degradações que ocorrem no pavimento, visando encontrar soluções mais económicas e ao mesmo tempo mais duradouras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Auto-Estradas do Atlantico, “Auto-Estradas do Atlantico,” [Online]. Available: <http://www.aeatlantico.pt/>.
- [2] Auto-Estradas do Atlantico, “Manual da Qualidade”.
- [3] Auto-Estradas do Atlantico, “Manual de Limpeza,” 2009.
- [4] H. Miranda, “Pavimentos Rodoviários - Slides Pavimentação”.
- [5] LNEC, “Conservação e Reabilitação de Pavimentos Rodoviários,” 2005.
- [6] “Civilgeeks.com - Ingeniería y Construcion,” [Online]. Available: <http://civilgeeks.com/2011/08/12/evaluacion-de-control-de-calidad-y-mejoramiento-de-pavimentos-asfalticos/>.
- [7] F. Branco, P. Pereira e P. Santos, Pavimentos Rodoviários, Almedina, 2011.
- [8] “Nestor Huamán & Asociados, Consultores en Ingenieria de Pavimentos, Geotecnia Y Servicios Generales,” [Online]. Available: <http://www.nestorhuaman.pe/servicios>.
- [9] “Flicker,” [Online]. Available: <https://www.flickr.com/>.
- [10] “Findlay Irvine,” [Online]. Available: <http://www.findlayirvine.com/>.
- [11] Consulpav, “Caracterização do Estado Atual do Pavimento,” 2014.
- [12] Northwest Pavement Management Systems Users Group, R. Keith Kay, “Pavement Surface Condition Rating Manual,” 1992.
- [13] “Pavemente Interactive,” [Online]. Available: <http://www.pavementinteractive.org/category/pavement-management/>.
- [14] H. Miranda, “Pavimentação, Sessão 14 - Patologia dos Pavimentos Rodoviários”.
- [15] U.S. Department of Transportation, “Distress Identification Manual,” 2003.
- [16] Estradas de Portugal, “Catálogo de Degradação dos Pavimentos Rodoviários Vol.2: Gestão da Conservação,” 2008.

- [17] Consulpav, “Caraterização do Estado Atual do Pavimento A8 Sul - Autoestradas do Oeste,” 2014.
- [18] R. M. Müller, “Avaliação de Transmissão de Esforços em Pavimentos,” 2005.
- [19] Die Deutsche Bauindustrie, Deutscher Asphaltverband e. V e Zentrarbeitsgemeinschaft Deutscher Baugewerke, “Asphalt Surface courses Skid Resistance - Package of measures for design and work-execution,” 2006.
- [20] M. APS, “Classificação da Aderência Pneu-Pavimento pelo Índice combinado IFI - International Friction Index para Pavimentos Asfálticos,” 2006.
- [21] Auto-Estradas do Atlântico, “Caderno de Ecargos”.
- [22] F. Martinho, S. Lanchas, R. Nunez, F. Batista e H. Miranda, “A Experiência Portuguesa em Misturas Betuminosas do Tipo SMA com Fibras Celulósicas”.
- [23] EAPA, “Sustainable Roads - Longlife Asphalt Pavements”.
- [24] Consulpav, “Condições Técnicas - Empreitada de Beneficiação do Pavimento da A8 Norte e A15,” 2015.
- [25] J. C. Bullas, “A Report on research carried out for the AA Foundation for Road Safety Research and the County Surveyors' Society,” 2004.
- [26] Y. F. Henrique, “Método de Avaliação de Pavimentos Aeroportuários - Aplicação a um Aerodrómo Militar,” 2013.
- [27] Consulpav, “Condições Técnica - Empreitada de Beneficiação do Pavimento A8 Sul,” 2015.
- [28] C. Gonçalves, “Guia de Procedimentos de Operação e Manutenção de Autoestradas - Drenagem,” 2015.
- [29] M. d. C. Monteiro Azevedo, “Indicadores de Segurança do Estado do Pavimento”.
- [30] L. P. Specht, T. Rozek, F. Hirsch e R. T. dos Santos, “Avaliação da Macrot textura de Pavimentos através do Ensaio de Mancha de Areia,” 2007.

PORTAIS ELETRÓNICOS

1. www.aeatlantico.pt
2. <http://www.eapa.org>
3. <https://www.fhwa.dot.gov/>
4. <http://www.imtt.pt/>
5. <http://www.infraestruturasdeportugal.pt/>

ANEXOS

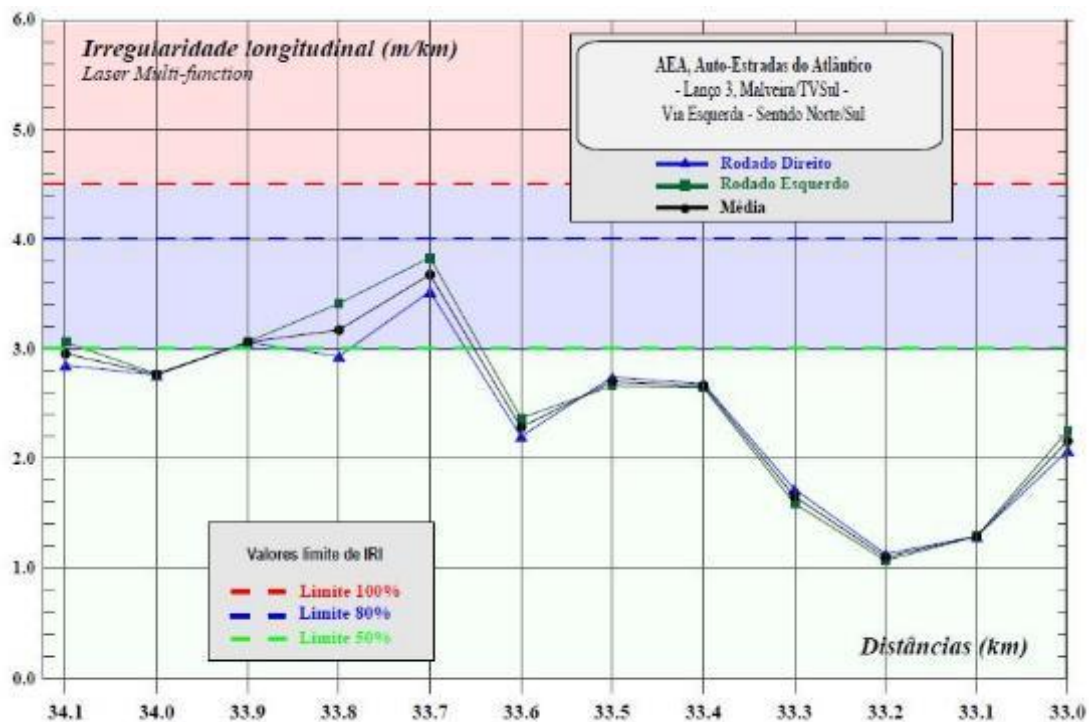
Anexo A – Tabela de Periodicidade da Limpeza à Infraestrutura

Periodicidade da Limpeza à Infraestrutura

| | |
|--|--|
| Varredura / Aspiração mecanizada e limpeza de berma direita e berma esquerda onde existam separador rígido, viadutos e Pl's. | Mensal entre o Nó da CRIL e o nó da Venda do Pinheiro. Bimestral nos restantes casos |
| Varredura / Aspiração mecanizada e limpeza de Praças de portagem (pavimentos, bermas e vias), Sede, CAM e Pólo da Tornada | Semanal nas portagens de Loures e Venda do Pinheiro. Quinzenal nas Praças de Portagem de Tornada, Alfeizerão, Valado dos Frades, Marinha Grande Sul, Leiria Sul, A-dos-Negros, A-dos-Francos, e Rio Maior Este. Mensal nas Praças de Portagem Lousa, Torres Vedras Sul, Torres Vedras Norte, Ramalhal, Bombarral, Marinha Grande Este e Rio Maior Oeste, Sede e CAM Bimestral nas praças de portagem de Pataias, Malaqueijo, Enxara e Campelos e Pólo da Tornada. |
| Limpeza e remoção de lixos e/ou detritos no separador central e taludes (aterro, escavação e faixas planas), numa largura de 4,0 metros medidos a contar do limite exterior da berma direita ou da valeta de bordadura onde exista, na secção corrente, nós, ligações à rede viária e praças de portagem | Quinzenal entre CRIL e Torres Vedras Sul Mensal entre Torres Vedras Sul e Leiria e A15 (separador central) e zonas envolventes da Sede e CAM. Bimestral entre Torres Vedras Sul e Leiria, A15 (taludes), e Pólo da Tornada. |
| Limpeza e desobstrução da rede de drenagem superficial incluindo Caixas de visita, evacuadores laterais, rede de drenagem subterrânea, PHS ao PK 100,000 e Poço de Bombagem do Túnel da Cela Velha. | Anual para o Poço de Bombagem da Celha Velha. Semestral nos restantes casos. |
| Lavagem das vias de portagem incluindo cabinas, forras de pilares "narizes", Totem's, lancis, guardas metálicas de protecção, pavimento das ilhas, superfícies exteriores, cancelas de fecho de via, "narizes", etc.. | Mensal nas portagens de Loures, Bombarral e Malveira. Bimestral nos restantes casos. |
| Lavagem em Separador em betão e equipamentos nele fixados (antiencandeamento, sinalização vertical e controle de tráfego) existente nas praças de portagem. | Bimestral entre CRIL e Arnóia. Semestral entre Arnóia e Leiria e A15. |
| Lavagem de delineadores | Bimestral entre CRIL e Arnóia. Semestral entre Arnóia e Leiria e A15. |
| Lavagem de postos S.O.S. | Semestral |
| Lavagem dos caixotes do lixo | Mensal |
| Lavagem das barreiras acústicas | Anual |
| Lavagem dos túneis das portagens | Mensal na Tornada e Bombarral Trimestral nos restantes casos |
| Lavagem do Túnel da Cela Velha | Anual |
| Limpeza e lavagem de juntas de dilatação | Semestral |
| Remoção e transporte a depósito de detritos sólidos urbanos, em contentores diferenciados de acordo com a legislação em vigor | Bissemenal na Sede e CAM. Semanal nas praças de portagem e Pólo da Tornada. |
| Desassoreamentos de drenagem dos açudes existentes na Cela Velha | Anual |

Anexo B – Gráficos dos Ensaios (IRI, CA, PT) no Sentido Norte/Sul
Entre o km 34+125 e o km 33+00

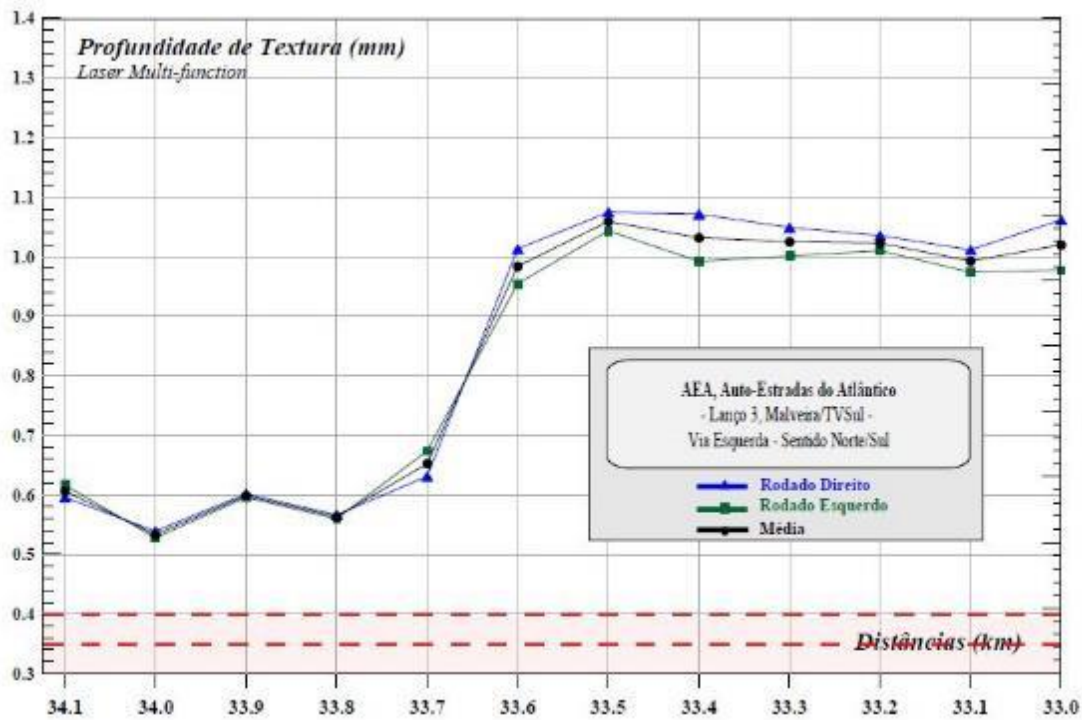
Índice de Irregularidade Longitudinal da Via Esquerda no Sentido Norte/Sul



Coefficiente de Atrito da Via Esquerda no Sentido Norte/Sul



Profundidade de Textura da Via Esquerda no Sentido Norte/Sul



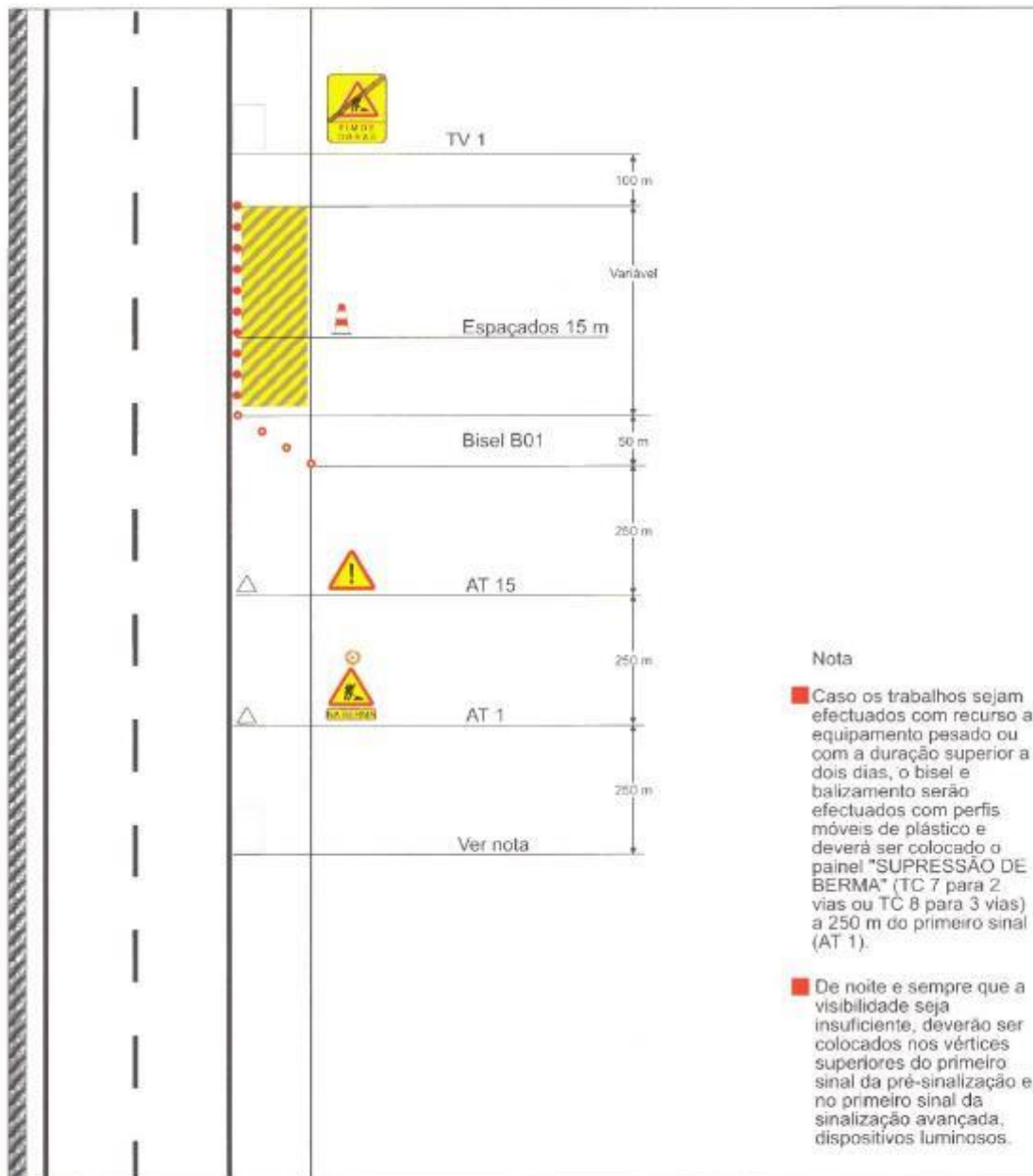
Anexo C – Esquema de Sinalização Temporária dos Trabalhos Fixos (2x2)

TRABALHOS FIXOS

2x2/2x3

F 01

Trabalhos na berma direita

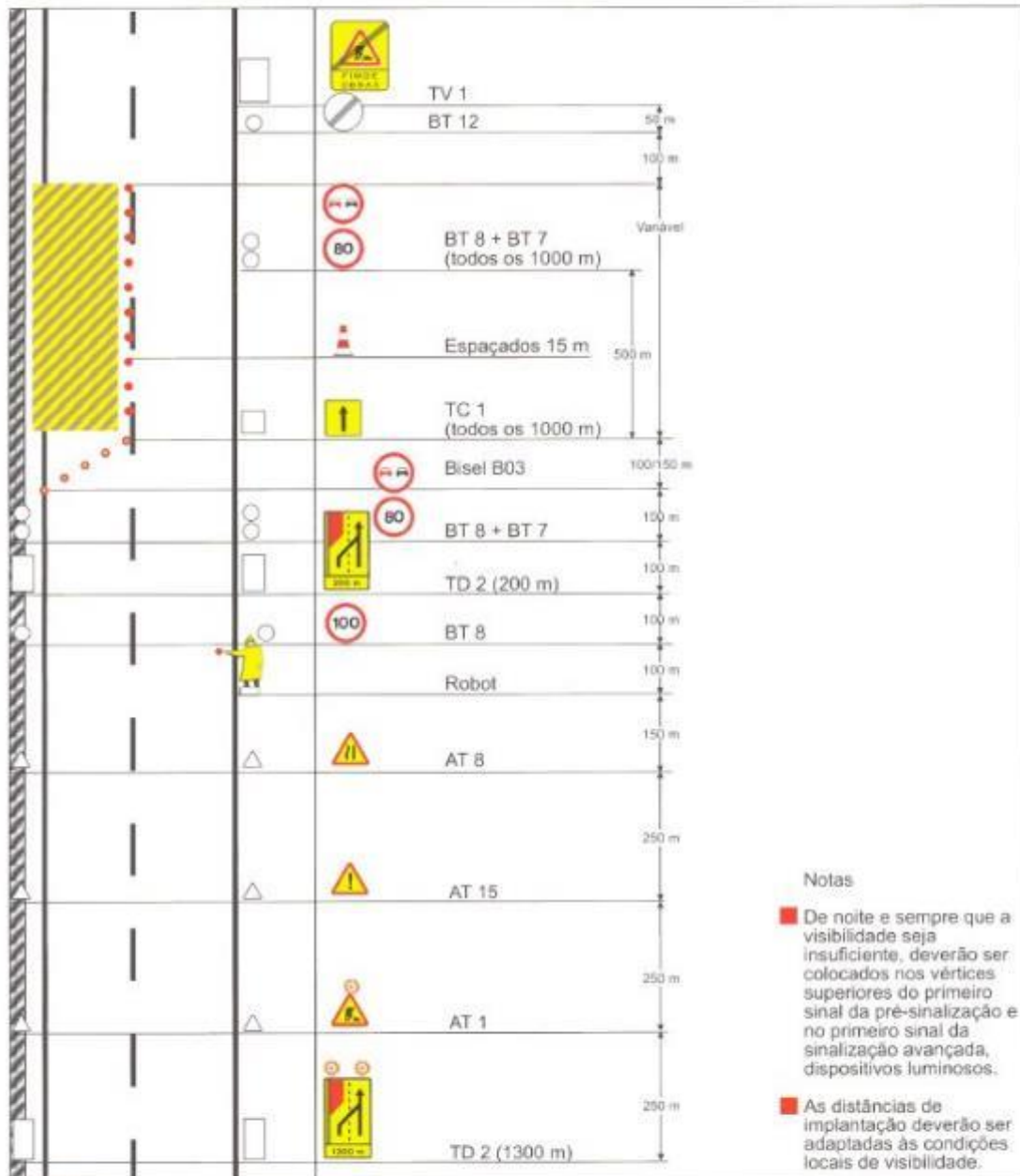


TRABALHOS FIXOS

2x2

F 05

Trabalhos na via esquerda



- Notas
- De noite e sempre que a visibilidade seja insuficiente, deverão ser colocados nos vértices superiores do primeiro sinal da pré-sinalização e no primeiro sinal da sinalização avançada, dispositivos luminosos.
 - As distâncias de implantação deverão ser adaptadas às condições locais de visibilidade.

TRABALHOS FIXOS

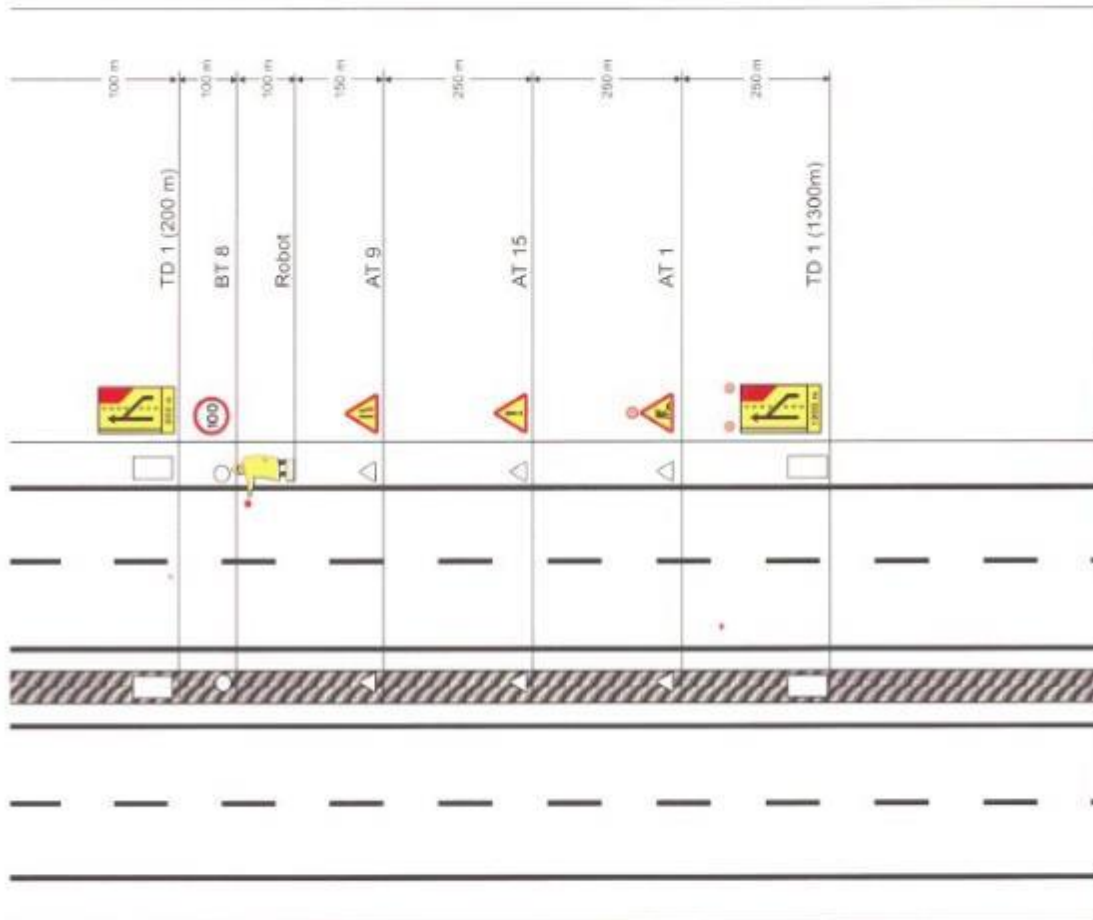
2x2

F 09

folha 3 de 3

1 | 2 | 3

Mudança de faixa (1+1)



Notas

- De noite e sempre que a visibilidade seja insuficiente, deverão ser colocados nos vértices superiores do primeiro sinal da pré-sinalização e no primeiro sinal da sinalização avançada, dispositivos luminosos.
- As distâncias de implantação deverão ser adaptadas às condições locais de visibilidade.

Anexo D – Mapa de Quantidades Referente ao Reforço do Pavimento

| Código | Designação dos Trabalhos | Pk inicial | Pk final | Sentido | Unidade | Quantidade |
|---------|---|----------------------------|----------------------------|-----------|----------------|------------------|
| | Pavimentação Trabalhos a realizar de acordo com o projecto e satisfazendo o especificado no Caderno de Encargos de Pavimentação, Controlo de Qualidade e Dossier de Exploração da AEA, considerando as espessuras das camadas após compactação, incluindo a preparação prévia do pavimento, o fornecimento dos materiais e as suas aplicações | | | | | |
| I.1 | Selagem de fissuras com mastique betuminoso (item 2.5.6.4 do CE), e incluindo todos os trabalhos complementares | Pk inicial | Pk final | Sentido | Unidade | Quantidade |
| I.1.1 | Fissuras longitudinais e oblíquas localizadas nas vias e bermas | 33+898 33+884 33+805 | 33+864 33+880 33+764 | Norte/Sul | m | 34 4 41 |
| I.1.2 | Fissuras transversais | 33+737 | - | Norte/Sul | | 3,75 |
| | | | | | Total | 83 |
| I.2 | Enchimento das fissuras muito abertas com areão lavado (bago de arroz) ou calda de cimento e com mastique betuminoso (item 2.5.6.4 do CE), e incluindo todos os trabalhos complementares | Pk inicial | Pk final | Sentido | Unidade | Quantidade |
| I.2.1 | Fissuras longitudinais e oblíquas localizadas nas vias e bermas | | | Norte/Sul | m | |
| I.2.2 | Fissuras transversais de junta de construção entre: | 33+920 33+720 | 33+900 33+670 | | | 5 5 |
| | | | | | Total | 10 |
| I.3 | Reparação de deteriorações localizadas e incluindo todos os trabalhos complementares | Pk inicial | Pk final | Sentido | Unidade | Quantidade |
| I.3.1 | Ninho/ pavimento com zona degradada | 33+855 | 33+850 | Norte/Sul | m ² | 18,75 |
| | | | | | Total | 18,75 |
| I.4 | Fresagem do pavimento existente incluindo limpezas, serragem, tratamento de juntas e transporte a vazadouro dos materiais sobranes | Pk inicial | Pk final | Sentido | Unidade | Quantidade |
| I.4.1 | Fresagem até 0.04m para colocação da camada de desgaste nas ligações ao pavimento existente | 32+816 34+125 | 32+700 33+000 | Norte/Sul | m ² | 255 620 |
| I.4.2 | Fresagem de uma espessura média de 0.03m para a colocação da camada de regularização | 32+816 | 32+700 | | | 568 |
| I.4.3 | Fresagem média de 0.04m para encaixe da camada de enchimento até 0.14m | 32+816 | 32+700 | | | 42 |
| I.4.4 | Fresagem até 0.04m para colocação de camada de enchimento de 0.04m | 32+816 34+125 | 32+700 33+000 | | | 376 2.258,00 |
| I.4.5 | Fresagem de uma espessura média de 0.06m para a colocação da camada de regularização | 34+125 | 33+000 | | | 1.905,00 |
| I.4.6 | Fresagem média de 0.04m para encaixe da camadas de enchimento até 0.20m | 34+125 | 33+000 | | | 463 |
| I.4.7 | Fresagem média de 0.04m para encaixe da camadas de enchimento até 0.30m | 34+125 | 33+000 | | | 258 |
| I.4.8 | Fresagem média de 0.04m para encaixe da camadas de enchimento até 0.37m | 34+125 | 33+000 | | | 117 |
| I.5 | Elemento retardador da propagação de fissuras e incluindo todos os trabalhos complementares | Pk inicial | Pk final | Sentido | Unidade | Quantidade |
| I.5.1 | Aplicação de betume BBM com uma taxa adequada (a determinar em obra acima de 1.8 l/m ²) e colocação de agregados - plena via | | | | | |
| I.5.1.1 | Em Plena Via (faixas de rodagem) + as Bermas (direita e esquerda) | 32+816 34+125 | 32+700 33+000 | Norte/Sul | m ² | 1.473 14.288 |
| | | | | | Total | 15.760,70 |
| I.5.2 | Aplicação de betume BBM com uma taxa adequada (a determinar em obra entre 1.8 e 2.1 l/m ²) e colocação de agregados - taludes | | | | | |
| I.5.2.1 | Impermeabilização dos Taludes em aterro sobre uma largura de 2 a 3 m e separador central | 32+816 34+125 | 32+700 33+000 | Norte/Sul | m ² | 388 6.413 |
| | | | | | Total | 6.800,10 |
| I.6 | Rega de colagem aplicado de acordo com os procedimentos do item 5.3 das Condições Técnicas e incluindo todos os trabalhos complementares | Pk inicial | Pk final | Sentido | Unidade | Quantidade |
| I.6.1 | Aplicação da Rega Modificada (item 1.1.3.5 do CE) | | | | | |
| I.6.1.1 | Em Plena Via (faixas de rodagem) + as Bermas (direita e esquerda) | 32+816 34+125 | 32+700 33+000 | Norte/Sul | m ² | 4.025 39.575 |
| | | | | | Total | 43.600,00 |

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Área Departamental de Engenharia Civil

| Código | Designação dos Trabalhos | Pk | Pk | Sentido | Unidade | Quantidade |
|---|---|------------------|------------------|-----------|----------------|------------------|
| | | inicial | final | | | |
| I.7 | Camadas de misturas betuminosas a quente | Pk | Pk | Sentido | Unidade | Quantidade |
| | | inicial | final | | | |
| I.7.1 | Em mistura betuminosa rugosa com betume modificado com média percentagem de borracha reciclada de pneus (MBR-BBM), com espessura de 0.04m | | | | | |
| I.7.1.1 | Em Plena Via (faixas de rodagem) + as Bermas (direita e esquerda) | 32+816 34+125 | 32+700 33+000 | Norte/Sul | m ₂ | 1.375 13.620 |
| Total | | | | | | 14.995,00 |
| I.7.2 | Em mistura betuminosa aberta com betume modificado com média percentagem de borracha reciclada de pneus (MBA-BBM), com espessura constante de 0.04m | | | | | |
| I.7.2.1 | Em Plena Via (faixas de rodagem) + as Bermas (direita e esquerda) | 32+816 34+125 | 32+700 33+000 | Norte/Sul | m ₂ | 1.629 14.240 |
| Total | | | | | | 15.869,00 |
| I.7.3 | Enchimento com Macadame Betuminoso Fuso A (item 1.11.1. do CE), com espessura mínima de 0.04m (o reperfilamento deverá ser de acordo com o estudo da nova rasante - levantamento topográfico) | | | | | |
| I.7.2.1 | Em Plena Via (faixas de rodagem) + as Bermas (direita e esquerda) | 32+816 34+125 | 32+700 33+000 | Norte/Sul | m ₃ | 53 1.588 |
| Total | | | | | | 1.641,00 |
| I.8 | Construção de Passagem de Emergência | Pk | Pk | Sentido | Unidade | Quantidade |
| | | inicial | final | | | |
| I.8.1 | Pavimentação | 34+415 | | Norte/Sul | | |
| I.8.1.1 | Escavação, baldeação e transporte dos produtos a vazadouro, na abertura de caixa c/0,50 m de profundidade | | | | | |
| I.8.1.2 | Regularização e compactação do fundo de caixa | | | | | |
| I.8.1.3 | Execução de base com duas camadas tout venant com 0,20 m de espessura, cada, após recalque | | | | | |
| I.8.1.4 | Execução de camada de betão betuminoso com 0,07 m de espessura, incluindo rega de colagem | | | | | |
| I.8.2 | Guardas metálicas | | | | | |
| I.8.2.1 | Desmontagem, fornecimento e montagem e reposição de guardas de segurança, incluindo todo o equipamento e trabalhos necessários, de acordo com desenhos de pormenor | | | | m | 120 |
| Sinalização Horizontal | | | | | | |
| II | | | | | | |
| Trabalhos a realizar de acordo com o projecto e satisfazendo o especificado no Caderno de Encargos de Pavimentação, Controlo de Qualidade e Dossier de Exploração da AEA, incluindo a preparação prévia do pavimento, o fornecimento dos materiais e as suas aplicações | | | | | | |
| II.1 | Pintura provisória | Pk | Pk | Sentido | Unidade | Quantidade |
| | incluindo pré-marcação do eixo e guias de acordo com as recomendações no dossier de exploração da AEA (I.2) | inicial | final | | | |
| II.1.1 | Guia, com 0.15 m de largura | 32+825 34+150 | 32+687 32+975 | Norte/Sul | m | 552 4.700 |
| Total | | | | | | 5.252 |
| II.1.2 | Linha branca <u>tracejado</u> , com 0.10 m, de largura e traço 4/10 (eixo) | 32+825 34+150 | 32+687 32+975 | Norte/Sul | m | 276 2.350 |
| Total | | | | | | 2.626 |
| II.2 | Pintura definitiva | Pk | Pk | Sentido | Unidade | Quantidade |
| | incluindo pré-marcação do eixo e guias de acordo com as recomendações no dossier de exploração da AEA (I.2) | inicial | final | | | |
| II.2.1 | Guia de "efeito sonoro" (com taco), com 0.20 m de largura | 32+825 34+150 | 32+687 32+975 | Norte/Sul | m | 276 2.350 |
| Total | | | | | | 2.626 |
| II.2.2 | Linha branca <u>tracejado</u> , com 0.15 m de largura e traço 4/10 (eixo) | 32+825 34+150 | 32+687 32+975 | Norte/Sul | m | 138 1.175 |
| Total | | | | | | 1.313 |

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Área Departamental de Engenharia Civil

| Código | Designação dos Trabalhos | Pk | Pk | Sentido | Unidade | Quantidade |
|--------------|--|---------------|-------------|-----------|--------------|--------------|
| | | inicial | final | | | |
| III | Guardas de Segurança Trabalhos a realizar de acordo com o projecto, incluindo o fornecimento dos materiais e as suas aplicações | | | | | |
| III.1 | Alteamento das Guardas de Segurança | Pk inicial | Pk final | Sentido | Unidade | Quantidade |
| III.1.1 | Fornecimento e instalação dos alongadores de prumo em guardas de segurança flexível simples, incluindo todos os trabalhos complementares | 32+825 | 32+720 | NS SC | un. | 27 |
| | | 34+150 | 32+975 | NS SC | | 295 |
| | | | | | Total | 322 |
| III.1.2 | Fornecimento e instalação dos alongadores de prumo em guardas de segurança flexível com protecção para motociclos, incluindo todos os trabalhos complementares | 32+720 | 32+687 | NS SC | un. | 9 |
| | | | | | Total | 9 |
| III.2 | Perfis móveis de betão | Pk inicial | Pk final | Sentido | Unidade | Quantidade |
| III.2.1 | Transporte e colocação dos perfis móveis de betão na berma direita | 32+825 | 32+687 | NS BD | m | 138 |
| | | 34+150 | 32+975 | NS BD | | 1.175 |
| | | | | | Total | 1.313 |
| IV | Drenagem Longitudinal Trabalhos a realizar de acordo com o projecto, incluindo o fornecimento dos materiais e as suas aplicações | | | | | |
| IV.1 | Alteamento de Valeta em Meia Cana | Pk inicial | Pk final | Sentido | Unidade | Quantidade |
| IV.1.1 | Fornecimento e execução de alteamento com disfarce das valetas em meia cana em betão C20/25, incluindo transporte dos produtos sobranes a vazadouro e todos os trabalhos acessórios e complementares | 32+740 | 32+687 | NS SC | m | 53 |
| | | | | | Total | 53 |
| V | Telecomunicações Trabalhos a realizar de acordo com o projecto, incluindo o fornecimento dos materiais e as suas aplicações | | | | | |
| V.1 | Alteamento de Tampas de Telecomunicações de acordo com o especificado no Projecto de Topografia | Pk inicial | Pk final | Sentido | Unidade | Quantidade |
| V.1.1 | Alteamento das tampas de telecomunicações da berma direita | 32+825 | 32+687 | Norte/Sul | un. | 1 |
| | | 34+150 | 32+975 | | | 7 |
| | | | | | Total | 8 |