U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

HISTÓRIA DAS INFRA-ESTRUTURAS RODOVIÁRIAS

FLORBELA LIMA MARÉ

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM VIAS DE COMUNICAÇÃO

Orientador: Professor Doutor Adalberto Quelhas da Silva França

JULHO DE 2011

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 20010/2011

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2010/2011 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

A meus Pais a quem tudo devo

A sabedoria consiste em compreender que o tempo dedicado ao trabalho nunca é perdido

Ralph Waldo Emerson

AGRADECIMENTOS

É para o Professor Doutor Adalberto Quelhas da Silva França que dirijo, em primeiro lugar, os meus agradecimentos pela orientação desta tese e pelos ensinamentos, disponibilidade e amizade demonstrados, que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Quero assinalar também o apoio que me foi dispensado pelas seguintes instituições, nomeadamente a Biblioteca Municipal do Porto e a EP – Estradas de Portugal S.A., nelas agradecendo aos vários funcionários que se mostraram disponíveis para ceder informação necessária ao desenvolvimento deste trabalho.

Quero expressar um profundo agradecimento aos meus pais, Duarte Maré e Manuela Lima, pela forma como sempre me apoiaram e incentivaram ao longo da vida, sem nunca desistir de mim. Sem eles não teria bases para me tornar numa grande mulher.

A toda a minha família, especialmente às minhas irmãs, Clara, Rafaela e Rute e ao meu irmão, André, pelo carinho, paciência e compreensão que demonstraram ter ao longo destes anos.

Um especial agradecimento ao meu namorado, Miguel Martins, que sempre esteve presente, mesmo estando ausente.

Aos colegas e amigos, nomeadamente o Bruno Moniz, pelo apoio prestado.

Finalmente gostaria de expressar o meu agradecimento a todos aqueles que, de variadas formas, me apoiaram ao longo destes anos.

RESUMO

O presente trabalho tem como objectivo uma pesquisa histórica, quer no âmbito do desenvolvimento e evolução das infra-estruturas rodoviárias, quer no âmbito da necessidade do ensino da Engenharia. É composto por três partes, sendo a primeira relativa ao estudo das estradas, a segunda sobre o estudo das pontes e a terceira referente aos ensinamentos de engenharia. Para cada uma das partes, o estudo iniciou-se com uma abordagem a nível global passando para uma abordagem particular aplicada a Portugal.

A primeira parte inicia-se com um estudo que remete à origem das estradas, seguindo-se uma análise evolutiva da rede viária em Portugal, onde é feito uma referência às estradas antes e depois da motorização. Relacionado também com o tema das estradas e apresentando sempre uma abordagem histórica e evolutiva, optou-se por fazer uma referência: às auto-estradas, apresentando alguns exemplos de auto-estradas em Portugal; aos pavimentos, referindo os tipos, os processos de dimensionamento e as características geométricas; e aos equipamentos outrora utilizados na construção de estradas.

A segunda parte, referente ao terceiro capítulo, inicia-se com uma abordagem a nível global, histórica e ao mesmo tempo evolutiva, onde são referenciadas as pontes desde a Pré-História, passando pela Era Romana, pela Idade Média, pelo Renascimento, até às pontes dos nossos dias. Nesse capítulo, optou-se, também, por fazer referência a algumas das mais importantes pontes, existentes em Portugal, como as pontes sobre o Rio Douro e algumas do distrito de Lisboa.

A terceira parte, correspondente ao quarto capítulo, inicia-se com um estudo sobre os primeiros ensinamentos de Engenharia no mundo, passando ao caso particular de Portugal, onde são referidos os primeiros ensinamentos na cidade do Porto e de Lisboa.

PALAVRAS-CHAVE: Estradas, Pontes, Ensino, História, Evolução

ABSTRACT

The aim of the current paper is to present an historic overview of the evolution and development of road infrastructures, and the relevance of engineering education. The paper consists on three sections, being the first dedicated to the study of the roads, the second to bridges and the third focuses on the education of engineering. Each topic was initially addressed in a comprehensive manner, that then evolved to a more particular approach focusing on Portugal.

The first part begins with a study that refers to the origin of the roads, followed by an evolutionary analysis of the road network in Portugal, where a reference is made to the roads before and after the engine. Also related to the subject of roads, and always presenting an historical and evolutionary approach, we decided to make reference to: the motorways, providing some examples of motorways in Portugal, the paving, referring to the various types, the design processes and geometric characteristics, and equipment once used in road construction.

The second part begins with a global approach, both historical and evolutionary, where the bridges are referenced from prehistory through the Roman era, from the Middle Ages through the Renaissance, till nowadays. In this chapter we decided, also, to make reference to some of the most important bridges in Portugal: the bridges over the Douro River and some of Lisbon's bridges.

The third and final part of this paper, corresponding to chapter IV, begins with a study on the early teaching of Engineering in the world, with reference to the particular case of Portugal, namely in the city of Porto and Lisbon.

KEYWORDS: Roads, Bridges, Education, History, Evolution.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS i
RESUMO iii
ABSTRACT v

1. INTRODUÇÃO 1
2. INFRA-ESTRUTURAS RODOVIÁRIAS - ESTRADAS 2
2.1. AS PRIMEIRAS ESTRADAS E SUA ESTRATÉGIA 2
2.2. A EVOLUÇÃO DA REDE VIÁRIA EM PORTUGAL E OS DESÍGNIOS DA INTERVENÇÃO 8
2.2.1. REDE DE ESTRADAS PORTUGUESAS ANTES DA MOTORIZAÇÃO 8
2.2.2. REDE DE ESTRADAS PORTUGUESAS NO SÉCULO XX E A MOTORIZAÇÃO 15
2.3. AS PRIMEIRAS AUTO-ESTRADAS EM PORTUGAL E A SUA ESTRATÉGIA 27
2.3.1. A PRIMEIRA AUTO-ESTRADA PORTUGUESA – A5 (AUTO-ESTRADA DA COSTA DO ESTORIL) 29
2.3.2. AUTO-ESTRADA DO NORTE – A1 30
2.3.3. AUTO-ESTRADA DO SUL – A2 33
2.3.4. AUTO-ESTRADA DO MINHO – A3 33
2.3.5. AUTO-ESTRADA DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO – A4 34
2.4. EVOLUÇÃO DOS PAVIMENTOS UTILIZADOS PARA A CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS 34
2.4.1. TIPOS DE PAVIMENTOS UTILIZADOS AO LONGO DOS TEMPOS 34
2.4.2. EVOLUÇÃO DOS PROCESSOS DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS 42
2.4.3. EVOLUÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS UTILIZADAS EM ESTRADAS 43
2.5. EQUIPAMENTOS OUTRORA UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS 49
2.5.1. EQUIPAMENTOS DE ESCAVAÇÃO 49
2.5.2. NIVELADORAS E MOTO-NIVELADORAS 51
2.5.3. CILINDROS COMPACTADORES 54
2.5.4. CALDEIRAS ESPALHADORAS DE ALCATRÃO 55
2.5.5. EQUIPAMENTOS OUTRORA UTILIZADOS PELA JAE – RELATÓRIOS DE ACTIVIDADES 57
2.5.6. EQUIPAMENTOS E SUA CLASSIFICAÇÃO 63
3. INFRA-ESTRUTURAS RODOVIÁRIAS - PONTES 67
3.1. AS PRIMEIRAS PONTES E SUA ESTRATÉGIA 67
3.1.1. DA PRÉ-HISTÓRIA À ERA ROMANA 67
3.1.2. ERA ROMANA 71

3.1.3. IDADE MÉDIA E O RENASCIMENTO 75

3.1.4. EVOLUÇÃO DAS PONTES ATÉ AOS NOSSOS DIAS 77

3.2. AS PONTES DO PORTO 78

3.2.1. INTRODUÇÃO 78

3.2.2. AS PRIMEIRAS PONTES SOBRE O RIO DOURO – PONTES DE BARCAS 79

3.2.3. PONTE D. MARIA II OU PONTE DE PÊNSIL 81

3.2.4. PONTE MARIA PIA 82

3.2.5. PONTE D. LUÍS 85

3.2.6. PONTE DA ARRÁBIDA 88

3.2.7. PONTE DE SÃO JOÃO 90

3.2.8. PONTE DO FREIXO 92

3.2.9. PONTE DO INFANTE 94

3.3. ALGUMAS PONTES DO DISTRITO DE LISBOA 98

3.3.1. UMA DAS PRIMEIRAS PONTES ROMANAS EM PORTUGAL – A PONTE DE SACAVÉM SOBRE O RIO TRANCÃO 98

3.3.2. PONTE MARECHAL CARMONA 100

3.3.3. PRIMEIRA PONTE SOBRE O RIO TEJO – PONTE 25 DE ABRIL 102

3.3.4. PONTE VASCO DA GAMA 107

4. INFRA-ESTRUTURAS RODOVIÁRIAS – NECESSIDADE DO ENSINO 113

4.1. PRIMEIROS ENSINAMENTOS DE ENGENHARIA NO MUNDO 113

4.2. PRIMEIROS ENSINAMENTOS DE ENGENHARIA EM PORTUGAL 115

4.2.1. INTRODUÇÃO 115

4.2.2. PRIMEIROS ENSINAMENTOS DE ENGENHARIA NO PORTO 116

4.2.3. PRIMEIROS ENSINAMENTOS DE ENGENHARIA EM LISBOA 118

5. CONCLUSÃO 121

BIBLIOGRAFIA 123

ANEXOS 129

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 – Via Ápia em Roma 4
Fig. 2.2 – Rede viária Romana....5
Fig. 2.3 – Esquema estrutural das estradas romanas 6
Fig. 2.4 – Marco miliário 6
Fig. 2.5 – Serviço de mala-posta (século XVIII)....9
Fig. 2.6 – Carta Militar das Estradas de Portugal (1808)....11
Fig. 2.7 – Primeiro automóvel em Portugal (1895) 17
Fig. 2.8 – Construção da primeira auto-estrada portuguesa, A5 (1944-1991) 30
Fig. 2.9 – Viaduto de Sacavém sobre o Rio Trancão 31
Fig. 2.10 – Perfil transversal do Viaduto de Alhandra....32
Fig. 2.11 – Viaduto de Vila Franca de Xira em construção (1957-1961)....32
Fig. 2.12 – Construção de estradas macadamizadas....35
Fig. 2.13 – Diagrama esquemático da estrutura de um pavimento rodoviário 40
Fig. 2.14 – Primeira retroescavadora JCB (1953)....50
Fig. 2.15 – Modelo Hydra Digga da retroescavadora JCB (1957) 50
Fig. 2.16 – Primeira retroescavadora produzida pela empresa Case (1957) 51
Fig. 2.17 – Niveladora “Road King” (1896) 52
Fig. 2.18 – Niveladora puxada por tractores 52
Fig. 2.19 – Primeira moto-niveladora 52
Fig. 2.20 – Tractor Fordson adaptado para a construção de estradas....53
Fig. 2.21 – Primeiro tractor a Diesel, com niveladora incorporada, apresentado em 1931 pela CATERPILLAR 53
Fig. 2.22 – Moto-niveladora articulada da Deere & Company (1967)....54
Fig. 2.23 – Niveladora utilizada em Portugal para a construção de estradas (1927) 54
Fig. 2.24 – Cilindro a vapor, utilizado em Portugal nos anos 20 do século XX 55
Fig. 2.25 – Cilindro compactador utilizado na construção de estradas até há cerca de 25 anos 55
Fig. 2.26 – Caldeira de alcatrão utilizada em Portugal (1926)....56
Fig. 2.27 – Caldeira de alcatrão utilizada em Portugal até há década de 90 do século XX 56
Fig. 2.28 – Equipamentos utilizados nas reparações de estradas por semipenetrações betuminosas (1931) 57
Fig. 2.29 – Cilindro a motor utilizado em pequenas reparações....57
Fig. 2.30 – Caldeiras espalhadoras de betume utilizadas em pequenas reparações 58

Fig. 2.31 – Materiais e ferramentas 58
Fig. 2.32 – Cilindro a Vapor 58
Fig. 2.33 – Equipamentos utilizados para o transporte de materiais 59
Fig. 2.34 – Cilindros mecânicos e britadeiras 60
Fig. 2.35 – Instalação de asfaltagem 60
Fig. 2.36 – Vassouras mecânicas, tanques para água e tractores 61
Fig. 2.37 – Cilindro vibrador e pá manual utilizados em pequenas reparações de pavimentos 61
Fig. 2.38 – Aplicadora e espalhadora de betão 64
Fig. 2.39 – Espalhadora de betuminoso 65
Fig. 2.40 – Pavimentadora de betuminoso 65
Fig. 3.41 – Ponte natural na Virgínia nos EUA 67
Fig. 3.42 – Ponte natural em Ardèche na França 68
Fig. 3.43 – Troncos de árvores colocados sobre os leitos dos rios 68
Fig. 3.44 – Clapper Bridges em Inglaterra 69
Fig. 3.45 – Poldras em Portugal 69
Fig. 3.46 – Ponte “Celta” em Castro Laboreiro em Portugal 69
Fig. 3.47 – Ponte Zhaozhou na China 70
Fig. 3.48 – Pons Sublicius segundo Luigi Canina 71
Fig. 3.49 – Ponte de Alcântara em Espanha 72
Fig. 3.50 – Pons Aemilius em Itália 72
Fig. 3.51 – Ponte de Trajano em Chaves 72
Fig. 3.52 – Sistema de arco de volta perfeita 73
Fig. 3.53 – Cachorros nas pontes romanas para apoio dos cimbres 74
Fig. 3.54 – Marcas fórfex 74
Fig. 3.55 – Ponte de Avingnon em França 75
Fig. 3.56 – Ponte Vecchio em Itália 75
Fig. 3.57 – Ponte De La Concorde em Paris 76
Fig. 3.58 – Ponte da Barca sobre o Rio Lima 76
Fig. 3.59 – Ponte de Goltzsch na Alemanha 77
Fig. 3.60 – Ponte Duarte Pacheco no Porto 78
Fig. 3.61 – Desenho da Ponte Carlos Amarante (1802) 79
Fig. 3.62 – Ponte de Barcas, baixo-relevo de bronze de Teixeira Lopes 80

Fig. 3.63 – Ponte D. Maria II, também conhecida por Ponte de Pênsil (1843-1881) 81

Fig. 3.64 – Pilares da antiga Ponte de Pênsil no Porto.....82

Fig. 3.65 – Proposta para a primeira ponte ferroviária, sobre o Rio Douro, da empresa G. Eiffel 83

Fig. 3.66 – Proposta para a primeira ponte ferroviária, sobre o Rio Douro, da empresa Mead Wrightson & Cei.....83

Fig. 3.67 - Proposta para a primeira ponte ferroviária, sobre o Rio Douro, da empresa Ci. De Fives-Lille 83

Fig. 3.68 – Proposta para a primeira ponte ferroviária, sobre o Rio Douro, da empresa Société des Batignolles 84

Fig. 3.69 – Ponte Maria Pia em Construção 84

Fig. 3.70 – Ponte Maria Pia concluída 85

Fig. 3.71 – Construção da Ponte D. Luís no Porto 86

Fig. 3.72 – Ponte D. Luís concluída 86

Fig. 3.73 – Ponte D. Luís com instalação de uma linha de carros eléctricos em 1905 87

Fig. 3.74 – Ponte D. Luís com instalação do metropolitano do Porto (2005) 88

Fig. 3.75 – Ponte da Arrábida 89

Fig. 3.76 – Pormenor do arco da Ponte da Arrábida 89

Fig. 3.77 – Pormenor da construção do arco da Ponte da Arrábida.....90

Fig. 3.78 – Ponte de São João.....91

Fig. 3.79 – Pormenor da construção da Ponte de São João 92

Fig. 3.80 – Ponte do Freixo 93

Fig. 3.81 – Pormenor das vigas gémeas da Ponte do Freixo afastadas de 0,10 metros 94

Fig. 3.82 – Ponte de Abreiro, sobre o Rio Tua (1957) 95

Fig. 3.83 – Pormenor dos pilares definitivos e provisórios da Ponte do Infante 96

Fig. 3.84 – Pormenor construtivo da Ponte do Infante aquando da união do tabuleiro.....96

Fig. 3.85 – Vista superior da Ponte do Infante 97

Fig. 3.86 – Visão nocturna da Ponte do Infante.....97

Fig. 3.87 – Batalha de Sacavém, sobre a Ponte do Rio Trancão (1147) 98

Fig. 3.88 – Desenho da Ponte de Sacavém elaborado por Francisco de Holanda (1571) 99

Fig. 3.89 – Incêndio da Ponte de Sacavém pelos revolucionários a 5 de Outubro de 1910 99

Fig. 3.90 – Ponte de Sacavém em betão sobre o Rio Trancão 100

Fig. 3.91 – Ponte Marechal Carmona 101

Fig. 3.92 – Vista superior da Ponte Marechal Carmona 101

Fig. 3.93 – Montagem do banzo inferior da Ponte Marechal Carmona (1950) 102
Fig. 3.94 – Montagem do banzo superior da Ponte Marechal Carmona (1950) 102
Fig. 3.95 – Primeira proposta de ponte sobre o Rio Tejo (1876) 103
Fig. 3.96 – Alargamento da Ponte sobre o Tejo (1990) 104
Fig. 3.97 – Alargamento do tabuleiro e inclusão da via-férrea na Ponte sobre o Tejo 105
Fig. 3.98 – Sequência de trabalhos efectuados na construção da Ponte sobre o Rio Tejo 106
Fig. 3.99 – Visão nocturna da Ponte 25 de Abril 107
Fig. 3.100 – Construção do vão principal da Ponte Vasco da Gama 108
Fig. 3.101 – Construção da torre Norte da Ponte Vasco da Gama 109
Fig. 3.102 – Ponte Vasco da Gama 111

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Características das estradas em 1907 15

Quadro 2.2 – Classificação e extensão da rede rodoviária de 1889 a 1945 21

Quadro 2.3 – Classificação das estradas e sua tutela segundo o PRN de 1985 23

Quadro 2.4 – Itinerários principais de ligação com o Norte do país, em 1945 e 1985 23

Quadro 2.5 – Extensão (Km) da rede nacional prevista nos planos de 1945, 1985 e 2000 26

Quadro 2.6 – Velocidade Base, Níveis de Serviço e Velocidade Máxima de Circulação nos diferentes tipos de AE's (proposta do INIR) 28

Quadro 2.7 – Extensões de estradas construídas com pavimentos aperfeiçoados entre 1927 e 1935 38

Quadro 2.8 – Características geométricas adoptadas em 1945 21

Quadro 2.9 – Valores de sobreelevação definidos em função dos raios mínimos (1967) 46

Quadro 2.10 – Valores de sobrelargura definidos em função dos raios mínimos e velocidade base (1967) 46

Quadro 2.11 – Características geométricas das Estradas Nacionais no ano de 1967 47

Quadro 2.12 – Parâmetros fundamentais do traçado em planta das Estradas Nacionais no ano de 1992 47

Quadro 2.13 – Parâmetros fundamentais do perfil longitudinal das Estradas Nacionais no ano de 1992 48

Quadro 3.14 – Características da Ponte Vasco da Gama 110

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

cm – centímetro

km – quilómetro

km^2 – quilómetro quadrado

m - metro

AASHO – American Association of State Highways Officials

ACP – Automóvel Clube de Portugal

AE – Auto-Estrada

AIPCR – Association International Permanente des Congrès de la Route

ALTAE – Estradas Alternativas a Auto-Estradas com portagem

ASECO – Acesso a Sedes de Concelho

CBR – California Bearing Ratio

CEE – Comunidade Económica Europeia

CM – Caminho Municipal

CREL – Circular Regional Exterior de Lisboa

CRIL – Circular Regional Interior de Lisboa

EM – Estrada Municipal

EN – Estrada Nacional

EP – Estradas de Portugal

EUA – Estados Unidos da América

FEMA – Fecho da Malha Viária

FMI – Fundo Monetário Internacional

GATTEL – Gabinete para a Travessia do Tejo em Lisboa

IC – Itinerário Complementar

ICERR – Instituto para a Conservação da Rede Rodoviária

ICOR – Instituto para a Construção Rodoviária

IEP – Instituto de Estradas de Portugal

IMD – Intensidade Média Diária

INIR – Instituto de Infra-Estruturas Rodoviárias

IP – Itinerário Principal

JAE – Junta Autónoma de Estradas

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

PRN – Plano Rodoviário Nacional

PRODAC – Programa Operacional de Desenvolvimento das Acessibilidades

SCUT – Sem Cobrança ao Utente

SE - Sobreelevação

SEA – Secção de Estradas e Aeródromos

SL - Sobrelargura

VER – Vias de Estruturação da Raia

WASHO – Western Association of State Highways Officials

1
INTRODUÇÃO

Com o presente trabalho, pretendeu-se dar um contributo para o estudo da História e do desenvolvimento, quer das infra-estruturas rodoviárias, estradas e pontes, quer da necessidade do ensino da Engenharia, que desde sempre se fez notar.

Numa primeira parte, o estudo incide sobre a história e evolução das estradas, desde os primórdios até aos nossos dias, referindo o caso particular da rede de estradas em Portugal. Da mesma forma, foi também feito uma referência: às auto-estradas; aos pavimentos, apresentando a sua evolução, relativamente à tipologia, aos processos de dimensionamento e às características geométricas; e aos equipamentos outrora utilizados na construção de estradas.

Foi no Egipto, com a construção das pirâmides, que a necessidade de construir estradas se fez notar. A partir daí, uma série de rede de caminhos foi desenvolvida com o propósito de estabelecer ligações comerciais e religiosas. No entanto, foram os romanos que criaram o conceito moderno de estrada, que incluía o planeamento e a construção.

Foi a necessidade de expansão e um grande interesse militar que levaram os romanos a construir uma rede viária, que acabou por unir os povos, prestando grande serviço à civilização e ao comércio, facilitando a Romanização, embora, no final do império romano, as mesmas estradas viessem a facilitar as invasões dos povos bárbaros.

À medida que iam surgindo novos focos populacionais, a rede ia evoluindo de forma natural, perdurou pela idade média, sendo alvo de sucessivas reparações.

Em Portugal, esta rede de estradas romanas só viria a ser reconstruída com significado a partir do século XIX, com Fontes Pereira de Melo, Ministro do Reino, que contribuiu para o desenvolvimento de grandes obras públicas, ficando esta época denominada de “Fontismo”.

Pretendeu-se, nesta parte do trabalho, contribuir para o esclarecimento da ausência de uma política de desenvolvimento em Portugal até 1927, altura em que apareceu um organismo vocacionado exclusivamente para o sector rodoviário, a Junta Autónoma de Estradas, que, conseguiu recuperar, redimensionar, ampliar e modernizar a rede de estradas portuguesa.

No início de século XX as estradas estavam praticamente arruinadas, apesar de, nessa altura, se utilizar o macadame nos pavimente. A rede não aumentava e degradava-se cada vez mais, devido à falta de conservação adequada. Foi partir dos anos 20, com o surto do automóvel, que se começou a pensar em fazer alterações na rede viária, já que esta se apresentava maioritariamente intransitável.

Para se atingir os objectivos, foram apresentados: dados históricos e evolutivos, com enquadramento legislativo, focando a sequência da intervenção do Governo na regulamentação rodoviária; uma

ordenação cronológica de factos, considerados como os mais relevantes relativamente às primeiras auto-estradas portuguesas, aos tipos de pavimentos utilizados para a construção de estradas e aos processos de dimensionamento de pavimentos; informação com conteúdos predominantemente técnicos e normativos, como é o caso do estudo das características geométricas.

Ainda nesta parte do trabalho, optou-se por fazer uma abordagem evolutiva relativamente a alguns tipos de equipamentos utilizados, outrora, na construção de estradas, apresentando o caso particular de Portugal. Neste caso e com o auxílio dos Relatórios de Actividades publicados pela JAE, foi possível apresentar os vários equipamentos que foram surgindo em Portugal desde o surgimento daquela entidade.

A segunda parte do trabalho diz respeito às pontes, que também fazem parte integrante das Infra-estruturas rodoviárias.

Para atingir os objectivos, foi elaborada, inicialmente, uma pesquisa a nível global que remonta da Pré-Historia. Desde essa altura e até aos nossos dias, passando pela Idade Média, pela Era Romana e pelo Renascimento, foram apresentados os vários tipos de pontes que iam surgindo, bem como algumas técnicas, outrora, utilizadas para a construção das mesmas.

Ainda nessa parte do trabalho, mas agora a nível particular, fez-se uma referência dos vários tipos de Pontes que foram surgindo em Portugal, começando pelo Rio Douro e finalizando com algumas pontes do Distrito de Lisboa.

A primeira ponte sobre o Rio Douro era constituída por barcas e foi construída por razões militares. Mas a primeira ponte de carácter permanente sobre o Rio Douro surgiu em 1842, com a construção da Ponte D. Maria II, também denominada por Ponte de Pênsil. A partir dessa altura foram surgindo mais pontes, como: a Ponte Maria Pia (1877), a Ponte D. Luís (1886), a Ponte da Arrábida (1963), a Ponte de São João (1991), a Ponte do Freixo (1995) e por último a Ponte do Infante (2003).

No Distrito de Lisboa, a primeira ponte que surgiu era romana, sendo esta conhecida hoje em dia como Ponte de Sacavém sobre o Rio Trancão. Relativamente às pontes sobre o Rio Tejo, a primeira a surgir foi a Ponte Marechal Carmona (1951), em Vila Franca de Xira, seguida da Ponte 25 de Abril (1966), considerada a primeira sobre o Rio Tejo que faz a ligação entre Lisboa e Almada e da Ponte Vasco da Gama (1998).

Numa terceira e última parte, optou-se por abordar a história e o desenvolvimento relativamente ao aparecimento do ensino da Engenharia, que desde sempre se mostrou necessário.

Novamente optou-se, inicialmente, por fazer uma abordagem a nível global, mencionando como nasceu a Engenharia e como se tornou essencial promover o seu estudo.

O aparecimento do ensino da Engenharia nasceu dentro dos exércitos e só em 1794 é que se fundou, em Paris, a famosa École Polytechnique, que se tornou o modelo de outras escolas de engenharia pelo mundo fora, em Portugal, com a Academia Politécnica do Porto (1837) e com a Escola Politécnica de Lisboa (1837).

2

INFRA-ESTRUTURAS RODOVIÁRIAS - ESTRADAS

2.1. AS PRIMEIRAS ESTRADAS E SUA ESTRATÉGIA

Estudar a história das estradas, remete à história da humanidade, passando pelo povoamento dos continentes, conquistas territoriais, intercâmbio comercial, cultural e religioso, urbanização e desenvolvimento. Estas criam um caminho para estudar o passado e sobre elas incidem as primeiras buscas dos arqueólogos nas explorações de civilizações antigas. Foi no Egipto que, com a construção das pirâmides, 2600-2400 a.C., se mostrou necessário implantar estradas, não para veículos com rodas, mas para trenós que davam auxilio ao transporte de cargas. Foram construídas então vias com lajões justapostos fornecendo boa capacidade de suporte. No Brasil, Bittencourt (1958) regista diversas referências históricas de estradas construídas na antiguidade, bem como velhos caminhos da Índia e da China considerados apenas itinerários identificados a partir de estudos históricos. Entre esses caminhos, está uma das rotas mais antigas e historicamente importantes, devido a sua grande influência nas culturas da China, Índia, Ásia e também do Ocidente: a chamada Rota da Seda. Mais do que uma estrada, esta constituía um conjunto na rede de caminhos que permitia que Oriente e Ocidente se ligassem por razões comerciais. Outras redes de caminhos, rasgadas por propósitos comerciais ou religiosos existiam. No entanto o conceito moderno de estradas incluindo o planeamento e construção, veio a caber aos romanos.

Pode-se considerar verdadeiro o ditado popular: “Todos os caminhos vão dar a Roma”. Antes da grande expansão territorial da República Romana, o mar e os rios eram as grandes vias de comunicação, pois o tráfego por terra encontrava-se inacessível e o pouco que havia era de difícil acesso e perigoso. Até cerca de 400 a.C., os romanos utilizavam caminhos de terra para se deslocarem da sua capital às cidades vizinhas. Foi a necessidade de expansão e um grande interesse militar que levou a República Romana a construir uma rede viária que acabou por aproximar os povos, prestando um inestimável serviço à civilização e ao comércio, tendo contribuído para o sucesso da Romanização.

Foi em 390 a.C., com o ataque Gaulês de Breno, que a ineficácia do sistema defensivo de Roma se mostrou, devida principalmente à movimentação das tropas, que era lenta e dificultada por caminhos pouco aptos. A necessidade de uma melhor defesa, junto com um desejo de expansão e hegemonia sobre a Itália, conduziram a uma República Romana, ainda frágil e ameaçada, a estabelecer uma rede que se adaptasse às suas necessidades. Esses eixos criados permitiram uma circulação mais rápida e

segura, facilitando a mobilidade das tropas bem como a circulação das mercadorias e dos comerciantes.

A primeira via foi criada em 312 a.C., por Ápio Cláudio, grande político e reformador legislativo, eleito censor da República Romana, recordado pela construção da estrada que é conhecida pelo seu nome, Via Ápia. Esta via foi criada para unir Roma e a cidade de Cápua, mas com o decorrer dos anos foi sendo ampliada, e, no século II a. C., o seu traçado chegava a Brindisi, principal ponto de ligação marítimo com as províncias orientais.

Fig.2.1. - Via Ápia em Roma

A Via Ápia tornou-se numa das artérias mais importantes para a economia do império, conhecida por "Regina Viarum – a rainha das estradas". A sua construção durou quase 120 anos, tendo sido concluída em 190 a.C.. Em certos trechos essa via chega a ter 10m de largura, sendo o mais comum apresentar 4,1m. Nos finais da República, o conjunto do território da península italiana estava dotado com grandes estradas, cada uma com o nome do censor que a originou. Estas vias não se encontravam pavimentadas, salvo excepcionalmente no interior das cidades e nas suas proximidades, bem como toda a Via Ápia que fora progressivamente lajeada em todo o seu percurso.

A construção de estradas iniciou-se durante a República Romana mas cresceu extraordinariamente durante o Império. A expansão da rede tornou-se uma ferramenta fundamental para o comércio. No início, o sistema viário foi desenhado com fins políticos para manter o controlo sobre as zonas conquistadas. Com a necessidade de todo o tipo de matérias-primas e produtos já elaborados, legionários, funcionários, comerciantes ou populações locais usavam estas vias, normalmente empedradas, que vertebravam todo o Império Romano. Passageiros e mercadorias eram transportados em carroças cobertas, com as suas rodas de madeira protegidas por aros de ferro. A principal rede de estradas Romanas, no seu apogeu, chegou a ter aproximadamente 100 000km. Irradiavam de Roma grandes estradas militares, entre as quais a Via Ápia, que se estendia por 660km.

Fig.2.2. - Rede viária Romana

Enquanto as outras civilizações mediterrânicas fundavam o seu desenvolvimento comercial quase unicamente a partir dos seus portos, as estradas em Roma eram utilizadas em paralelo com a sua frota comercial, favorecendo os intercâmbios no interior continental provocando assim uma expansão mercantil esplêndida. A extensão e funcionalidade desta rede de estradas perdurou muito para lá do fim do Império, conservando-se ainda hoje, tipicamente protegida como património mundial ou nacional. A partir do século III deu-se o começo de grandes invasões no Império Romano, sendo as vias romanas um dos elementos que contribuíram para a sua queda. Confirmando o que se sabe: o que facilita a nossa saída também simplifica a entrada dos nossos inimigos.

Como se sabe, as estradas romanas substituíram os caminhos de "pé posto". A sua construção devia-se à iniciativa das autoridades da República Romana e estavam sob o comando do exército, mas eram construídas por legionários em tempo de paz e em tempo de guerra por escravos, presos por delitos comuns, criminosos e prisioneiros de guerra. Há divergências sobre a origem dos métodos romanos utilizados na construção de estradas, mas sabe-se que incorporavam técnicas aprendidas por outros povos, como os cartaginenses, fenícios e egípcios. As estradas eram construídas em secções rectas e planas, evitando obstáculos como colinas e pântanos. Geralmente eram levantadas a partir de um leito escavado sobre o terreno, com largura que permitisse o cruzamento de dois carros. As leis das doze tábuas, datada de cerca de 450 a.C., especificavam que a largura de uma via deveria ser de 8 pés (2,45m) em linha recta e 16 pés (4,90m) em curva. Era colocada uma camada de pedras grandes, com a espessura de 30 a 60cm, na zona escavada, essa camada ficou conhecida como "statumen", sendo esta a parte mais importante da obra, pois sobre ela se faria a futura via. Sobre a "statumen" colocava-se areia e gravilha até perfazer uma camada de 20cm, conhecida por "rudus" e por cima desta outra de igual espessura designada de "nucleus", constituída por pedra triturada misturada com cal. Sobre o "nucleus" assentava a camada superior "sumus crustae" ou "stratum", constituída por lajes talhadas e ajustadas, de granito ou basalto, conforme as pedreiras da região, obtendo-se por fim um pavimento uniforme e liso com bermas delineadas. Da pavimentação "stratae", nasceu a palavra estrada.

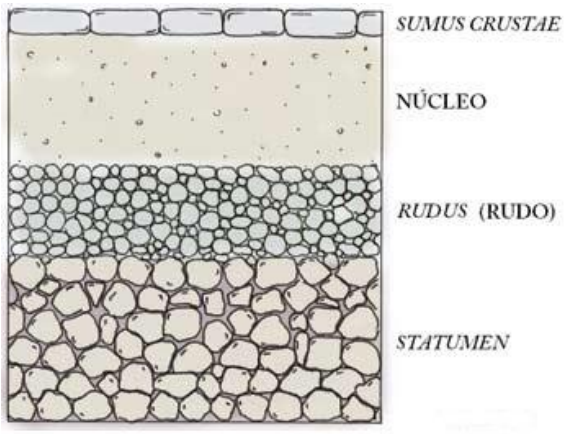


Fig.2.3. – Esquema estrutural das estradas romanas

Relativamente ao perfil transversal, o pavimento era mais alto na zona central, permitindo a drenagem da água das chuvas para as valetas. Para além da zona pavimentada da estrada, era limpa de vegetação, uma faixa de terreno com dois a três metros, em declive e com drenagem que constituía a zona de segurança e estabilidade da obra. As estradas eram dotadas de muretes laterais, tal como hoje há passeios para os peões, assinalando o limite lateral da via. Estas eram supervisionadas por um director ("curator viarium") que delegava no engenheiro ("architectus") a sua execução. Este por sua vez, tinha sob suas ordens um agrimensor e um nivelador (actuais topógrafos) cuja função era traçar estradas o mais planas e rectilíneas possível.

Ao longo das vias, eram colocados marcos, os chamados miliários, que serviam para marcar a distância percorrida de 1000 pés (1478 metros). Estes marcos, não eram mais do que colunas de tamanho e forma variáveis, normalmente cilíndricas, com uma base de secção rectangular. Na base estava inscrito o número da milha relativa à estrada em questão e na zona cilíndrica diverso tipo de informação como: o título do imperador que havia autorizado a construção, a data do início da construção ou o nome dos construtores, distâncias entre a sua localização e as cidades mais próximas, etc.

Fig.2.4. – Marco miliário

As vias romanas, apresentavam diferentes importâncias e diferentes classificações. As "viae publicae" (vias públicas), eram as principais vias do Império que uniam as cidades mais importantes entre elas, também chamadas de "viae praetoriae" (vias pretorianas), "viae militar" (vias militares), ou "viae

consular" (vias consulares). Com frequência estas vias apresentavam o nome da pessoa que iniciou o projecto da sua construção. As "viae vicinales", que partiam das vias públicas, eram vias secundárias que permitiam unir as povoações às grandes vias. Estas eram evidentemente a maioria das vias da rede. A terceira categoria de estradas era denominada de "viae privatae" (vias privadas) que uniam as principais propriedades, as "villae", com as "viae vicinales" e "publicae". Estas estradas podiam ser consideradas públicas ou privadas, de acordo com o facto de a sua construção ser de fundos públicos ou privados, tornando-se as últimas públicas quando o seu construtor falecia.

Troços de calçada, pontes, marcos miliários e outros vestígios constituem um vasto património arqueológico que, a par das ruínas de "villae", cidades e muitos outros sítios arqueológicos dão uma imagem de grandiosidade que a civilização romana atingiu na parte ocidental da Europa. Apesar do território continental português não ser muito extenso (cerca de 92000 km^2) é fisicamente muito diversificado. É a essa diversidade que as vias romanas se irão adaptar, quer atravessando os maciços montanhosos do Centro e Norte de Portugal, quer sulcando as longas planícies do Sul. A abundância de pedra e o maior rigor do clima e dos relevos leva a que seja na região norte do país que se tenha utilizado mais as "glareae stratae" (estradas revestidas com calçada) de que hoje se encontram abundantes troços. No sul, apesar de existirem troços em calçada, as "viae terrenae" eram a regra, mesmo quando se tratava de importantes eixos viários. É devido à abundância de rios e a um relevo de difícil circulação que no centro e norte do país se construíram muitas obras de arte, conservando-se ainda hoje algumas em perfeitas condições como a Ponte de Chaves ("Aquae Flaviae"). Muitas dessas pontes não são já romanas, mas reconstruídas, após terem sido derrubadas por cheias violentas nos séculos subsequentes. São é cópias - "Românicas" ainda que com maiores secções de vazão dos caudais. É porém no Alentejo que se encontra uma das pontes romanas mais bem conservadas do país, a Ponte da Vila Formosa. Por vezes a travessia de rios e ribeiras também se fazia através de simples pontes de madeira ou pontes de barcas. Toda esta imensa rede viária articulava-se com os portos marítimos como em Olisipo (Lisboa) ou Ossónoba (Faro), de onde partiam e chegavam navios vindos de todo o mundo romano. No entanto a rede viária do Portugal romano está ainda mal definida. O Itinerário de António (livro do século III que contém uma lista de algumas vias romanas com discriminação da lista das etapas aconselhadas e respectivas distâncias) menciona grande parte das vias romanas em Portugal, entre as quais uma das primeiras vias a ser construída, a chamada Via Nova, também conhecida por Gueira, ou Via XVIII. Esta ligava duas cidades importantes do Nordeste da Península Ibérica: Bracara Augusta, actual cidade de Braga, em Portugal e a cidade de Asturica Augusta, actual Astorga, em Espanha. Com a sua construção, provavelmente concluída no século I d.C., por volta do ano 80, a rede viária romana ficou reforçada, o exército adquiriu maior mobilidade, obtendo-se também um reordenamento de território e uma maior actividade mineira bem como a transição destes bens, esta via proporcionava o escoamento do ouro das minas. Segundo o Itinerário de António, de Braga partiam cinco vias, uma delas ligava Braga a Lisboa (Via XVI), sendo considerada uma das principais do país e as outras quatro faziam a ligação a Astorga passando cada uma por pontos diferentes: Ponte de Lima, Chaves, pela Serra do Gerês e por via marítima. De Lisboa também partiam três itinerários todos eles com destino a Mérida passando cada um também por diferentes zonas: Alcácer do Sal e Évora, Alter do Chão e por Alvega. Na zona sul do país estão também referenciados os principais itinerários, sendo estes: o Itinerário XIII que ligava Salacia a Faro, o Itinerário XXII que ligava Castro Marim a Beja passando por Mértola e o Itinerário XXI que ligava Castro Marim a Beja passando por Arannis. A via romana de Bracara a Olisipo estabeleceu a rota definitiva entre as duas cidades que subsiste até hoje, sobrepondo-se-lhe sucessivamente a Estrada Real, a Estrada Nacional EN1 e a Auto-Estrada A1. Estas seguem paralelas ou mesmo coincidentes

em alguns pontos até Conímbriga, mas a partir daí a via segue para Seleum, hoje Tomar, enquanto a EN1 e a A1 seguem mais a poente, por um trajecto também romano que talvez ligasse as cidades de Colippo em Leiria e Eburobrittium em Óbidos.

As vias romanas, pensadas primeiro para uso militar, foram a origem da expansão económica do império, e após o seu final tiveram o efeito perverso de facilitar as grandes invasões dos povos bárbaros. Com o fim do período romano, a quantidade de caminhos secundários era muito grande e as grandes artérias que ligavam as principais cidades caíram em desuso, ficando toda a rede segmentada por rotas mais curtas. A rede foi evoluindo de forma natural, sem planeamento, à medida que surgiam novos focos populacionais, perdurou pela idade média com sucessivos restauros e ainda hoje é visível na nossa rede de estradas. Esta só viria a ser reconstruída com significado a partir de meados do século XIX, recuperando a antiga lógica dos caminhos romanos, ou seja, grandes trajectos com contínua manutenção e segurança (a esta época de grandes obras públicas chamou-se fontismo, na qual Fontes Pereira de Melo era Ministro do Reino).

Note-se que apenas o número elevado de estradas pavimentadas que irradiavam de Roma permitiu o crescimento natural daquela cidade para cerca de 1 milhão de habitantes numa época em que as restantes grandes cidades não ultrapassavam os 20000 habitantes. Eram as estradas que possibilitavam o fornecimento diário de alimentação e outros produtos indispensáveis a um número tão elevado de cidadãos.

2.2. A EVOLUÇÃO DA REDE VIÁRIA EM PORTUGAL E OS DESÍGNIOS DA INTERVENÇÃO

2.2.1. REDE DE ESTRADAS PORTUGUESAS ANTES DA MOTORIZAÇÃO

A rede rodoviária portuguesa apresenta uma configuração e características que são o resultado de esforços empreendidos por homens que, por razões económicas, politicas, sociais e/ou militares, foram (re)construindo ao longo do tempo uma rede condicionada por factores geográficos e pelos avanços técnicos, procurando dar resposta a dinâmicas territoriais sucessivamente mais complexas.

A rede actual revela um percurso de luta pela minimização dos tempos de deslocação e de combate à incomodidade das viagens, em função do que se julga mais pertinente: ligar áreas de maior densidade populacional, incentivar o crescimento de outras, responder a estratégias de (re)ordenamento de território nacional e/ou nas suas ligações com Espanha e à Europa. Para melhor compreender a organização do território, a rede de transportes terrestre constitui um importante elemento: as vias de comunicação podem resultar de processos e formas de pensar em contextos económicos e sociais específicos; a rede de estradas em Portugal apresenta uma configuração onde a maior densidade de estradas se encontra no litoral acompanhando a distribuição populacional. Uma das mais recentes intervenções por parte do poder público é tornar possível extrapolar preocupações, sobre a função das novas vias enquanto instrumentos para a melhoria das deslocações, mas também para a criação de oportunidades. A rede dos dias de hoje realça o traçado definido na época romana, onde se podia verificar o efeito multiplicador das infra-estruturas rodoviárias, ao criarem oportunidades em ramos diferentes daqueles para que foram concebidas, nomeadamente na economia.

Para perceber melhor quais as preocupações subjacentes às decisões que se foram tomando relativamente à rede de infra-estruturas rodoviárias, que serve hoje o território português, procuraram-se bases explicativas no passado.

Na Idade Média, as estradas eram poucas, de terra batida e estreitas, podendo ser ladrilhadas ou calcetadas nos centros urbanos mais importantes. A deficiência da rede viária criou um processo ambivalente; por um lado, a preferência pelo transporte marítimo e fluvial, mais rápido, por outro, a acomodação a este tipo de comunicação atrasava o desenvolvimento das vias terrestres. Sendo assim as deslocações em Portugal faziam-se a pé com a ajuda de animais ou mesmo por via fluvial (e também marítima), até à segunda metade do século XVIII, altura em que entrou em serviço a mala-posta para o transporte do correio.

Fig.2.5. – Serviço de mala-posta (século XVIII)

Foi a partir de 1780, com D. Maria I, que se tronou possível observar um conjunto de acções que levou a cabo a realização de vários projectos como a construção de pontes e de estradas do percurso de Lisboa a Coimbra bem como na área do Douro. Em 1781, Miguel Pereira Pinto Teixeira estuda um conjunto de medidas para a construção e conservação de estradas bem como um plano do que deveria ser a rede nacional de estradas. Em 1788, é publicado por José Diogo Mascarenhas Neto o "Método para Construir as Estradas em Portugal", sendo atribuído maior importância à construção da estrada Lisboa/Coimbra, onde se introduziu o serviço de mala-posta, que para além de correio servia para transportar passageiros. Nessa altura a procura de transportes a longas distâncias era reduzida, as viagens eram perigosas, morosas e os preços praticados eram elevados mas, mesmo assim reconhecia-se a necessidade de melhorar a circulação, para melhor responder às necessidades do sector económico. No Alto Douro, nesse mesmo ano, foi ordenado pela Rainha a construção de estradas, para que a circulação e comercialização de produtos, nomeadamente vinho, fosse facilitada, pois a procura deste produto demonstrava-se ser crescente desde a constituição da Companhia Geral da Agricultura dos Vinhos do Alto Douro (1756).

Em 1791, foi promulgado pela Rainha um Decreto que nomeou o Conde de Valadares a superintendente, passando este a ter a seu cargo a direcção superior de todos os trabalhos de reconstrução, pois as estradas encontravam-se em grande ruína. Nessa altura foi também determinado o modelo obrigatório para o rodado dos carros, contribuindo dessa forma para a conservação das estradas. Iniciou-se também, nesse mesmo ano, a construção de uma estrada da capital ao Porto. Em

todo o caso em 1811 o percurso total Lisboa/Porto, por estrada, era ainda impossível por falta de ponte sobre o Rio Trancão, em Sacavém, que só durante o Governo de Costa Cabral ficou concluída (durante o ano de 1843). Note-se que esse percurso já havia existido no tempo dos romanos tendo a ponte sobre o Trancão desaparecido no século XV ou XVI, pois Francisco de Holanda, em 1570, escreveu a D. Sebastião dizendo: "… a primeira das pontes foi sobre o rio de Sacavém, como se vem, claros e manifestos, o começo e o fim, a esta deve V. Alteza mandar reedificar, porque é proveitoso muito e também para passar por ela a Corte, sem rodeio de ir ao Tojal". Ficou claro que se deixou arruinar a ponte romana e que a sua travessia passou a ser efectuada por barco, como refere o Padre João Batista de Castro no seu "Roteiro Terrestre" de Portugal, em 1748, sendo preciso esperar até ao século XIX para a reedificar.

A viragem para o século XIX, é marcada com uma rede de estradas restrita em termos de cobertura territorial e sem uma orientação global. As estradas e calçadas que se observam ao longo do país nessa altura têm pouco mais de uma milha de extensão. Em 1808, com a Carta Militar das Principais Estradas de Portugal percebe-se a presença de uma rede viária relativamente densa, não sendo propriamente de qualidade. Esta observação pode ser confirmada com os tempos de viagens do correio expresso entre Lisboa e as capitais distritais (a viagem Lisboa/Porto era de cerca de 3 dias). Pior ainda, era o estado das estradas com orientação Leste/Oeste. Pura e simplesmente não existiam e os habitantes do litoral praticamente desconheciam o interior. Mesmo quando marcadas em mapas, as estradas não existiam ou já não existiam. O que teve particular relevância na derrota infligida aos exércitos do Marechal Massena na 3ª invasão francesa, que tendo entrado por Almeida teve um penoso e cruel percurso até ao Buçaco onde as suas tropas desmoralizadas foram derrotadas pelos exércitos anglo-lusos.

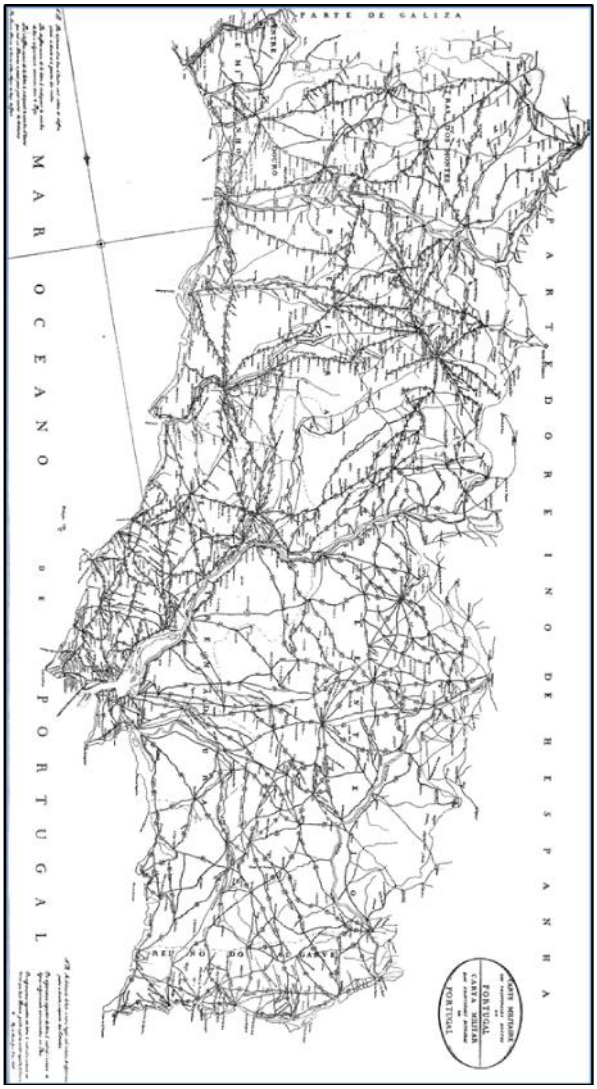


Fig.2.6. – Carta Militar das Estradas de Portugal (1808)

O triunfo do Liberalismo, em 1834, revelou o esforço de definir os objectivos e princípios orientadores da construção da rede viária. Este trouxe ao problema das estradas uma solução adequada às exigências da época, criando uma política de fomento das vias de comunicação e da sua reparação. Vulgarizou-se o método das estradas macadamizadas (método que consistia no assentamento de três camadas de pedras, gradualmente mais pequenas, que continham os seus vazios preenchidos com saibro, sendo cada camada regularizada e compactada com um maço), iniciado em 1824 na estrada do Campo Grande em Lisboa, mas que coexistiu com os outros métodos de construção até ai utilizados. Com a lei de 12 de Março de 1835 (baseada na lei de 19 de Dezembro de 1834) foi criada a Comissão de Melhoramentos de Comunicação Interior, órgão de carácter consultivo, o qual deveria elaborar um plano geral de estradas, propondo as dimensões para cada classe de estradas classificadas, mas foi com Mascarenhas Neto que esta tarefa se realizou. As estradas foram classificadas como sendo: estradas reais, todas as que ligavam Lisboa às capitais de distrito; de comércio, as que faziam a ligação entre cidades e vilas com pelo menos 500 fogos; públicas, as que estabeleciam a ligação a localidades com pelo menos 300 fogos e finalmente as estradas de vizinhança. Esta ideia de definir uma rede em função do tamanho dos aglomerados e das transacções económicas parece querer melhorar as

condições de acessibilidade. O ano de 1835 ficou também marcado pela intenção de introduzir o caminho-de-ferro em Portugal, que iria criar benefícios para a melhoria das condições de circulação de pessoas e mercadorias. Os 10 anos que se seguiram contribuíram de forma muito importante para a produção de legislação, evidenciando os procedimentos para a construção e melhoramento das estradas. Em 1839, Mouzinho da Silveira, uma das maiores personalidades da revolução liberal, apela à necessidade de compilar informação, a uma escala nacional e local, sobre os recursos existentes e as carências em transportes e noutros domínios de carácter público, por forma a começar acções e investimentos mais eficientes. A partir de finais do século XVIII até à década de 40 do século XIX, verifica-se uma necessidade em promover uma rede para ligar as áreas mais importantes e/ou com necessidade de alargar mercados para as produções locais.

Com o Governo de António Bernardo da Costa Cabral (1842-1846), ficaram esclarecidos os contributos que os cidadãos deveriam dar para a construção de estradas, em todos os distritos, nomeadamente através de impostos e trabalho nas obras. Ficaram definidas também, tabelas de preços para as "barreiras" nas estradas e para as "portagens" nas pontes. Durante o Governo de Costa Cabral, encontram-se várias referências às obras públicas no Diário do Governo, sobre contratos para formação de companhias para levar a cabo as obras previstas, bem como a discrição pormenorizada das obras. Costa Cabral refere-se à rede de estradas, considerando que se deveria dar mais ênfase à qualidade do que à quantidade, pois a adequação às necessidades locais bem como os ajustes entre recursos disponíveis e os objectivos passaram a ser considerados de primeira importância, relativamente à construção desenfreada de estradas. Durante o Cabralismo foram desenvolvidas acções que marcaram esse período, não pelo avanço nas obras mas pelo conjunto de discussões e críticas favorecidas pela instabilidade económica, na recuperação da guerra civil de 1832/1834, e por uma fragilidade política do regime liberal, que serviram de base a trabalhos que daí viriam a decorrer. Executou-se também o projecto da estrada de Sintra, iniciado em 1835, e o das pontes do Douro e Sacavém (já mencionado), concluídas em 1843. Em 1844, criou-se a Companhia das Obras Públicas de Portugal, que retomou os trabalhos das "estradas do Minho", que, no entanto, ficaram suspensos em 1845.

Com o decreto de 22 Julho de 1850, primeiro diploma importante sobre a regulamentação e a construção das vias terrestres, divide-se a rede portuguesa em "estradas" e "caminhos". As primeiras eram subdivididas em estradas de 1ª classe (ligavam Lisboa às capitais de distrito e a algumas localidades espanholas de maior importância) e de 2ª classe (estabeleciam a ligação de capitais dos distritos entre si, com outras localidades importantes do reino e com os portos) e as segundas em estradas municipais, que estabeleciam a ligação intra e interconcelhias, e nos caminhos vicinais, onde se incluíam todas as outras estradas. Esta classificação apenas veio alterar as designações anteriormente definidas. Este regulamento estabeleceu as dimensões entre fossos para as estradas de 1ª e 2ª classe, 36 palmos (7,90 metros) e 30 palmos (6,60 metros), respectivamente. A escala métrica só foi adoptada no Ministério das Obras Públicas a partir de 1 de Fevereiro de 1853. O regulamento fixou também a distância entre barreiras (mínimo de duas léguas), a distância entre estas e as cidades e povoações e legislou sobre o uso, construção conservação e disposições administrativas relacionadas com as estradas. Nessa altura, passa a ser introduzido o método Mac-Adam na construção de todas as estradas em Portugal. A designação mais comum para esse tipo de estradas, como já foi mencionado, era de estradas macadamizadas.

Em 30 de Agosto de 1852, à semelhança do que vinha já acontecendo em alguns países, é proposto à Rainha a criação de um ministério para o sector de obras públicas. Foi criado então, por Fontes Pereira de Melo o Ministério das Obras Públicas, Comércio e Indústria e respectivo Concelho de Obras Públicas de carácter consultivo, tornando-se, ele próprio, ministro do mesmo. Deu-se início a um período de vastas intervenções no sector das comunicações terrestres nacionais. Da dependência do lançamento de impostos especiais para a construção de estradas, passou-se para o recurso a grandes empréstimos. Retomou-se a execução das "estradas do Minho", concluiu-se a estrada de Lisboa ao Porto, cujo projecto vinha de 1791, e ergueu-se, com Eiffel, a ponte ferroviária sobre o Douro (1857-1877) e a ponte sobre o Minho, permitindo a comunicação rodoviária com a Galiza. Nessa altura as estradas macadamizadas existentes, que eram cerca de 218 quilómetros (43,6 léguas aproximadamente), passaram para 92 léguas de estradas concluídas e 24 léguas em construção. Construíram-se ainda 17 pontes importantes e havia trabalhos diversos em outras 28. Fontes Pereira de Melo inaugurou, ainda, o caminho-de-ferro (1856) e se antes as vias marítimas faziam sombra às vias terrestres, estas possuíam agora, também, este novo e poderoso concorrente.

Em 1854, é publicado no Diário do Governo, uma das primeiras contagens de tráfego, incluindo passageiros e mercadorias. Com estas contagens foi possível observar um predomínio de tráfego na área envolvente do Porto, nomeadamente em direcção a Braga, Guimarães e Vila Real, tornando-se menos denso no restante território. Até à década de 60, as preocupações relativas à evolução dos transportes terrestres em Portugal são diversas e prendem-se com o financiamento, porque o Governo teve de recorrer a capitais estrangeiros, com a concessão de empreitadas, visto muitas vezes os resultados esperados não terem sido alcançados pelas empresas privadas, e com a instabilidade criada no mercado agrícola, na medida em que os salários praticados na agricultura eram inferiores aos praticados na construção. Com este cenário, obteve-se aquela que viria a ser a base da classificação e estrutura da rede viária (decreto de 15 de Julho de 1862), que estipulava três grandes grupos: estradas reais (de 1ª ordem), distritais (de 2ª ordem) e municipais (de 3ª ordem), e define as características e responsabilidades de construção e manutenção das mesmas, bem como prioridades e prazos para a construção de eixos de comunicação considerados fundamentais. As estradas de 1ª e 2ª ordem passaram a ter a largura entre fossos de 8 e 6 metros, respectivamente, de acordo com as necessidades da circulação. Nessa altura a rede viária continua a apresentar-se como uma malha que se desenvolve essencialmente pelo litoral, com vários eixos interrompidos à excepção das ligações de maior extensão, Lisboa/Porto e Lisboa/Madrid.

Dada prioridade às obras de construção dos principais eixos de ligação, devido à sua importância para o desenvolvimento do país, o caminho-de-ferro e as estradas reais avançam, enquanto as restantes estradas, divido à falta de financiamento e certa descoordenação, ficam esquecidas. Mas em 1865, os membros do Concelho das Obras Públicas reconhecem a importância daquelas estradas, pois a falta de intervenção estava a deixar de lado as necessidades localizadas no território, como a actividade comercial, agrícola e industrial, para as quais as estradas distritais constituem prioridade. O Concelho recomenda então, que todas as sedes de concelho sejam ligadas às estradas reais e distritais. Sendo assim, tornou-se importante elaborar um plano de intervenção que previa o seguimento das obras, tanto nas estradas de 1ª ordem, como nas de serviço local, realçando-se a aplicação de verbas destinadas ao sector. Com a legislação de 1862 e a de 1864, as estradas ficam hierarquizadas e é definida a sua tutela e estabelecem-se também as bases para a realização de uma rede que respondesse às necessidades do país, sendo para isso, solicitada informação a cada distrito sobre as necessidades de

cada um. Foram também fixadas algumas características técnicas, através do Decreto de 31 de Dezembro de 1864, das quais se destacam as seguintes:

- Nas estradas de 1ª e de 2ª ordem, os raios mínimos das curvas eram de 30 metros e os trainéis máximos de 5%; a largura mantinha-se compreendida entre os 8 e os 6 metros, conforme as necessidades fixadas na Lei de 15 de Julho de 1862;

- Nas estradas de 3ª ordem (Caminhos Concelhios e Caminhos Vicinais) a largura mínima seria de 4 metros, os raios mínimos das curvas de 10 metros e os trainéis máximos de 7%;

- As estradas foram divididas em Secções e Cantões, cada qual com o seu cantoneiro, procurando-se ordenar e reduzir ao mínimo o pessoal em serviço.

Finalmente ainda com o Decreto de 31 de Dezembro de 1864 ficou determinado que:

-Nas estradas entre pinhais, matas ou bosques, passava a haver uma faixa de protecção com 10 metros para cada lado e no plantio de árvores os proprietários deviam respeitar o afastamento mínimo de 2 metros da zona definida como estrada;

- A largura mínima entre chapas de trilho das rodas de todos os carros que transitassem nas estradas de 1ª e de 2ª ordem, passava a ser de 7 centímetros, na tentativa de se evitar o aparecimento de rodeiras profundas no empedrado.

Posteriormente, em 1867, é publicado o plano de estradas distritais, conforme indicações dadas pelos responsáveis locais, sendo este adequado às vontades e exigências, o que marca uma diferença fundamental relativamente às intenções anteriores.

Em 1886, a extensão da rede de Estradas Reais construída era de 4694 quilómetros e em construção era de 267 quilómetros. Com o decreto de 21 de Julho de 1887, fica apresentada uma revisão do plano de estradas, ficando divididas em Reais e Distritais pretendendo-se triplicar a extensão das estradas a cargo do Estado e passar a admitir para a sua construção obras de pequena empreitada, passando os custos de construção a ser mais baixos. Como resultado do disposto neste diploma, foi aprovado pela Lei de 21 de Fevereiro de 1889, um Plano Geral de Estradas Reais e Distritais, compreendendo 79 Estradas Reais (entre elas a de Lisboa a Caldas da Rainha e a de Lisboa a Cascais) e 197 Estradas Distritais (entre as quais o troço de Lisboa a Vila Franca de Xira) e o Regulamento de Conservação, Arborização e Polícia.

A década de 90 inicia-se com um período de crise, o que provocou uma viragem na política de gestão da rede. As obras a cargo do Estado passam a dar prioridade às estradas locais, deixando as principais com um andamento mais descuidado, por estar mal definido a qual município pertenciam as referidas obras, originando desinteresse nos esforços para a construção dessas estradas. Nesta altura, devido à configuração da rede de estradas bem como dos caminhos-de-ferro, continua a verificar-se uma maior procura na zona litoral do país, tanto para a consolidação e localização de indústrias como para a fixação de movimentos migratórios de populações.

No final do século XIX, o Governo chefiado por Hintze Ribeiro ordenou a redução das despesas públicas, devido à crise que o país atravessava. Foi então publicado o Decreto de 15 de Dezembro de 1894, que enunciou medidas de carácter legislativo:

- Proibir o início de novos trabalhos enquanto os que decorriam não estivessem concluídos;

- Designar por decreto, no início de cada ano, os lanços pelos quais se iriam distribuir as verbas fixadas no orçamento de Estado destinadas à construção e à grande reparação;

- Proibir a Direcção Geral da Contabilidade Pública de enviar para visto ao Tribunal de Contas, despesas contrárias ao que ficara determinado.

A geometria das estradas adoptada no final do século XIX para a rede de estradas, continuou a ser definida pela legislação dos anos 60. A velocidade de marcha dos veículos de tracção hipomóvel era muito tenta, não obrigando a quaisquer mudanças na geometria e demais características da estrada. A largura das faixas de rodagens era regulada de modo a satisfazer as necessidades de circulação, a fim de permitir o cruzamento de duas viaturas. Era então considerado uma largura de faixa de rodagem que tinha em conta a largura de dois carros, um intervalo de 0,50 centímetros entre eles e um intervalo de 0,25 centímetros entre o bordo extremo da calçada e as rodas exteriores dos dois carros.

2.2.2. Rede de estradas portuguesas no século XX e a motorização

Com a entrada no século XX, verifica-se uma rede de estradas compartimentada incompleta e muito danificada e uma razoável rede de caminhos-de-ferro que mal servia as principais cidades. A debilidade das estradas continuava a ser um problema, pois ainda se verificava nessa altura a ausência de fecho da malha viária e uma baixa densidade nas zonas do interior. Os pavimentos pretendiam apresentar, tanto quanto possível, uma superfície dura e regular e ser constituídos por materiais com grande coesão e resistentes.

Em 1907, foi introduzida uma nova lei (Decreto de 19 de Dezembro de 1907), onde a largura das vias passava a ser menor, os declives passavam a ter uma maior tolerância (7% nas estradas de 1ª e 2ª ordem, podendo atingir 10% quando o terreno o justificasse, mas apenas em troços de extensão não superior a 200 metros), bem como os raios das curvas de concordância poderiam ser menores (estavam limitados a 25 metros). O Quadro 2.1 apresenta as características dos lanços de estrada ainda por iniciar.

Quadro 2.1. – Características das estradas ainda por construir (1907)

Tipo de estrada	Largura da faixa de rodagem (metros)	Largura de bermas (metros)	Largura total (metros)	Espessura do pavimento (metros)	Flecha de convexidade permanente (metros)
1ª e 2ª ordem	3,50	0,75	5,00	0,23	0,02 a)
Municipais ou de 3ª ordem	2,80	0,60	4,00	0,20	1/50 b)

a) Antes do recalque b) Sobre a largura total

A atribuição da responsabilidade para a construção e conservação da rede, em 1913, continua a denotar o esforço de classificação que agora dividia as estradas em nacionais, distritais e municipais. Porém, esta definição não terá vingado, dada a falta de fundamentação e coerência das definições, sendo difícil identificar as características de cada classe. Perpetuando as preocupações evidenciadas

em épocas anteriores, os esforços para a clarificação, não tanto dos princípios orientadores para a definição da rede de estradas, mas da sua responsabilização, prosseguiram pelas três primeiras décadas do século XX.

A Grande Guerra, de 1914-1918, causou um profundo desequilíbrio na sociedade portuguesa. Este período foi caracterizado por um grande intervencionismo estatal na produção, na circulação e no consumo. A sociedade mudou, apareceram os novos-ricos (a nova burguesia) e o automóvel que crescia ao lado da nova riqueza passou a ser considerado um estatuto social. Apesar da qualidade das estradas, era impossível resistir ao avanço dos veículos motorizados.

A 27 de Abril de 1918, a geometria das estradas foi de novo alterada, pois os perfis anteriores apresentavam inconvenientes para o automobilismo e turismo, considerados factores de progresso e desenvolvimento. As estradas de 1ª e de 2ª ordem passaram a ter uma largura de faixa empedrada de 5,00 metros com bermas de 0,80 metros, passando a flecha de concavidade para 1/50. Quanto às estradas Municipais ou de 3ª ordem, passaram a ter 3,50 metros de empedrado com bermas de 0,75 metros, mantendo-se os mesmos valores, apresentados em 1907, para a flecha de concavidade. Outras características técnicas também ficaram definidas nessa altura. Os declives não podiam exceder 5% de inclinação, podendo contudo atingir 7% quando as condições do terreno o justificassem e elevar-se até 10% em extensões não superiores a 200 metros e o limite mínimo para os raios de concordância das curvas foi fixado em 30 metros. Com estes novos perfis transversais, já era possível efectuarem-se cruzamento de veículos automóveis ou de viaturas pesadas de mercadorias, apesar das suas velocidades, o que não acontecia com os perfis anteriores.

A construção e conservação da rede viária, sempre esteve dependente de grandes verbas, sendo por isso muitas vezes necessário recorrerem a empréstimos. No governo de Sidónio Pais em 1918, foi autorizado um empréstimo, pois no país não havia uma única britadeira, os cilindros para a compactação de aterros eram, na grande maioria, de pedra, não havia camiões para o transporte de materiais e existiam apenas dois automóveis para a fiscalização dos trabalhos. Como consequência, o governo ficou autorizado a adquirir, através de verbas destinadas às estradas ou de empréstimos, ferramentas, máquinas, camiões e automóveis.

Em 1920, o estado das estradas era referido como deplorável, sobretudo no litoral, centro e sul onde o calcário utilizado se conservava mal. Este panorama devia-se sobretudo à falta de mão-de-obra e de verbas para promover trabalhos de conservação contínua, bem como reparações variadas. As estradas passaram a ser, cada vez mais, consideradas como uma rede de comunicações competitivas, fáceis, rápidas e cómodas para pessoas e mercadorias e deixaram de ser um complemento da rede de viação acelerada. Nesse mesmo ano, a 17 de Outubro, foi criada a Administração Geral de Estradas e Turismo. A este novo o organismo competia a organização dos processos de classificação de novas estradas e sua marcação, bem como promover o desenvolvimento da rede viária. Era constituído por três Repartições:

- Repartição das Estradas: encarregada de todos os assuntos relativos às estradas;

- Repartição de Turismo;

- Repartição de Expediente Geral e Contabilidade: que constituía um sector de carácter genérico e administrativo.

Segundo o Decreto nº7037, de 17 de Outubro de 1920, este novo organismo devia abandonar a mão-de-obra braçal, substituindo-a por maquinaria moderna e adequada existente já noutros países, abandonado também o tipo de pavimento em uso. No mesmo Decreto estavam também indicados os tipos de pavimento a utilizar nas estradas de grande circulação, como o tarmacadame (onde se incorporava o ligante nos materiais britados antes da aplicação sobre o leito) e o betão armado (pavimento de betão com armadura incorporada), mais resistentes ao desgaste provocado pela circulação automóvel.

A partir dos anos 20 verificou-se um surto pelo automóvel sem precedentes. No ano de 1927 eram mais de 12.000 e tinham ao seu dispor uma rede com mais de 12.000 km de estrada macadamizada, sendo a maior parte intransitável. Mas, no entanto, foi em 1895 que em Portugal se verificou a existência do primeiro automóvel. Adquirido em Paris pelo Conde Jorge de Avilez, era um veículo da marca Panhard et Levassor.

Fig.2.7. – Primeiro automóvel em Portugal (1895)

No princípio do século XX, devido ao rápido desenvolvimento do tráfego motorizado, assistiu-se ao aparecimento de dois organismos dedicados aos assuntos do automóvel e da estrada: O Automóvel Clube de Portugal (ACP) e a Association Internationale Permanente des Congrès de la Route (AIPCR). Ambos os organismos apresentavam intervenções importantes e activas no automobilismo, na viação automóvel, e nos problemas rodoviários relacionados.

Relativamente à regularização da circulação automóvel, a 3 de Outubro de 1901 foi aprovado o primeiro regulamento que permitiu definir os requisitos a que os automóveis deviam obedecer, como também as regras de circulação para a segurança do público e dos próprios veículos. Ficaram também definidos as provas, inspecções, licenciamentos, penalidades e disposições quanto a livretes. No entanto em 1911, foi aprovado um novo regulamento contendo os requisitos essenciais dos automóveis, circunscrições para registo e inspecções, exames dos condutores, licenças, prescrições de segurança da circulação, penalidades e outras disposições. Este tipo de regulamentação, relativa ao trânsito automóvel, foi sofrendo várias alterações ao longo dos anos, como já era de esperar.

Em 1926 a ditadura militar marca o fim da Primeira República e, com ela, inicia-se um movimento regulador e desenvolvimentista que, anos depois (1933), viria a consolidar-se com as políticas do Estado Novo. É neste contexto que, tal como noutros âmbitos da economia nacional, o Decreto

nº13969 de 20 de Julho de 1927, cria a Junta Autónoma das Estradas (JAE), a qual, de imediato, terá apresentado um vasto relatório onde se descreve o estado em que se encontravam a rede de estradas portuguesa. Propõe-se no referido Decreto que as estradas sejam classificadas em nacionais de 1ª e de 2ª classe (o troço de Lisboa a Vila Franca de Xira encontra-se incluído nas estradas de 1ª classe), em estradas municipais e caminhos públicos. As estradas nacionais ficaram sob a responsabilidade do Estado e as restantes dos municípios que dificilmente iriam conhecer melhoramentos, dado que os mesmos não apresentavam recursos para tal. A essa época gloriosa na construção de obras públicas ficará sempre associado o nome do Eng. Duarte Pacheco.

Foi extinta a Administração Geral de Estradas e Turismo, passando os serviços que lhe competiam a constituir uma Direcção Geral de Estradas. A cargo dessa Direcção Geral ficou o serviço de manutenção corrente (conservação, polícia, arborização e reparação), bem como a marcação, sinalização e construção das estradas nacionais e suas obras de arte. À JAE, organismo com autonomia administrativa e contabilidade própria, estava atribuída a construção de pavimentações modernas, a reconstrução das antigas em grandes troços, a reparação e construção das obras de arte mais importantes e o estudo e construção das grandes extensões de estradas que faltavam para concluir a rede do Estado. Em 1929, pelo Decreto nº 16:866 de 22 de Maio, é extinta a Direcção Geral de Estradas, passando a JAE a deter todas as competências.

Em quatro anos de vigência, a par da instabilidade governativa (período durante o qual passaram pela pasta das obras públicas 11 ministros) a JAE procurou fechar ligações interrompidas em vários locais, alargar, reparar e rectificar traçados, por forma a permitir maior conforto, segurança e velocidade, e assegurar as ligações principais a Espanha. Substituíram-se estradas antigas por novas (construção da N6 de Lisboa ao Estoril), desviaram-se estradas de povoações e, gradualmente, foram desaparecendo os empedrados com maus traçados. Construíram-se passagens inferiores ou superiores às vias férreas para eliminar passagens de nível, consideradas zonas muito perigosas, de acidentes e de distúrbios à circulação. Além das ligações internacionais e dos lanços de ligação aos centros mais importantes do país, foi necessário auxiliar os ramais que faziam a ligação às estações de caminhos-de-ferro com extensão até 10 quilómetros. A estrada de Cacilhas até ao Algarve também foi considerada prioritária, bem como a de Braga até Chaves, a marginal do Porto até Viana do Castelo e o troço da estrada de Lisboa a Vila Franca de Xira, pois quase todo o tráfego rodoviário de Lisboa até o Norte do país por aí passava. A JAE insiste então numa política de coordenação de modos e infra-estruturas de transportes, exigindo um aumento de verbas para poder prosseguir com os trabalhos.

Relativamente às passagens de nível, sabe-se, pelo Decreto-Lei nº16734, de 30 de Março de 1929, que foram suprimidas. Essas passagens foram sendo substituídas por passagens desniveladas, inferiores ou superiores, salvo casos especiais. Nesse período a JAE, de entre os trabalhos que efectuou, eliminou 7 passagens de nível: 2 na estrada Porto/Lisboa (na Baleeira), 2 em Alhandra (estrada Lisboa/Santarém), 1 na Amadora (estrada Lisboa/Sintra, que se encontrava em execução), e 2 no Fundão (estrada Castelo Branco/Covilhã, também em execução). Nas novas estradas esse tipo de cruzamento passou a ser substituído por passagens desniveladas, como foi o caso das passagens superiores de Bombel, Vilar Formoso, Mora e Martingança.

A JAE refez os primitivos pavimentos de macadame protegendo-os com betuminoso, recorrendo a maior parte das vezes ao processo de semipenetração (com melhores resultados do que o revestimento superficial betuminoso), à aplicação de cubos e paralelepípedos de granito, calçada à portuguesa e

betão, melhorando, em larga escala, a circulação dos veículos e os pavimentos relativamente à drenagem, aderência e segurança.

Em 1933, o Decreto nº23/239, de 20 de Novembro, apresentou uma reorganização das classificações anteriores, propondo a divisão da rede em estradas nacionais de 1ª e de 2ª classe, estradas municipais e caminhos vicinais, num total de 16900 quilómetros que, basicamente, retoma a classificação de 1928 com os caminhos vicinais a substituir a designação de caminho público, tendo em conta, em qualquer dos casos, a hierarquia administrativa e os principais interfaces de transporte e, consequentemente, a actividade económica, dada a inércia da sua localização nos centros de maior dimensão ou nas suas proximidades. Neste Decreto para as ligações vicinais e municipais de acentuado interesse rural, o Estado compromete-se ainda a cooperar com as câmaras municipais e juntas de freguesia.

Sobre o aumento de tráfego automóvel que se fazia sentir, cabe aqui a referência aos primeiros passos dados pelo transporte colectivo rodoviário de passageiros. Ainda que numa fase muito débil de desenvolvimento da rede de camionagem, produziu-se mais tarde conjuntamente com o aumento da motorização em geral, algum disfuncionamento no sistema. Tudo isto porque não se produziu qualquer reflexão sobre a articulação intermodal, resultando portanto na crescente asfixia do sistema ferroviário, uma vez que também a camionagem começou por servir, e sempre com maior frequência, as áreas de maior procura quase "decalcando" os percursos do comboio.

Os serviços de melhoramentos rurais da JAE, nos anos 30, empenharam-se essencialmente na beneficiação dos caminhos rurais, no embelezamento das estradas, distribuição de sinalética, entre outras tarefas. Nessa altura (1933), criou-se em todas as freguesias rurais, organismos de cooperação social com personalidade jurídica, denominados Casas do Povo, que eram supervisionados pelo Estado. Das actividades destes organismos, relativas apenas à respectiva freguesia rural, evidenciam-se as actividades relativas ao progresso local, como: cooperação nas obras de utilização comum, abertura e conservação de caminhos e outras vias de comunicação, serviços de abastecimentos de águas e higiene pública. Da segunda metade da década de 30 até meados da de 40, a instabilidade económica, política e social, associada à II Guerra Mundial (1939-1945) terá refreado novamente as directrizes definidas no Decreto de 1933, mas não os pequenos trabalhos de embelezamento e segurança nas estradas.

Na década de 30, a necessidade de desenvolver o turismo, fez com que se criassem regulamentos com o intuito de embelezar as estradas tornando-as mais atraentes, promovendo o arranjo paisagístico. Dessas estradas, destacam-se as compreendidas entre Lisboa e as zonas de turismo de Queluz, Sintra, Estoril e Cascais.

No início do Estado Novo, quando entrou em vigor a Constituição de 1933, agravava-se por todo o mundo a crise económica, mas Portugal, devido ao esforço exigido pela ditadura de Salazar, encontrava-se numa posição mais favorável. O governo de Salazar procurou fortificar, despertar e controlar a vida económica. Com ele deu-se um equilíbrio orçamental que teve um duplo efeito na reanimação da economia. Nessa década a expansão da rede rodoviária assume grande importância, com melhorias na rede interna e na rede de ligação às grandes vias de tráfego internacional, proporcionando acessibilidade aos mercados internos e internacionais.

Durante o período da década de 30 e da década de 40, a JAE realizou várias intervenções na rede de estradas portuguesas. Foi autorizada a construção da Estrada Marginal de Lisboa a Cascais, a Auto-

estrada de Ligação (A5, considerada no troço de Lisboa ao Estádio Nacional a primeira auto-estrada a ser construída em Portugal e uma das primeiras a nível mundial) incluindo o grande viaduto sobre o Vale de Alcântara (denominado Viaduto Duarte Pacheco). Foram ainda objecto de intervenção, as estradas consideradas de interesse turístico ou paisagístico, construindo-se ramais que faziam a ligação às Estradas Nacionais, como: o percurso do Vale de Vouga para a Senhora do Castelo, o percurso para o Caramulinho, acesso ao Sítio e Farol da Nazaré e a travessia da Serra da Arrábida pelo Outão e Convento da Arrábida. A JAE também interveio na construção de ramais e troços de ligação a estações ferroviárias, acabando com o isolamento de algumas povoações.

Reconhecido o valor das estradas existentes, nomeadamente por desenvolverem o tráfego de passageiros e mercadorias, permitindo o escoamento dos produtos agrícolas e industriais das regiões antes isoladas, sublinha-se, uma vez mais, o papel das vias de comunicação as quais devem responder às necessidades de deslocação, servindo as áreas de maior procura, mas também que devem ser assumidos como motor da fixação das populações, ao criar oportunidades para o desenvolvimento local. Com esta argumentação, fortemente inspirada nas ideias do Engenheiro Duarte Pacheco, em 1945 é elaborado o primeiro Plano Rodoviário Nacional (PRN), através do Decreto-Lei nº 34593 de 11 de Maio. Ao procurar responder mais e melhor às necessidades das áreas pior servidas, este plano apresenta uma "nova" classificação de estradas na qual passaram para a tutela do Estado cerca de 4000 quilómetros de rede, sob argumento de que a rede existente necessita de uma melhor adequação às características económicas das regiões que serve, bem como de novas ligações fundamentais para o desenvolvimento da economia e para o progresso da sociedade.

A extensão classificada aprovada era de 20597 quilómetros, estando 4167 por construir. Dividiu-se então, a rede nacional em Estradas Nacionais (com três classes), Municipais e Caminhos Públicos (que englobavam os Caminhos Municipais e os Caminhos Vicinais), a cada tipo de estrada estava associada uma velocidade máxima, denominada velocidade-base, que determinava as características técnicas das estradas. O Decreto-Lei acima referido introduziu o conceito de Itinerário Principal para as Estradas Nacionais de 1ª classe as quais, com as de 2ª classe, constituem a Rede Fundamental. Ainda no âmbito das estradas nacionais, as de 3ª classe correspondem às ligações estabelecidas entre os concelhos e que servem regiões ricas, portos estações de caminhos-de-ferro e zonas de turismo. Comparando os objectivos e princípios expressos no plano de 1945 com as formulações anteriores, nota-se o prosseguimento das preocupações sobre a atribuição de responsabilidades na construção e manutenção de estradas, com o aumento do poder do Estado que passa a tutelar uma maior extensão de rede, uma certa generalização das funções de cada classe das estradas e, finalmente, a consolidação de um conceito de rede que parece abandonar progressivamente uma estrutura definida em função das ligações com a capital do país.

Estabeleceram-se novas regras para a identificação das estradas. Para as Estradas Nacionais a demarcação era apresentada por um número a seguir à sigla EN: às estradas de 1ª classe foi atribuída a numeração de 1 a 199, para as estradas de 2ª classe de 201 a 300 e para as estradas de 3ª classe a numeração a partir de 301. Quanto às Estradas Municipais, a sua marcação era feita pela sigla EM seguida e numeração a partir da unidade, enquanto que para os Caminhos Municipais as iniciais eram as letras CM.

No quadro abaixo indicado, estão apresentadas as designações de estradas do ano de 1889 a 1945.

Quadro 2.2. – Classificação e extensão da rede rodoviária de 1889 a 1945

Ano	Designação	Extensão (Km)
1889	Estradas Reais	18 427
	Estradas Distritais	
1913	Estradas Nacionais	16 900
	Estradas Municipais	
	Caminhos Públicos	
1933	Estradas Nacionais	16 900
	Estradas Municipais	
	Caminhos Vicinais	
1945	Estrada Nacional de 1ª Classe	20 597
	Estrada Nacional de 2ª Classe	
	Estrada Nacional de 3ª Classe	
	Estradas Municipais	
	Caminhos Públicos	

Ainda na década de 40, é criado o Laboratório Nacional de Engenharia (LNEC) com o intuito de exercer actividades em múltiplos domínios da engenharia civil e áreas afins e tendo como missão empreender, coordenar e promover a investigação científica e o desenvolvimento tecnológicos necessários ao progresso, à inovação e à boa prática da engenharia civil. Desde a criação do LNEC, em 1946, houve a preocupação de dotar este Laboratório de um sector dedicado às infra-estruturas de transporte. Assim, começou por existir uma Secção de Estradas e Aeródromos (SEA), integrada no Serviço de Estudo de Estruturas, destinada a conduzir acções de investigação que contribuíssem para o progresso dos conhecimentos na área da construção de infra-estruturas rodoviárias e aeroportuárias.

Nos 10 anos que sucederam ao PRN de 1945, os trabalhos da JAE pautaram-se pelos esforços de concretização dos seus propósitos, tendo sido elaborados vários estudos, projectos e processos de adjudicação de obras. No início da década de 50 existia já um vastíssimo conjunto de obras realizadas, principalmente as estradas de ordem superior, bem como projectos prontos para a execução, obras estas que em grande parte foram herdadas do século anterior. De facto, fazendo o balanço sobre a construção de estradas entre 1937 e 1957, constata-se que quase não se aumentou a rede ferroviária, as estradas alcatroadas passaram de 3564 quilómetros a 7495 quilómetros e os transportes automóveis tomaram enorme incremento, assegurando a deslocação das pessoas e a circulação de mercadorias.

Com o Engenheiro Eduardo Arantes de Oliveira na pasta das Obras Públicas, na década de 60, ganham força as iniciativas para o desenvolvimento da rede rodoviária internacional, da qual deveriam fazer parte, não só o eixo Valença/Porto/Lisboa, como aquele que viria a designar-se por Itinerário Principal nº5 (IP5), entre Albergaria-a-Velha e Vilar Formoso, numa altura em que prosseguem as obras da A1 (Auto-estrada Lisboa/Porto, onde o primeiro lanço data de 1940, entre Lisboa e o Estádio Nacional, e o lanço entre Lisboa e Vila Franca de Xira é inaugurado em Maio de 1961). Do início dos anos 60 datam também a construção da Ponte da Arrábida no Porto, e a Ponte Salazar (actual Ponte 25 de Abril) em Lisboa, bem como a inauguração de mais um lanço da A1, agora a norte, entre os Carvalhos e o Porto. Em 1960, o número de quilómetros de auto-estrada em Portugal era apenas 40, situando-se muito abaixo de outros países da Europa. Dos últimos anos da década de 60, até finais da de 70, são

poucas as obras dignas de registo, numa época em que, cada vez mais, se faziam notar os efeitos das migrações para os aglomerados de maior dimensão do litoral com alargamento das periferias urbanas.

Durante o período dominado pela guerra colonial e pela guerra no Médio Oriente (1973/74) emergiu um novo período de recessão económica nacional, mas também mundial e talvez como já terá acontecido noutros períodos da história, deu lugar a reflexões de avaliação sobre o que até aí se fez, dando lugar, nomeadamente, a trabalhos de revisão do PRN então em vigor, bem como à criação de uma comissão de estudo para analisar a construção e concessão das auto-estradas. Entretanto a revolução de Abril de 1974 deu lugar a um novo período de instabilidade governativa e de crise financeira (agora com o FMI pela primeira vez em 1977 e pela segunda em 1982), com todas as consequências económicas e sociais daí decorrentes. Acompanhando uma fase de afirmação dos princípios associados ao 25 de Abril, a maioria das vezes através da contestação e reivindicação, é possível testemunhar este passo da história no âmbito do sistema rodoviário português em que a produção de documentos críticos sobre o estado das estradas nacionais se sobrepôs largamente às obras empreendidas no terreno.

Na segunda metade da década de 70, o Governo presidido por Mário Soares, faria o pedido de integração de Portugal na Comunidade Económica Europeia (CEE), e em 5 de Abril de 1977 o Concelho de Ministros da CEE tomou conhecimento oficial do mesmo. Perante este novo contexto, em Portugal se começava a voltar para o desafio da integração europeia, tornando-se necessário desenvolver estratégias que permitissem a progressiva aproximação à situação económica dos países membros. No que respeita à rede de estradas, também em 1977, a JAE informa que a rede rodoviária nacional encontra-se numa situação de completo desajustamento perante as necessidades de tráfego. Traçados sinuosos e estreitos, com pavimentos em degradação progressiva a atingirem o colapso. Este desajuste terá motivado estudos e vários movimentos de reflexão, os quais resultaram em conceitos que, embora semelhantes a muitos dos que se definiram no passado, dão conta das necessidades actuais, sublinhando por exemplo a importância da definição de estratégias que permitam coordenar a rede nacional, com a regional e local.

Em 1985, criaram-se as condições para a aprovação de um novo Plano Rodoviário Nacional, marcado pelo argumento de que o anterior apresentava uma densidade de estradas nacionais exagerada, comparando com outros países da Europa. O PRN de 1985 (Decreto-Lei nº380/85) retoma o conceito de rede nacional fundamental e complementar, desclassificando cerca de 12000 quilómetros de antigas estradas nacionais que se encontravam, ainda nessa altura, em fase de transição para a tutela dos municípios.

A definição da rede nacional do plano de 1985 obedeceu a critérios de ordem operacional, funcional e de acessibilidade. No primeiro, define-se como limites percursos com extensão superior a 10 quilómetros e com tráfego médio diário anual superior a 2000 veículos, ou de 1000 veículos para as ligações de sede de concelho. No segundo, define-se que a rede nacional deve integrar as ligações entre as sedes de distrito, dessas com centros urbanos e ainda com portos, aeroportos e fronteiras mais importantes. Finalmente estipulou-se que todas as sedes de concelho deveriam ter acesso à rede acima definida. No mesmo plano, a definição de rede nacional obedeceu a outros princípios genéricos de desenvolvimento regional, dos quais se destacam os de assegurar o crescimento económico, diminuir os custos de operação facilitando a competitividade, desbloquear actividades e o desenvolvimento dos centros urbanos e possibilitar o urbanismo menos concentrado e melhoria do meio ambiente. Foi nessa tentativa que entre a administração central (a JAE), a local (as Câmaras Municipais) e a Brisa,

enquanto sociedade anónima concessionária da rede de auto-estradas, se apresentou uma reorganização da rede rodoviária (Quadro 2.3.).

Quadro 2.3. – Classificação das estradas e sua tutela segundo o PRN de 1985

Categoria				Tutela
Estradas Nacionais	Rede Fundamental	IP's	Auto-estradas	JAE/BRISA
			Estradas Expresso e Outras	JAE
	Rede Complementar	IC's	Auto-estradas	JAE/BRISA
			Estradas Expresso e Outras	JAE
		Outras Estradas		JAE
Estradas Secundárias		Estradas a integrar na Rede Municipal		JAE
		Estradas Municipais		CM
		Caminhos Municipais		CM
		Outras Municipais não classificadas		CM

Comparando a estrutura definida em 1985 com a de 1945 (Quadro 2.4.), pode-se verificar que, os traçados do novo plano apresentam muitas semelhanças com os anteriores, podendo parecer, em alguns casos, que a mudança se pautou, exclusivamente, pela alteração dos nomes das estradas. Isto é, admitindo que de um para o outro terá ocorrido uma mudança nas exigências de circulação rodoviária, e que o último terá denotado um esforço de adaptação aos novos problemas, é possível concluir que este terá apenas adaptado as características técnicas dos traçados, prolongando-os eventualmente até às fronteiras e alargando a dimensão e/ou o número das faixas de rodagem, mas mantendo no essencial o traçado dos anteriores.

Quadro 2.4. – Itinerários principais de ligação com o Norte do país, em 1945 e 1985

PRN 1945		PRN 1985	
Estrada	Ligação	Estrada	Ligação
EN14/EN101	Valença/Porto	IP1(A3)	Valença/Porto
EN1	Porto/Lisboa	IP1(A1)	Porto/Lisboa
EN2/EN5	Lisboa/Faro	IP1(A2)	Lisboa/Faro
EN125	Faro/V. R. Stº António	IP1	Faro/V. R. Stº António
EN102	Bragança/Guarda	IP2	Bragança/Faro
EN18/EN2	Guarda/Faro		
EN2	VilaV.da Raia/Figueira da Foz	IP3	VilaV.da Raia/Figueira da Foz
EN15	Porto/Bragança	IP4	Porto/Quintanilha
EN16	Aveiro/Vilar Formoso	IP5	Aveiro/Vilar Formoso

A adesão de Portugal à CEE, e a consequente disponibilidade de fundos para o investimento em infra-estruturas no quadro de apoio ao desenvolvimento regional, terá constituído o motor fundamental para uma nova fase de transformação na sociedade portuguesa e para a expansão da rede de transportes nacional em particular.

Demorou, porém, até que fosse possível observar obra feita no terreno. Vários relatórios da JAE, nos anos que se seguiram à aprovação do PRN de 1985, davam conta das dificuldades financeiras para a sua concretização, bem como da necessidade de cuidar a intervenção, tarefa que deveria contar com a participação de equipas especializadas, nomeadamente na área do ambiente, e também a sensibilização

junto da população, no sentido de reduzir as dificuldades associadas a vários processos, entre eles, os de expropriação. O Gabinete de Estudos e Planeamento do Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações, em 1987, relembra a importância do papel desempenhado por sistemas de transportes bem estruturados e organizados, à escala local, nacional e internacional, no desenvolvimento social, económico e cultural das populações por eles servidas, refere, ainda, os esforços empreendidos no sentido de passar à concretização do PRN de 1985.

Porém, sem ignorar o conjunto da rede, define-se como primeiro objectivo a melhoria da rede de infra-estruturas de "maior interesse" nacional e internacional (nas ligações com a Europa), constituindo prioridade a conclusão da rede de Itinerários Principais e, com urgência, o IP1. Ou seja, pela impossibilidade de avançar com a construção de todos os eixos previstos, mais uma vez, tal como no passado, a prioridade para a construção terá sido dada ao eixo Lisboa/Porto. Relativamente à modernização da Rede Fundamental a primeira prioridade centrou-se na conclusão do IP5 (Aveiro/Vilar Formoso), seguida do IP4 (Porto/Vila Real/Bragança) e finalmente, o IP1.

Em 1989, o Programa Operacional de Desenvolvimento das Acessibilidades (PRODAC), integrado no Primeiro Quadro Comunitário de Apoio, prossegue com este conceito de intervenção, reconhecendo que além de nítidas assimetrias regionais na cobertura do território Continental (densidade da rede superior à média do país no Litoral Norte, Centro e Lisboa e inferior no Interior e Sul) registam-se desajustamentos da estrutura viária às características do tráfego actual.

Com orientações estratégicas enquadradas no Plano de Desenvolvimento Regional 1989/93, cuja política de fundo se pauta pelo esforço de atenuar as desigualdades económicas e sociais entre o litoral e o interior, a primeira com maior concentração demográfica e produtiva, com relevo para as áreas metropolitanas de Lisboa e Porto, bem como da zona do interior, caracterizada em grande parte pela diminuição da ocupação demográfica e pela estagnação da actividade económica, as actuações prioritárias do PRODAC no que respeita à rede rodoviária são claras: para a rede fundamental surge em primeiro lugar a ligação de Portugal com o resto da Europa, seguida pelas ligações Lisboa/Porto (e as suas extensões até às fronteiras de Valença e Vila Real de Santo António) e, depois, por um conjunto de finalidades centradas na construção de infra-estruturas de ligação entre o litoral e o interior do país.

Uma das medidas de grande interesse deste programa refere-se à reabilitação de algumas vias que, não fazendo parte da Rede Nacional definida no plano de 1985, deveriam estar em boas condições para integrar a Rede Municipal. Aliás, apesar de prosseguir com uma política de resposta, por um lado, ao novo enquadramento de Portugal na Europa e, por outro, aos níveis mais elevados de tráfego à escala nacional, este programa revela um esforço de viragem, chamando a atenção para as tendências que se vinham a observar em termos de dinâmicas de actividade e ocupação do território, tratados e assumidos de uma forma clara em propostas de intervenção prioritária nesse âmbito, nomeadamente, ao colocar nos dois primeiros patamares de prioridade a construção do IP5 e do IP4, e não as ligações à capital.

Em finais dos anos 80, Portugal encontrava-se em 12º lugar em termos de extensão de rede de auto-estradas e da sua densidade (em 1988 Portugal apresentava uma rede com 235 quilómetros de comprimento), e em 14º no número de quilómetros por habitante, de um conjunto de 17 países europeus.

Na Lei de Bases do Sistema de Transportes Terrestres (Lei 10/90) o desenvolvimento económico, o bem-estar da população e a protecção do ambiente enformam os seus princípios base. Após a aprovação da lei, o Ministro Ferreira do Amaral, em 24 de Abril de 1990, assume a pasta das Obras Públicas, mantendo-se no cargo até 1996. Discutidas e definidas as ideias fundamentais sobre a rede de transportes rodoviários desejável para o país, e tendo sido libertadas as verbas da União Europeia para a concretização das obras, este período vai corresponder a um franco avanço na realização do PRN de 1985.

Entre 1990 e 1995, foram construídos mais de 800 quilómetros de Itinerários Principais e cerca de 350 quilómetros de Itinerários Complementares. Os financiamentos decorrentes da integração de Portugal na União Europeia, terão criado a oportunidade esperada para realizar um conjunto significativo de obras, baseadas no pressuposto que o desenvolvimento económico e social interno e a redução das assimetrias regionais dependem em muito da estrutura rodoviária existente, tanto mais que é sabido que, em Portugal, 90% dos transportes de pessoas e mercadorias se faz por estradas pelo que se deveria privilegiar a melhoria das ligações entre o litoral e o interior, os acessos às grandes cidades e a integração da estrutura viária da rede transeuropeia.

As formulações das estratégias definidas com o PRN de 1985, posteriormente aperfeiçoadas na procura de uma melhor adequação às dinâmicas territoriais emergentes, revelam uma preocupação conceptual que se assemelha no essencial, em função da evolução de rede rodoviária que se vem observando, às prioridades de construção definidas no passado, que correspondem aos níveis de maior procura (primeiro a ligação Lisboa/Porto, depois à Aldeia Galega em direcção a Madrid, e assim sucessivamente).

Sabe-se que em Dezembro de 1995 encontravam-se abertas ao tráfego 51% das estradas que integravam os IP's e 31% das que constituíam os IC's. Relativamente aos Itinerários Principais, apenas o IP4 e IP5 se encontravam concluídos. Quanto aos Itinerários Complementares encontravam-se concluídos os IC15 (Auto-estrada Lisboa/Cascais), IC18 (CREL), IC19 (Radial de Sintra), IC20 (Via Rápida da Caparica), IC21 (Via Rápida do Barreiro). Relativamente à conservação dos pavimentos, sabe-se que 82% da sua extensão se encontrava num estado relativamente razoável, ou até em alguns troços num bom estado, verificando-se grandes melhorias comparativamente com o passado.

Em 31 de Julho de 1996, é tornada pública a proposta de João Cravinho e de Crisóstomo Teixeira para a revisão do Plano Rodoviário Nacional, mas só em 1998 é que foi aprovado o actual Plano Rodoviário 2000 (PRN 2000), que corresponde a uma adaptação do PRN 1985 incluindo uma reclassificação de vários itinerários, com um aumento da rede fundamental em cerca de 6000 quilómetros. É um documento pragmático que define orientações e objectivos, não prevendo custos e concessões de empreitadas.

É de facto ao nível da classificação que este documento aponta para algumas alterações: recorde-se que o plano de 1985 incluía na Rede Complementar os Itinerários Complementares e "outras estradas", estas últimas a cargo dos municípios, muitos deles sem capacidade para fazer a sua conservação. O Plano Rodoviário Nacional de 2000 propõe a designação de Estradas Nacionais para aquelas, e ainda a categoria de Estradas Regionais.

A definição de Estradas Nacionais obedece, neste plano, aos seguintes critérios:

- Fecho de Malhas Viárias (FEMA), garantindo-se condições de circulação homogéneas nos respectivos percursos;

- Acesso a Sedes de Concelho (ASECO), a construção dos IP's e IC's alterou substancialmente as redes locais pelo que deverá ser garantida a ligação destes às sedes de concelho;

- Estradas alternativas a auto-estradas com portagem (ALTAE), classificando-se estradas que constituem alternativas às AE's com portagem.

Relativamente à Rede Regional, com cerca de 5000 quilómetros de extensão, os critérios comtemplam as áreas de fronteira (Vias de Estruturação da Raia - VER), a melhoria do acesso a unidades territoriais, nomeadamente a ligação entre sedes de concelho (NUTE) e o fecho de malhas viárias (FEMA), por forma a garantir-se condições de circulação mais uniformes.

Assumida como uma rede de estratégia que assegura a ligação entre os principais centros urbanos, apresenta:

- Dois eixos principais: IP1 (Valença/Castro do Marim), IP2 (Bragança /Faro);

- Sete eixos transversais: IP3 (Vila Verde da Raia/Figueira da Foz), IP4 (Porto/Quintanilha), IP5 (Aveiro/Vilar Formoso), IP6 (Peniche/Castelo Branco), IP7 (Lisboa/Caia), IP8 (Sines/Vila Verde do Ficalho), IP9 (Viana do Castelo/Vila Real);

- Trinta e três IC's (acrescentando neste caso mais 10 IC's em relação ao PRN de 1985).

Note-se, por comparação com os PRN's anteriores, a perda de extensão em cada categoria de estradas entre 1945 e 1985, e a recuperação deste último para o de 2000 nas classes de estradas hierarquicamente inferiores (Quadro 2.5.). Ainda no âmbito do PRN 2000, além das exigências para a conclusão da rede fundamental, devem destacar-se algumas intenções de intervenção local, nomeadamente a construção de variantes à travessia dos aglomerados, o investimento na segurança (sinalização de áreas com registos frequentes de acidentes) e a crescente preocupação com o bem-estar dos utentes, por exemplo com a proliferação de áreas de serviço e descanso. Já no que respeita ao conceito global do plano, mantém-se o propósito de, por esta via, acelerar o desenvolvimento económico e corrigir as suas assimetrias regionais.

Quadro 2.5. – Extensão (Km) da rede nacional prevista nos planos de 1945, 1985 e 2000

	Extensão (Km)		
Estrada	PRN 1945	PRN 1985	PRN 2000
IP's	5926	2635	2600
IC's	5658	2439	3016
EN's	9013	4807	5513

Em 1995 dá-se uma nova reestruturação da JAE e em 1997 é criada a JAE – Construções. Dois anos mais tarde, o Decreto-Lei nº237/99 de 25 de Junho extingue a JAE e cria em sua substituição três Institutos Rodoviários: IEP – Instituto de Estradas de Portugal, ICOR – Instituto para a Construção Rodoviária e ICERR – Instituto para a Conservação da Rede Rodoviária. Em 2002 o IEP integra, por fusão, o ICOR e o ICERR, extinguindo-se estes dois últimos. Em 2004 o IEP foi transformado em

entidade pública empresarial, com a denominação de EP – Estradas de Portugal, E.P.E., "conservando a universalidade dos direitos e obrigações legais e contratuais que integram a sua esfera jurídica no momento da transformação". No final do ano de 2007 a EP – Estradas de Portugal, E.P.E. deu lugar à EP – Estradas de Portugal, S.A., através do Decreto-Lei nº374/2007, de 7 de Novembro, ficando dotada de uma estrutura societária mais compreensível pelo mercado financeiro nacional e internacional.

A JAE previa em 1997 que até final do ano de 2000 a rede fundamental poderia estar concluída, bem como cerca de metade dos IC's, tarefa que teria de contar com o investimento privado, dada a insuficiência de verbas do Estado, para o que se propôs a abertura a novas concessionárias (Norte e Oeste, ou ainda através do sistema de Concessão SCUT - Sem Cobrança ao Utente).

Actualmente a rede de IP´s e IC's existente representa apenas 28% da rede nacional prevista no PRN 2000, mas por outro lado a rede em falta apresentará, possivelmente, características geométricas mais relevantes do que as da maioria das estradas existente. Sendo assim, é possível concluir que o património rodoviário a conservar nas próximas décadas será superior em mais de 80%, relativamente ao actual existente, bem como o seu custo que será cada vez maior.

É fundamental prever uma conservação programada de carácter preventivo, para que a rede não atinja um estado de degradação avançada, exigindo enormes investimentos, para os quais o país não poderá fazer face. Assim, trona-se indispensável proceder a uma adequada gestão da rede, que envolva o desenvolvimento de programas optimizados de conservação, bem como a definição de recursos humanos e materiais, a atribuir às entidades encarregues.

2.3. AS PRIMEIRAS AUTO-ESTRADAS EM PORTUGAL E A SUA ESTRATÉGIA

Portugal foi um dos primeiros países do mundo a ter uma auto-estrada, com a inauguração, em 1944, do lanço Lisboa/Estádio Nacional, da que seria a futura auto-estrada Lisboa/Cascais (actual A5). No entanto, apesar de terem sido posteriormente construídos alguns outros troços nas décadas de 1960 e 1970, só no final da década de 80 foi iniciada a construção de auto-estradas em grande escala. Hoje em dia, a rede de auto-estradas portuguesa é bastante desenvolvida e percorre quase todo o território, ligando todo o litoral e as principais cidades do interior. Na Europa, Portugal está entre os países que mais investiram e que têm maior número de quilómetros de auto-estradas por habitante e área.

A rede de auto-estradas prevista no PRN 2000 é constituída por Itinerários Principais e Itinerários Complementares numa extensão de cerca de 3000 quilómetros. Esta rede é formada pelos elementos da rede rodoviária nacional projectados, construídos exclusivamente para o tráfego motorizado e que não servem propriedades limítrofes. Dotada de, pelo menos, duas vias em cada sentido, separadas por elementos físicos, com sinalização adequada e sem cruzamentos de nível, serve, sobretudo, para servir o tráfego entre áreas urbanas ou dentro de uma metrópole (em muito menos extensão).

Para levar a cabo a construção destas estradas o Estado português decidiu construir cerca de 12,5% do total da rede através de investimento público directo, enquanto que para a restante rede (87,5%) decidiu realizar parcerias com o sector privado sob a forma de concessão com vista ao seu financiamento. Porém, estes valores não passaram de uma previsão, pois as auto-estradas foram, quase

na sua totalidade, construídas por concessões. Ao nível da exploração, as concessões realizadas foram de dois tipos:

- Tradicional, com cobrança de portagens;

- SCUT – sem custos para o utilizador.

No caso das auto-estradas existirão troços em que será cobrada portagem e outros em que se utilizará o regime de SCUT como forma de promover o desenvolvimento económico e social de algumas regiões.

Sabe-se que o INIR (Instituto de Infra-Estruturas Rodoviárias) pretende estabelecer diferentes categorias de auto-estradas, classificando-as de acordo com a função que cada uma desempenha na rede viária. Assim sendo, as auto-estradas serão classificadas em quatro tipos:

- Auto-estrada interurbana: estabelece as ligações entre cidades ou entre estas e portos, aeroportos e fronteiras;

- Auto-estradas interurbanas com topografia difícil: com a mesma função que a anterior, mas desenvolvendo-se em zonas onde a topografia cria dificuldades numa extensão superior a 10 quilómetros;

- Auto-estrada suburbana: desenvolve-se em zona exclusivamente periurbana e assegura as ligações das áreas metropolitanas, bem como uma parte do tráfego interurbano;

- Auto-estrada urbana: desenvolve-se em zonas urbanas ou periurbanas, assegurando a difusão do tráfego.

Cada tipo de auto-estrada referido anteriormente deverá apresentar (segundo o INIR) características técnicas distintas bem como elementos básicos distintos, sendo estes: velocidade base, níveis de serviço e velocidade máxima de circulação. Relativamente às características técnicas, é proposto que as auto-estradas interurbanas mantenham as normas em vigor, garantindo níveis elevados de serviço, segurança, tempo de percurso e conforto. Nas restantes auto-estradas, recomenda-se a utilização de parâmetros geométricos menos exigentes, ainda que dentro das normas, diminuindo os níveis de serviço e mantendo a funcionalidade das auto-estradas.

Quadro 2.6. – Velocidade Base, Níveis de Serviço e Velocidade Máxima de Circulação nos diferentes tipos de AE's (proposta do INIR)

Tipo de AE's	Velocidade Base (km/h)	Nível de serviço	Velocidade Máxima de Circulação (km/h)
Auto-estrada interurbana	140	B	120
	120	C	120
Auto-estrada interurbana com topografia difícil	80	C/D	100 (*)
Auto-estrada suburbana	100	C	100
Auto-estrada urbana	80	C/D	80

(*) – A velocidade máxima de circulação é limitada a 80 km/h nos casos em que o raio mínimo em planta seja inferior a 450m

Nesse subcapítulo será apresentado uma breve história de algumas das principais auto-estradas do país, sendo estas: a Auto-Estrada da Costa do Estoril, a Auto-Estrada do Norte, a Auto-Estrada do Sul, a Auto-Estrada do Minho e por último a Auto-Estrada de Trás-os-Montes e Alto Douro.

2.3.1. A PRIMEIRA AUTO-ESTRADA PORTUGUESA – A5 (AUTO-ESTRADA DA COSTA DO ESTORIL)

Em Portugal, no ano de 1940, o Eng. Duarte Pacheco, na altura Ministro das Obras Públicas, mandou construir a primeira auto-estrada de Lisboa a Cascais, com um viaduto no Vale de Alcântara, onde mais tarde viria a ter o seu nome. Esta auto-estrada, denominada Auto-estrada Nº5 (A5) e também conhecida por Auto-Estrada da Costa do Estoril, teve o seu primeiro troço inaugurado em 1944 ficando totalmente concluída em 1991. O seu eixo fundamental liga Lisboa à Costa do Estoril e a Cascais, numa extensão de 25 Km. A Auto-estrada A5 é identificada no Plano Rodoviário Nacional de 2000 como sendo um Itinerário Complementar, sendo também denominada IC15.

Em plena cidade, no sopé da Serra de Monsanto, inicia-se a auto-estrada rumo ao Vale do Jamor, onde encontra o Estádio Nacional e se cruza com a A9 (CREL). À vista dos Parques de Ciência e Tecnologia, a A5 segue por Oeiras, Carcavelos, Estoril e termina junto ao Parque Natural de Sintra-Cascais e a escassos quilómetros da Praia do Guincho.

O troço Lisboa/Estádio Nacional da actual A5, inaugurado em 1944, foi a primeira auto-estrada portuguesa e uma das primeiras do mundo. Essa via era inicialmente denominada Estrada Nacional Nº 7 (EN 7), recebendo a actual denominação, quando as auto-estradas passaram a ter uma numeração separada.

Depois da conclusão do primeiro troço, teriam que passar quase três décadas até ao arranque do prolongamento da auto-estrada. Em 1972, ano de nascimento da Brisa, o contrato de concessão encarregava à concessionária, entre outras, a construção do troço da Nº 7 até Cascais, tendo-se as obras iniciado no ano seguinte. No entanto, o 25 de Abril de 1974 trouxe uma nova orientação nas obras públicas e foi dada primazia à construção da A2 até ao Fogueteiro, tendo as obras ficado suspensas durante anos a fio, entre relatórios que não a consideraram prioritária. Só no final da década de 80, no Governo de Aníbal Cavaco Silva, é que foi decidido dar luz verde à conclusão da A5, tendo as obras ficado concluídas em 1991. Desde então a A5 sofreu sucessivos alargamentos, primeiro entre Lisboa e Carnaxide e depois (já entre 2003 e 2005) no troço entre Carnaxide e Alcabideche.

Fig.2.8 – Construção da primeira auto-estrada portuguesa, A5 (1944-1991)

Também, dada a sua extensão reduzida, à data da sua conclusão, os nós de ligação situados no concelho de Cascais (entre Carcavelos e Cascais) só permitiam entrar para o sentido de Lisboa e, sair do sentido de Cascais. Ou seja, quem entrava num dos nós situados no concelho de Cascais só podia sair entre Oeiras e Lisboa. Isto devia-se ao escasso trânsito que diariamente circulava dentro do concelho de Cascais. Porém, em 1995 foi aberta a ligação do nó de Carcavelos para o sentido de Cascais e, aquando da adjudicação da construção da auto-estrada A16 , em 2006, foi aberta a ligação do nó do Estoril e, com a conclusão da nova auto-estrada, foi aberta a ligação do nó de Alcabideche, onde a mesma se inicia. Apenas o penúltimo nó de ligação, à povoação de Birre, permanece da forma inicial.

2.3.2. AUTO-ESTRADA DO NORTE – A1

A A1, denominada Auto-Estrada do Norte, é a mais importante auto-estrada de Portugal. Esta faz a ligação das duas maiores cidades do país, Lisboa e Porto, marginando também algumas capitais de distrito e zonas industrializadas.

Com uma extensão de 303 km, esta auto-estrada inicia-se em Lisboa, na confluência com a CRIL e a Ponte Vasco da Gama. A partir daí desenvolve-se, durante algumas dezenas de quilómetros, numa malha urbana quase contínua, que engloba, entre outras localidades, Alverca, Vila Franca de Xira e o Carregado. A partir do Carregado a A1 entra numa zona de cariz essencialmente rural, ainda que se desenvolva próximo de sedes de concelho como o Cartaxo e passe mesmo ao lado de Santarém, por poente. Já junto a Torres Novas entronca com a A23, que liga a Castelo Branco e à fronteira espanhola em Vilar Formoso, tratando-se por isso de uma ligação importante e de divergência de

tráfego. Esta interligação coincide com o final do perfil transversal tipo de 2x3 vias existente desde Lisboa, e com o início de uma inclinada subida em plena Serra de Aire e Candeeiros. É neste troço da A1, entre Torres Novas e Fátima, que se podem observar as mais belas paisagens existentes nesta auto-estrada. Daí até Coimbra, a A1 passa junto a Leiria e ao Pombal. Aí, o traçado volta a alargar devido às recentes obras entre Condeixa e o nó sul da cidade. No final desse troço, entronca com a A14 e com o IP3, que ligam, respectivamente, às praias da Figueira da Foz e a Viseu e ao interior norte. Até Aveiro, onde junto a Albergaria-a-Velha intercepta a A25 (que leva a Vilar Formoso e constitui o principal acesso do centro e de parte do norte do país ao resto da Europa), a A1 desenvolve-se na região da Bairrada. A partir de Estarreja, o traçado volta a alargar e a paisagem volta a alterar: entra-se numa zona novamente mais urbana, traços que se vão acentuando cada vez mais até ao fim da auto-estrada, no final do tabuleiro da Ponte da Arrábida, já dentro da cidade do Porto. É concessionada pela Brisa e ao longo do seu trajecto são cobradas portagens.

Faz integralmente parte da Estrada Europeia E01 e parcialmente da Estrada Europeia E80 e é identificada no Plano Rodoviário Nacional 2000 como parte integrante do IP1.

O primeiro troço da Auto-Estrada do Norte, que fazia a ligação entre Sacavém e Vila Franca de Xira, começou a ser estudado em finais de1951. Com a intensificação do tráfego, devido à abertura da Ponte Marechal Carmona, e juntamente com os estudos de previsão, verificou-se que era necessário iniciar imediatamente a sua construção. Esta auto-estrada foi sendo construída, troço a troço, à medida que a evolução do tráfego o justificava.

A obra começou a ser construída, no ano de 1957, na rotunda da Encarnação até ao nó de Vila Franca de Xira, onde se dá a ligação com a Ponte Marechal Carmona. Porém a auto-estrada propriamente dita inicia-se no nó de Sacavém onde se estabelece o acesso às outras estradas nacionais e municipais.

Neste troço foram integradas no traçado algumas obras de arte, como: o Viaduto de Sacavém, o Viaduto de Alhandra e o Viaduto de Vila Franca de Xira. O Viaduto de Sacavém sobre o Rio Trancão foi concluído em 1959, localiza-se entre o km 2+139 e o km 2+468 da A1 e destina-se a atravessar o vale deste Rio. Relativamente ao viaduto de Alhandra, sabe-se que tem um desenvolvimento total de 275,66 metros e a sua construção ficou finalizada em 1961 bem como a construção do Viaduto de Vila Franca de Xira.

Fig. 2.9 – Viaduto de Sacavém sobre o Rio Trancão

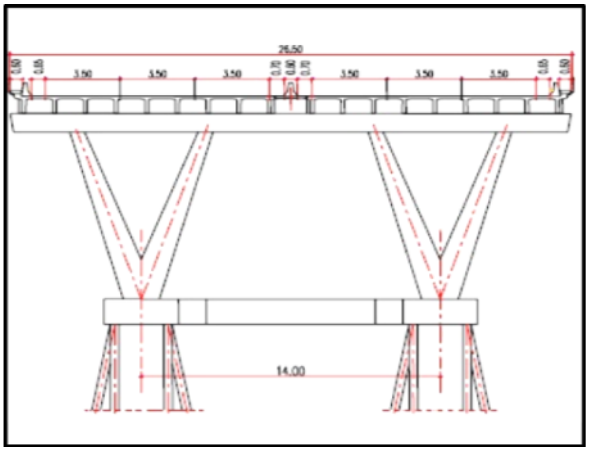


Fig. 2.10 – Perfil transversal do Viaduto de Alhandra

Fig. 2.11 – Viaduto de Vila Franca de Xira em construção (1957-1961)

Este primeiro lanço, entre Lisboa e Vila Franca de Xira, com cerca de 25 quilómetros, foi inaugurado no ano de 1961. Dois anos depois, em 1963, foi a vez de ficar completa a actual extremidade norte da auto-estrada, o troço contínuo entre o Porto e os Carvalhos. Assim sendo, e durante anos a fio, a ligação em auto-estrada entre Lisboa e Porto resumiu-se a dois pequenos troços junto às duas cidades. Essa realidade só começou a ser invertida em 1982, aquando da abertura ao tráfego do troço entre Condeixa e a Mealhada, que retirou o trânsito do centro de Coimbra, por onde passava a EN1. Com Portugal na CEE, os fundos comunitários permitiram acelerar o ritmo de construção até então verificado e, a 13 de Setembro de 1991, trinta anos após ter entrado ao serviço o primeiro troço, eram inaugurados os últimos lanços entre Torres Novas/Leiria e Pombal/Condeixa, onde foi erguido um marco de aço inoxidável com 27 metros de altura, da autoria do arquitecto Charters de Almeida, que simboliza a conclusão da auto-estrada entre Lisboa e o Porto.

Com construção da A1, o trajecto entre aquelas cidades podia ser feito em cerca de duas horas e meia (com excesso de velocidade), tornando-se na verdadeira alternativa à estóica viagem através da Estrada Nacional Nº1, que durava cerca de nove horas ou mais.

Como já é sabido a A1 não foi a primeira auto-estrada do país, na altura em que foi inaugurada já havia um pequeno troço de 8 quilómetros entre Lisboa e o Estádio Nacional, mas o novo empreendimento, feito exclusivamente por portugueses, era naquele ano de 1961 visto como o progresso a correr sobre o asfalto.

Hoje em dia, não existem dúvidas de que esta via constitui uma verdadeira espinha dorsal, estruturante da região mais habitada e economicamente dinâmica do país. É a via mais transitada, com um tráfego médio de 34198 veículos diários (Brisa, 2008) e a mais lucrativa das auto-estradas (representando 41% das receitas da Brisa, em 2008). Para além de que, são óbvias as vantagens na distância/tempo, segurança e, acima de tudo, nos efeitos multiplicadores que com a sua criação, se traduziram em empregos, num turismo crescente e alguma atracção/fixação de população.

2.3.3. AUTO-ESTRADA DO SUL – A2

A Auto-Estrada do Sul (A2), é a segunda maior de Portugal em extensão. Com um comprimento de 240,2 quilómetros, liga Lisboa a Albufeira, atravessando os distritos de Setúbal, Évora, Beja e Faro.

Estabelece a ligação entre Lisboa e o Sul do país, nomeadamente o Algarve, servindo a região do Baixo Alentejo. Contribuiu para atenuar as fracas acessibilidades que esta região possuía ao resto do país, permitindo que a ligação entre a Capital e o Algarve seja efectuada em pouco mais de 2 horas. A A2 tornou-se num eixo estruturante para a própria região, sendo bastante utilizada pela maioria dos condutores que se deslocam do Norte e do Centro para o extremo Sul do país, em virtude da falta de boas estradas no interior alentejano.

Não é, no entanto, de desprezar a sua importância ao nível da região de Lisboa e Vale do Tejo, pelo facto de ser utilizada diariamente por dezenas de milhares de veículos que se deslocam da Margem Sul do Tejo para a capital.

A conclusão desta auto-estrada ocorreu em 2002, 36 anos após a inauguração da então designada Ponte Salazar, com a inauguração do troço de Castro Verde a Paderne, em Albufeira. No entanto, em 1966, já havia sido inaugurado o troço de Lisboa a Almada bem como o troço de Almada ao Fogueteiro (podendo-se chegar dessa forma à sede da JAE).

A A2 tem sofrido diversas alterações, essencialmente relacionadas com a manutenção do respectivo nível de serviço e segurança rodoviária, face ao crescente aumento dos volumes de tráfego desta via, bem como às necessidades de captação de tráfego de outras vias que com ela têm promovido ligações e acessibilidade a nível nacional.

2.3.4. AUTO-ESTRADA DO MINHO – A3

A Auto-Estrada do Minho, também conhecida por A3 é o eixo fundamental de ligação ao norte de Espanha. O seu primeiro troço inaugurado data de 1989 entre o Porto e a Maia, ficando finalizada em 1998 com a abertura ao trânsito do troço entre Ponte de Lima e Valença. A auto-estrada inicia-se na Via de Cintura Interna, em plena cidade do Porto e depois de deixar a A4, a nascente, em Águas Santas, cruza a região fértil de Santo Tirso e Famalicão, aproximando-se da cidade dos Arcebispos. De Braga a A3 segue para a senhorial Ponte de Lima e, aqui inicia uma magnífica travessia da Serra de Arga, rumo ao Vale do Minho, em Valença, onde se encontra com a Galiza.

A A3 é identificada no PRN 2000 como parte integrante do Itinerário Principal, mais propriamente do IP1 e também faz parte da estrada europeia E01,que prossegue até à cidade de Corunha. É explorada pela concessionária Brisa e passa pelos distritos do Porto, Braga e Viana do Castelo.

Concluída em 1998 (troço Ponte de Lima/Valença), é o eixo fundamental de ligação ao norte de Espanha e à Galiza, numa extensão de 112 km.

2.3.5. AUTO-ESTRADA DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO – A4

A Auto-estrada de Trás-os-Montes e Alto Douro, também conhecida por A4, é uma auto-estrada portuguesa que liga actualmente Matosinhos a Amarante. Faz parte integrante do Itinerário Principal nº4 e da Estrada Europeia E82. É actualmente a mais importante ligação ao interior a norte do Rio Douro, estabelecendo ligação entre o Porto e a cidade de Amarante numa extensão de 63 km.

Esta auto-estrada inicia-se em Matosinhos, e prolonga-se por Águas Santas, Ermesinde e Valongo até ao Vale do Sousa. De Paredes ruma a Penafiel e termina nas margens do Rio Tâmega, em Amarante.

A partir dessa cidade, a ligação a Vila Real e Bragança é denominada de IP4. O IP4 não tem perfil de auto-estrada, estando em vez disso construído maioritariamente com um perfil de 2x1 vias. Esta estrada é bastante perigosa, tendo elevadas taxas de sinistralidade rodoviária.

A A4 será prolongada até Vila Real, Bragança e Quintanilha (fronteira com Espanha) estimando-se a conclusão das obras para o ano de 2012. Entre Amarante e Vila Real atravessará a Serra do Marão através de um túnel que terá 5,6 km de extensão e que será a partir da sua construção o maior túnel rodoviário do país.

2.4. EVOLUÇÃO DOS PAVIMENTOS UTILIZADOS PARA A CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS

2.4.1. TIPOS DE PAVIMENTOS UTILIZADOS AO LONGO DOS TEMPOS

Como já foi referido anteriormente, na Idade Média, bem como no início do século XIX, as estradas eram poucas, de terra batida e estreitas, podendo ser ladrilhadas ou calcetadas nos centros urbanos mais importantes.

Em finais da primeira metade do século XIX, passa a ser introduzido o método Mac-Adam na construção de todas as estradas em Portugal. Este método foi desenvolvido pelo engenheiro escocês John Loudon McAdam, por volta de 1820. Processo que recebeu o nome de Macadame, em homenagem ao seu criador e que consistia em assentar três camadas de brita, gradualmente mais pequenas, numa fundação com valas laterais para a drenagem da água da chuva. O tamanho das britas utilizadas na primeira camada era de 3 polegadas (75 milímetros), na segunda era de 2 polegadas (50 milímetros) e na terceira e última camada eram utilizadas britas de 1 polegada (25 milímetros). Os vazios de cada camada eram preenchidos com saibro (este procedimento denominava-se ensaibramento) e cada camada era comprimida por um rolo pesado, fazendo com que as pedras se

encaixassem umas nas outras. Este método necessitava de muito trabalho manual, mas resultava num pavimento forte e drenado denominado de "macadame hidráulico".

Fig.2.12. - Construção de estradas macadamizadas

Na década de 30, em França, o Engenheiro Polanceau sugeriu um novo tipo de revestimento, que ficou no esquecimento e que consistia num pavimento assente em macadame com 1 a 2 centímetros de espessura de alcatrão, mineral ou vegetal, coberto por uma camada de areão ou de areia, garantindo uma mistura compacta, flexível, impermeável e perfeitamente adequada a um rolamento suave. Sabe-se também que este engenheiro francês deixou estudos e sugestões para pavimentos compactos de macadame-cimento, com a utilização de cal hidráulica, de pozolana e de cimento fino.

No início de o século XX, como já foi referido anteriormente, pretendia-se construir pavimentos que apresentassem uma superfície dura e regular, constituídos por materiais com grande coesão e bastante resistentes. Nessa altura, os pavimentos eram então construídos de três formas diferentes:

- Empedrado: que consistia em camadas de pedra miúda britada ou seixo rolado, regularizadas e consolidadas com saibro e compactadas com um cilindro, assentes sobre um leito ou caixa aberta no terreno;

- Calçada: que consistia numa camada de pedras talhadas em formas regulares ou irregulares, assentes à mão, apertadas umas contra as outras e com as juntas preenchidas com areia (pouco usado em estradas ordinárias, mas com bastante uso em estradas de pequena extensão dentro das povoações);

- Madeira, betão e asfalto: de uso exclusivamente urbano.

Os pavimentos eram limitados por bermas, valetas (ou fossos) e pelas banquetas de segurança. As bermas eram constituídas por faixas de terra plana e definiam os limites da faixa de rodagem, suportavam o empedrado ou calçada e evitavam que os materiais que constituíam o pavimento se espalhassem. Apresentavam uma inclinação de 3 a 4 centímetros por metro que servia de guia às águas que escorriam da faixa de rodagem. No entanto serviam de passeio para os peões, facilitavam o cruzamento de viaturas e serviam também de depósito dos materiais de reparação e conservação. Dentro das povoações as bermas apresentavam-se elevadas relativamente à faixa de rodagem, mas fora delas, as bermas ficavam ao mesmo nível.

As valetas delimitavam a plataforma e a sua principal função era a de drenar as águas pluviais para os terrenos adjacentes. Apresentavam uma forma geralmente trapezoidal, com cerca de 50 centímetros de profundidade abaixo da berma, os lados faziam um ângulo de 45º para cima ou, quando existiam taludes apresentavam a inclinação dos mesmos. Quanto às banquetas de segurança, eram de terra, construídas nos troços sobre aterros muito altos, ou quando as estradas eram em terreno acidentado. Constituíam também, guarda-rodas e apresentavam uma secção transversal de pirâmide truncada com cerca de 1,70 metros de base, 50 centímetro de altura no centro e uma face superior de 20 centímetros de largura, inclinando-se em ambos os lados para a base. Podiam ser substituídas por banquetas descontínuas de pedra seca ou argamassa, grades de madeira ou por árvores plantadas muito próximo uma das outras, sobre as bermas ou sobre os taludes. Considerava-se na época, que a arborização contribuía para a riqueza estética da região, bem como para a conservação ordinária das estradas, a nível da manutenção da humidade dos pavimentos e taludes. Esta proporcionava também frescura e sombra.

Em Bruxelas, no ano de 1910, realizou-se o II Congresso Internacional de Estradas, com o objectivo de resolver os problemas decorrentes nas estradas devido à circulação dos veículos com motor. Quanto às fundações, os delegados dos Estados Unidos apresentaram quatro categorias diferentes conforme o modo de as executar, constituindo cada uma delas bases sólidas para a camada de macadame:

- Macadame assente directamente na terra natural;

- Macadame assente em blocos de pedra, mais conhecidas por fundações Telford;

- Betão de cimento com cerca de 20 centímetros, considerada a melhor fundação;

- Materiais diversos, tais como escórias e pedra britada.

Foi nos Estados Unidos, com o aparecimento do trânsito automóvel e para impedir a formação de lamas e de poeira, que se começou a ensaiar revestimentos com betuminoso, à base de hidrocarbonetos, assente sobre gravilha. Desses estudos, verificou-se que o revestimento daria melhores resultados quando misturado com areia siliciosa. Foi também nos Estados Unidos que se desenvolveu o processo das estradas com pavimentos de betão de cimento, onde mais tarde se utilizaram armaduras metálicas agregadas ao betão, reduzindo deste modo os fenómenos de fissuração.

Nos primeiros anos do século XX, começou-se então a aplicar na Europa, como também em Portugal, ligantes com base em hidrocarbonetos, nas estradas de grande circulação. Distinguiram-se então, dois métodos diferentes para a execução dos revestimentos sobre os pavimentos:

- Alcatroamento superficial;

- Recarga, com incorporação do ligante aos materiais antes da aplicação (conhecido por tarmacadame).

O Decreto nº7037, de 17 de Outubro de 1920, indica também um outro tipo de pavimento a utilizar nas estradas de grande circulação, como o pavimento de betão armado, mais resistente ao desgaste.

Relativamente às calçadas, era muitas vezes espalhada uma mistura de cal hidráulica, em pó, misturada com areia, mistura essa que era regada, proporcionando o endurecimento.

Na década de 20, as normas relativas à execução de estradas recomendavam que relativamente à caixa de fundação, esta deveria ter 20 centímetros de altura, a espessura da camada de macadame deveria variar entre os 15 e 20 centímetros para estradas ordinárias e ser de 25 centímetros nas de maior tráfego. Relativamente aos materiais a utilizar, deveriam ser aplicados os granitos, quartzos, grés quartziosos, basaltos e xistos, conforme as regiões do país. Nessas normas encontravam-se também referências aos empedrados, às calçadas e ao tipo de pavimentação das vias urbanas e das vias em pleno campo, onde se empregavam pavimentos de madeira, asfalto, asfalto comprimido, paralelepípedos, mistos empedrado e calçadas.

Para a conservação dos pavimentos empedrados admitiam-se dois sistemas, tais como:

- Reparação parcial;

- Reparação através de cargas completas de pedra britada e cilindrada;

Para as calçadas, os processos de conservação eram:

- Souflage, que trazia para o nível das calçadas as superfícies superiores das pedras que tivessem descido em direcção ao leito;

- Pequenas reparações, reconstituindo parte do pavimento;

- Grandes reparações, reconstituindo o pavimento na sua totalidade, onde se colocavam tanto pedras antigas como novas.

As partes acessórias também eram objecto de reparação. Nas bermas arranjavam-se os esgotos e as depressões, as valetas eram desentupidas e quando necessário regularizavam-se as superfícies dos taludes.

Além do macadame, os pavimentos utilizados a partir de 1926, altura em que surgiu a JAE, conhecidos como pavimentos aperfeiçoados, eram constituídos por betuminoso, paralelepípedos ou cubos, calçada argamassada, e em alguns casos, muito poucos, de betão. Os pavimentos de macadame eram considerados impróprios para o tráfego automóvel, mas no entanto quando constituídos por duas camadas sobrepostas e revestidos superiormente por betuminoso garantiam resultados satisfatórios. Os paralelepípedos e os cubos podiam ser de calcário ou de granito, eram assentes em caixas ou almofada de areia lançada e regularizada sobre o leito.

A partir dos finais da década de 20, começou-se a aplicar nas estradas um revestimento em semipenetração, que consiste em preencher parcialmente ou na totalidade, as juntas ou interstícios existentes entre a brita, que integrava o macadame, com alcatrão, betume ou emulsão betuminosa, misturados com materiais de agregação. E passou a constituir o macadame betuminoso.

O ligante deixou de ser o saibro e passou a ser o betume, ficando o macadame hidráulico apenas na camada de fundação. Também nessa altura começou a ser ensaiado a aplicação de um pavimento betuminoso por penetração, na estrada de Lisboa a Sintra, numa extensão de 18 quilómetros. Os pavimentos revestidos através de penetrações betuminosas, sãos pavimentos executados através de uma ou mais aplicações de material betuminoso e de idêntico número de operações de espalhamento e compressão de camadas de agregados. Este tipo de pavimento apesar de apresentar bons resultados,

tinha um custo excessivo, daí a JAE optar por pavimentos de macadame em duas camadas, uma de macadame e outra de desgaste. Esta camada de desgaste poderia ter ou não um revestimento superficial de betuminoso, consoante se estivesse na presença de troços com grande tráfego ou com um tráfego mais limitado, respectivamente.

Entre 1927 e 1935 foram construídos 3952 quilómetros de extensão de estradas com pavimentos aperfeiçoados, como mostra o Quadro 2.7. abaixo apresentado.

Quadro 2.7. – Extensões de estradas construídas com pavimentos aperfeiçoados entre 1927 e 1935

Pavimentos aperfeiçoados	Extensões construídas (km)
Macadame com revestimento betuminoso superficial	2334
Semipenetração betuminosa	1300
Penetração betuminosa	18
Paralelepípedos ou cubos de granito	277
Betão	23
Total	3952

Os pavimentos com camada de desgaste de cubos e paralelepípedos de granito foram mais utilizados no Norte do país, onde eram feitas as explorações de pedreiras. Este tipo de revestimento era aplicado sobre uma camada de areia com cerca de 10 centímetros de espessura e sobre uma fundação de macadame. Relativamente aos pavimentos de betão, eram aplicados em troços próximos de cimenteiras, ou seja estavam confinados ao litoral do país. Sabe-se que eram apenas utilizados pela JAE, quando a sua aplicação se tornava mais económica, como é o caso do troço entre o Benfica do Ribatejo e Salvaterra de Magos, que para além de se situar perto de uma cimenteira e num local com bons inertes para o fabrico do betão, era um troço que apresentava alto risco de cheias. Sabe-se também que o primeiro troço de auto-estrada construído em Portugal (troço de Lisboa ao Estádio Nacional) foi construído com um pavimento de betão em duas camadas, uma de fundação e outra de desgaste, assentes sobre uma almofada de areia e apresentava juntas de dilatação, transversais e longitudinais.

Na década de 30, eram também utilizados pavimentos de terra, sem mistura de agregado e sem qualquer revestimento superficial. Este tipo de estradas era utilizado desde que os terrenos apresentassem condições adequadas, como boas proporções de saibro e argila e tivessem uma compactação apropriada.

Em França, os betumes e asfaltos utilizados nos revestimentos, no início dos anos 30, eram classificados em 3 famílias:

- Apenas à base de betume (material betuminoso proveniente da destilação do petróleo);

- Com base em betume e asfalto;

- Apenas à base de asfalto (mistura natural constituída por betume de origem petrolífera com propriedades aglutinantes características e material pétreo predominantemente fino).

Por sua vez, dentro de cada família, os revestimentos eram aplicados de 3 formas:

- Películas;

- Fabricados em central, constituindo misturas;

- Fabricados "in situ", constituindo penetração.

Sabe-se também que nessa altura, para evitar os deslizamentos dos pneus, estes tipos de pavimentos eram recobertos com uma camada de gravilha, espalhada com uma espessura de cerca de 1 centímetro, tornando o pavimento impermeável e ao mesmo tempo oferecia uma excelente superfície de rodagem.

No período do final da II Grande Guerra, a falta de materiais para a construção e reparação, principalmente os betuminosos, originou a ruína de alguns troços. Contudo, os materiais betuminosos utilizados, podiam ser de três espécies:

- Betumes;

- Alcatrões (produto betuminoso semi-sólido ou líquido, resultante da pirogenação de materiais orgânicos);

- Emulsões betuminosas (sistema heterogéneo de duas fases, consistindo em dois líquidos imiscíveis, betume e água).

E relativamente aos diferentes pavimentos utilizados nessa época em Portugal, sabe-se que eram aplicados os seguintes tipos:

- Revestimento superficial betuminoso;

- Semipenetração betuminosa;

- Penetração betuminosa;

- Betuminoso por mistura prévia dos materiais;

Os três primeiros tipos de pavimentos, eram muito utilizados na conservação de estradas com pouco movimento, enquanto que os pavimentos betuminosos por mistura prévia dos materiais, constituíam o tipo de pavimentos por excelência. Estes eliminavam por completo o uso de gravilhas e de areias soltas e consequentemente o perigo de derrapagem. No entanto, os paralelepípedos ou cubos de granito ou calcário ocupavam a preferência na pavimentação de estradas, devido à sua durabilidade, possibilidade de reaproveitamento, facilidade de assentamento e ao facto de se despender apenas matérias-primas e mão-de-obra nacionais. Contudo, o seu emprego ficou, pouco a pouco, circunscrito aos locais de produção, onde se obtinham preços acessíveis, desaconselhando-se então outras aplicações. Estavam especialmente indicados para os pequenos troços próximo dos centros urbanos, onde havia tráfego significativo de veículos com aros metálicos. Quanto à opção pela aplicação de pavimentos de betão de cimento, o seu emprego era muito reduzido devido á baixa produção nacional de cimento e para além disso, tronava-se cara a aplicação desse tipo de revestimento.

Estes foram os tipos de pavimentos que durante muitos anos foram sendo construídos ao longo de toda a rede viária nacional.

Nos últimos tempos tem-se assistido a uma maior valorização das características superficiais dos pavimentos, resultando na procura da melhoria do desempenho dos materiais e no aparecimento de novas técnicas. Para além da valorização das características superficiais, o estudo dos solos de fundação também tornou-se muito importante, pois são estes que vão servir de suporte para as estradas.

Os pavimentos dos dias de hoje são estruturas complexas compostas por várias camadas, cada uma com funções bem distintas, colocadas sobre uma plataforma de suporte, como representado na Fig.2.13.

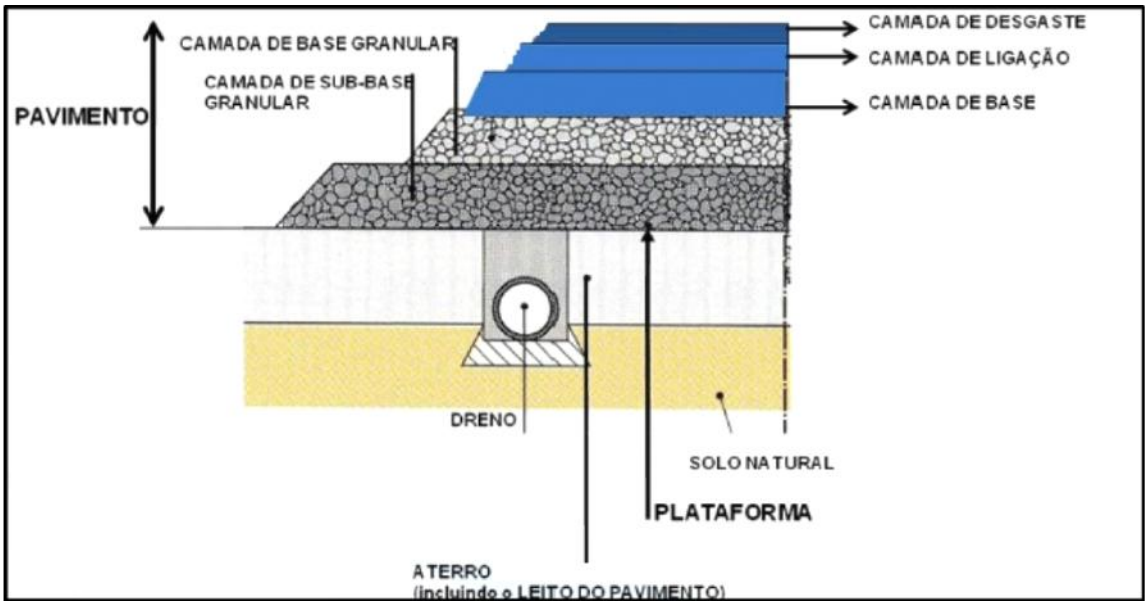


Fig.2.13. – Diagrama esquemático da estrutura de um pavimento rodoviário

Nas camadas de um pavimento distinguem-se, de acordo com as funções que desempenham, a camada superficial, que diz respeito apenas à camada de desgaste e o corpo do pavimento, constituído pelas restantes camadas.

A camada de desgaste tem como funções:

- Garantir adequada circulação do tráfego com conforto e segurança;

- Impermeabilizar o pavimento, evitando a entrada de água nas camadas inferiores e no solo de fundação;

- Distribuir as tensões induzidas pelo tráfego.

Enquanto que o corpo do pavimento é o principal responsável pela capacidade do pavimento em suportar as cargas do tráfego, podendo ser composto por camadas estabilizadas com ligantes (betuminosos ou hidráulicos) e também por camadas granulares.

Essas diferentes camadas estão dispostas, normalmente, com a qualidade e resistência decrescentes, de cima para baixo, com a progressiva redução dos esforços em profundidade. Cada uma delas tem a função de dotar o pavimento de resistência mecânica necessária para suportar as cargas verticais induzidas pelo tráfego bem como suportar a camada sobrejacente.

Quanto à fundação, é normalmente constituída pelo terreno natural. No caso de este não apresentar as características desejadas, sobrepõe-se-lhe uma camada com um solo mais adequado, às vezes tratado com ligante, constituindo assim o chamado leito do pavimento, que faz parte integrante da fundação. Esta é a camada de transição entre o solo de fundação e o corpo do pavimento e tem por objectivo:

- Durante a fase construtiva: proteger o solo de fundação, estabelecer uma adequada qualidade de nivelamento e permitir a passagem dos equipamentos;

- Durante a fase de exploração: tornar homogéneo ou melhorar o comportamento da fundação e, se necessário, proteger da acção do gelo.

É usual considerar-se os seguintes três tipos de pavimentos, utilizados em Portugal, em função dos materiais utilizados na sua composição:

- Pavimentos flexíveis, constituídos por camadas superiores formadas por misturas betuminosas, ou seja, por materiais estabilizados com ligantes hidrocarbonados, geralmente betume asfáltico, seguidas inferiormente de uma ou duas camadas constituídas por material granular;

- Pavimentos rígidos, no qual a camada de desgaste é constituída por um betão de cimento de elevada resistência, ou seja, por material granular estabilizado com ligantes hidráulicos, geralmente o cimento Portland, seguida de uma ou duas camadas inferiores também de material granular estabilizado com ligante hidráulico e/ou apenas constituídas por material granular;

- Pavimentos semi-rígidos, o qual apresenta características comuns aos dois tipos de pavimentos anteriores. Apresenta uma ou duas camadas superiores constituídas por misturas betuminosas, seguidas de uma camada constituída por agregado estabilizado com ligante hidráulico, podendo ainda dispor de uma camada granular na sub-base.

Contudo existe uma diversidade maior de estruturas de pavimentos na rede rodoviária nacional, entre as quais:

- Pavimentos mistos, semelhantes aos semi-rígidos, mas com uma relação de espessura das misturas betuminosas da ordem de metade relativamente à espessura total do pavimento;

- Pavimento inverso, também semelhante ao semi-rígido, mas com uma camada em materiais granular entre as misturas betuminosas e os materiais granulares tratados com ligantes hidráulicos, para evitar a propagação das fissuras originadas pela retracção do betão magro.

Ocorrem, ainda, outros tipos de pavimentos, como é o caso dos pavimentos em cubos, muito utilizados em meios urbanos e em zonas em que se pretende limitar ou definir usos restritos, como por exemplo passadeiras ou passeios. Nestes pavimentos os cubos podem ser de pedra ou de betão de cimento, assentes sobre uma camada constituída por materiais granulares não tratados ou tratados com ligantes hidráulicos ou solo-cimento.

Hoje em dia os pavimentos flexíveis são os mais utilizados, não só em Portugal mas no resto do mundo.

2.4.2. EVOLUÇÃO DOS PROCESSOS DE DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS

O dimensionamento de pavimentos consiste em calcular as espessuras das camadas, bem como especificar as características dos materiais, que constituem essas camadas, por forma a limitar, durante a vida de projecto, a ocorrência de degradações.

O dimensionamento dos pavimentos começou a ser aplicado quando começaram a existir organismos oficiais que administravam os aspectos relacionados com as estradas. Com estes organismos começou-se a instalar a preocupação de observar o comportamento dos pavimentos em condições diversas, como por exemplo quando suportados por diferentes tipos de solo.

Em 1920, nos Estados Unidos da América do Norte, realizou-se o primeiro grande ensaio rodoviário à escala natural, onde foram estudados pavimentos com diversos materiais. Ficou então elaborado um verdadeiro "catálogo de estruturas" que concedia as primeiras indicações das espessuras a utilizar para algumas situações diferenciadas. Os primeiros catálogos tratavam o dimensionamento de forma muito genérica, o que levou ao desenvolvimento de novos métodos mais rigorosos, ainda que bastante baseados em observações de comportamentos, mas contudo procurando caracterizar mais objectivamente, pelo menos, a resistência do solo de fundação.

Um desses métodos foi o CBR, que fornecia a espessura do pavimento em função do índice CBR (California Bearing Ratio) do solo de fundação. Este é um método muito conhecido utilizado até quase aos nossos dias em estradas pouco importantes.

Com a II Grande Guerra deu-se o desenvolvimento de métodos empíricos de dimensionamento, devido ao facto dos aeródromos militares serem, pela primeira vez, solicitados com cargas por roda que excediam as verificadas para as estradas, causando roturas rápidas do pavimento. A tentativa de adoptar os modelos empíricos às novas soluções, levou a que se iniciassem os primeiros estudos de modelos teóricos, baseados, essencialmente, na Teoria da Elasticidade, para o cálculo de tensões e extensões num dado pavimento.

Em 1943, Burmister, deduziu expressões analíticas, baseadas no modelo de Boussinesq (1885), para o cálculo de tensões num meio semi-indefinido, homogéneo e elástico. Estas expressões possibilitavam calcular os assentamentos à superfície de um pavimento, no centro de carga, devido à actuação de forças verticais uniformemente distribuídas sobre um círculo.

Na década de 50 e princípios da de 60, deu-se um grande surto de desenvolvimento económico, bem como um aumento exponencial do tráfego, que conduziram a grandes avanços a nível das técnicas de execução de pavimentos. Nos E.U.A. recorreu-se, sobretudo, a grandes ensaios de pavimentos à escala real e com tráfego real, dos quais se destacam os ensaios WASHO (Western Association of State Highways Officials) e AASHO (American Association of State Highways Officials). Relativamente ao ensaio AASHO, as fórmulas daí resultantes passaram a ser uma forma acabada de dimensionar pavimentos rodoviários. O conceito de espessura equivalente, deduzido deste ensaio, permitia utilizar

as tabelas e ábacos, criadas em 1962 por Jones e Peattie, respectivamente. Essas tabelas e ábacos possibilitavam a determinação de tensões instaladas num sistema constituído por três ou mais camadas.

Ainda nessa altura, em Portugal, foi apresentado por Nascimento, um método simplificado que permitia calcular as tensões nas superfícies de contacto entre camadas e na fundação, a partir do valor do assentamento à superfície, determinado num ensaio de carga com placa.

Em 1977, já se previam métodos de dimensionamento que integravam modelos de comportamento dos materiais e do pavimento no seu conjunto. De entre estes métodos, designados por empírico-mecanicistas, os mais conhecidos eram os métodos; Shell, Nottingham, Asphalt Institute, Manual da AASHO, etc. Estes deram origem a tabelas e a catálogos de aplicação e nos anos 90 a software apropriado.

Nos anos seguintes até aos nossos dias, verificou-se uma evolução dos processos de cálculo já conhecidos e das formas de proceder à avaliação da capacidade de carga e de fazer a sua interpretação.

Em Portugal, o dimensionamento de pavimentos flexíveis é realizado recorrendo a métodos empírico-mecanicistas. Existem, também, alguns procedimentos mais simplificados, ou baseados directamente nesses métodos como se pode constatar no "Manual de Concepção de Pavimentos para a Rede Rodoviária Nacional" (JAE, 1995) ou nos métodos baseados no conceito de "desempenho em serviço", como é o caso do Manual de Dimensionamento da AASHO (AASHO, 1993).

Relativamente aos pavimentos semi-rígidos, para além de se utilizarem métodos de dimensionamento semelhantes aos dos pavimentos flexíveis, são também utilizadas abordagens analíticas, utilizando métodos dos elementos finitos. Por último os pavimentos rígidos são dimensionados utilizando três tipos de abordagem:

- Analítica, onde se utilizam equações para o cálculo de tensões e deflexões em pavimentos rígidos, recorrendo ao método da Portland Cement Association;

- Numérica, onde se utilizam métodos e programas desenvolvidos com base no método dos elementos finitos;

- Probabilística, expressa no manual de dimensionamento da AASHO.

2.4.3. Evolução das características geométricas utilizadas em estradas

As características geométricas das estradas foram sofrendo grandes alterações ao longo dos tempos.

Até finais do século XIX, as características geométricas das estradas mantiveram-se as mesmas durante quatro décadas, sendo determinadas pelas necessidades dos veículos de tracção hipomóvel. Para as estradas de maior importância, os raios mínimos das curvas eram de 30 metros e os trainéis máximos de 5%. As estradas de menor importância podiam apresentar raios mínimos de 10 metros e trainéis máximos de 7%. Relativamente à largura entre fossos das estradas, podiam apresentar valores

entre os 8 e os 5 metros, consoante as estradas fossem de maior ou de menor importância, respectivamente.

No início da primeira década do século XX, foi introduzida uma nova lei (Decreto de 19 de Dezembro de 1907), onde a largura das vias e os raios mínimos passavam a ser menores, e os declives poderiam apresentar uma maior tolerância. No entanto essas características não se adequaram à circulação automóvel, sendo por isso alteradas em 1918, passando a ser adoptadas, as características que já haviam sido utilizadas no século passado, mas nesse caso a largura total entre fossos passava a ser de 6,60 metros, para estradas de maior importância e de 5,00 metros para estradas de menor importância. O valor da largura entre fossos foi novamente alterado em 1931, passando a ser, para as estradas de maior importância de 8 metros (5,40 metros de faixa de rodagem e 1,30 metros para cada berma) e as curvas passaram a apresentar uma sobreelevação, pelo lado exterior, de 6 a 10%. Com o aparecimento do tráfego automóvel, a concordância entre alinhamentos rectos deixou de ser feita apenas com curvas circulares e passaram a ser introduzidas curvas de raio variável, as clotóides, que estabeleciam a transição do arco circular para os alinhamentos rectos.

Em 1933, as estradas sofreram, novamente, algumas alterações a nível das características geométricas. Os raios das curvas não podiam ser inferiores a 300 metros, no caso de terrenos fáceis, mas na presença de zonas montanhosas havia a possibilidade de redução até aos 30 metros. As inclinações máximas dos trainéis eram de 5%, para o caso de zonas medianamente acidentadas, admitindo-se 8 a 10% nas zonas montanhosas. Relativamente à largura da faixa de rodagem, era admitido 3 metros para cada via, devendo cada estrada ter 6 metros de largura caso houvesse duas correntes de tráfego, 9 metros no caso de três, e assim sucessivamente nesta proporção, podendo este valor ser reduzido até 5 metros, no caso de zonas montanhosas.

Após a elaboração do Plano Rodoviário Nacional de 1945, estabeleceram-se normas para as características técnicas de todos os tipos de vias. A cada tipo de estrada ficou associado uma velocidade base (máxima velocidade que pode ser mantida com segurança). A partir dessa velocidade base foram definidas as características geométricas. No Quadro 2.8. estão apresentados os valores das características geométricas das estradas, adoptados em 1945.

Foram ainda considerados outros valores de ordem técnica, como:

- Inclinação transversal destinada ao escoamento das águas pluviais, compreendida entre 1 e 1,25%, conforme a natureza do pavimento e as condições climáticas da região;

- Altura livre de 5 metros acima da faixa de rodagem sob as passagens superiores.

Quadro 2.8. – Características geométricas adoptadas em 1945

		Natureza do terreno	Velocidade base (km/h)	Raios mínimos (m)		Inclinação máxima (%)	Largura da plataforma (m)	Perfil longitudinal		
				Raio de curvatura (m)	Raios cómodos das curvas			Distância mínima de visibilidade (m)	Raio convexo vertical (m)	Raio côncavo vertical (m)
Tipo de Estrada	Itinerário Principal	Fácil	100	170	400					
		Difícil	60	100	150					
		Muito difícil								
	Estradas de 1ª Classe	Fácil	80	110	250	5	9			
		Difícil	60	65	150	6	8	170	2900	400
		Muito difícil								
	Estradas de 2ª Classe	Fácil	70	85	200	6	8			
		Difícil	50	45	100	7	7	130	1700	300
		Muito difícil				8				
	Estradas de 3ª Classe	Fácil	50	50	100	7	7			
		Difícil	40	30	60	8	6	100	1000	300
		Muito difícil				10				

Em 1967, a JAE elaborou novas normas para o projecto do traçado das Estradas Nacionais, com o intuito de adaptar as características geométricas a novas condições, verificadas nessa altura. A velocidade base e as características geométricas do traçado em planta, em perfil longitudinal e em perfil transversal, passaram a ser definidas em função da intensidade média diária (IMD) de tráfego e tendo em atenção as características topográficas do terreno. O terreno podia ser considerado plano (P), ondulado (O) e ainda acidentado (A).

Relativamente ao traçado em planta, a directriz era constituída por uma sucessão de alinhamentos rectos e curvos, sendo estes últimos compostos por um arco de circunferência central e dois arcos de raio variável, arcos de clotóide, que estabeleciam a transição entre dois alinhamentos rectos contíguos.

A sobreelevação passou a ser definida em função dos raios das curvas circulares, independentemente da velocidade base e estava limitada a 8% (Quadro 2.9.). Ficou definido que a sobreelevação deveria manter-se ao longo de toda a curva circular sendo a transição realizada nas clotóides de transição. O mesmo acontece com a sobrelargura, que passou a ser aplicada ao longo de toda a curva circular, na zona de intradorso, com o intuito de garantir a separação, com segurança, entre o cruzamento de veículos, bem como durante uma ultrapassagem. Os valores de sobrelargura foram fixados em função dos raios mínimos e da velocidade base, admitindo que só se utilizavam sobrelarguras nas curvas com raios inferiores a 300 metros, apesar das normas de projecto de 1967 apresentarem valores para valores de raios até 500 metros (Quadro 2.10.).

Quadro 2.9. – Valores de sobreelevação definidos em função dos raios mínimos (1967)

Raios mínimos (m)	Sobreelevação (%)
30 - 100	8
100 - 115	7,5
115 – 135	7
135 – 160	6,5
160 – 200	6
200 – 240	5,5
240 – 310	5
310 – 400	4,5
400 – 530	4
530 – 700	3,5
700 – 980	3
980 – 1450	2,5
>1450	2

Quadro 2.10. – Valores de sobrelargura definidos em função dos raios mínimos e velocidade base (1967)

Raio	Velocidade base (km/h)							
(m)	30	40	50	60	70	80	90	100
30	2,98							
45	2,25	2,40						
60	1,74	1,86						
80	1,35	1,46	1,57					
100	1,11	1,21	1,31					
120	0,94	1,03	1,13	1,22				
150	0,79	0,87	0,95	1,03	1,11			
200	0,61	0,68	0,75	0,82	0,89			
250	0,51	0,57	0,64	0,70	0,76	0,82		
300	0,44	0,50	0,56	0,62	0,67	0,73		
350	0,39	0,44	0,50	0,55	0,60	0,66	0,71	
400	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
500	0,29	0,34	0,38	0,43	0,47	0,52	0,56	0,61

Relativamente ao perfil longitudinal, os trainéis seriam concordados por curvas circulares que permitissem distâncias de visibilidade adequadas e uma circulação cómoda e segura, apresentando para isso, raios suficientemente grandes. As curvas circulares deveriam também apresentar condições de comodidade óptima, verificadas com o estabelecimento de comprimentos mínimos para as concordâncias de trainéis de pequena inclinação relativa.

As características geométricas do perfil transversal ficavam definidas pelas larguras e inclinações dos vários elementos que o constituíam: faixas de rodagem, bermas, separador, valetas, etc. Estes elementos caracterizavam-se em função da intensidade e composição do tráfego, da velocidade base e das características topográficas do terreno.

No Quadro 2.11. estão apresentados os valores das características geométricas das Estradas Nacionais, adoptados em 1967.

Quadro 2.11. – Características geométricas das Estradas Nacionais no ano de 1967

		IMD	Veíc/dia	<250			250-500			500-1000			1000-2000			2000-5000			>5000		
		Tipo de terreno	(a)	P	O	A	P	O	A	P	O	A	P	O	A	P	O	A	P	O	A
		Velocidade Base	km/h	70	50	30	80	60	40	90	70	50	100	80	60	120	100	80	140	120	100
																100	80	60	120	100	80
Planta		Raio Mínimo Normal	m	190	80	30	260	120	45	350	190	80	470	260	120	800	470	260	1200	800	470
																470	260	120	800	470	260
		Raio Cómodo	m	260	120	40	360	180	70	490	260	120	660	360	180	1200	660	360	1800	1200	660
																660	360	180	1200	660	360
Perfil Longitudinal		Inclinação Máxima dos Trainéis	%	6	7	8	5	6	7	4	5	6	3	4	5	3	4	5	3	4	5
	Concord. Convex	Raio Mínimo	m	3000	2000	1000	4000	2500	1500	4500	3000	2000	6000	4000	2500	11000	6000	4000	20000	11000	6000
																6000	4000	2500	11000	6000	4000
		Comprimento Mínimo	m	70	50	30	80	60	40	90	70	50	100	80	60	120	100	80	140	120	100
																100	80	60	120	100	80
	Concord. Côncav	Raio Mínimo	m	1600	1000	1000	2000	1000	1000	2500	1600	1000	3500	2000	1000	5000	3500	2000	7000	5000	3500
																3500	2000	1000	5000	3500	2000
		Comprimento Mínimo	m	70	50	30	80	60	40	90	70	50	100	80	60	120	100	80	140	120	100
																100	80	60	120	100	80
Perfil Transversal		Faixa de Rodagem	m		6			6		7	6	6		7		7,5	7,0	7,0	7,5	7,5	7,0
																7,5	7,0	7,0	7,5	7,5	7,0
		Berma Direita	m	1,5	1,0	0,5	2,0	1,5	1,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	1,5	3,0	3,0	2,5	3,5	3,5	2,5
																3,0	2,5	2,0	3,5	3,0	2,5
		Berma Esquerda	m	1,5	1,0	0,5	2,0	1,5	1,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	1,5	3,0	3,0	2,5	1,0	1,0	1,0
																3,0	2,5	2,0	1,0	1,0	0,5
		Separador Mínimo	m																5	4	2
																			5	4	2
		Largura Mínima de Plataforma	m	9	8	7	10	9	8	12	10	9	13	12	10	13,5	13,0	12,0	29	28	23
																13,5	12,0	11,0	29	27	22
		Valeta	m	1,0	1,0	1,0	1,5	1,0	1,0	1,5	1,0	1,0	1,5	1,5	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
																1,5	1,5	1,0	1,5	1,5	1,5
		Distância de Paragem	m	80	40	20	100	60	30	125	80	40	150	100	60	210	150	100	280	210	150
																150	100	60	210	150	100
		Distância de Visibilidade de Ultrapassagem	m	450	250	150	500	350	200	600	450	250	600	500	350	600	600	500			
																600	500	350			

(a) – Terreno: plano (P), ondulado (O), acidentado (A)

Em Junho de 1992, foi novamente publicado, pela JAE, um novo conjunto de normas do traçado que definem as características geométricas das Estradas Nacionais. Hoje me dia ainda se utilizam estas normas.

Relativamente ao traçado em planta, devem ser considerados um conjunto de factores que contribuem para um traçado seguro, cómodo, económico, e integrado no terreno. Estes factores, que irão condicionar as características geométricas, são: velocidade, características geotécnicas, topografia do terreno, o meio ambiente e os custos. No Quadro 2.12. estão apresentados os parâmetros fundamentais do traçado em planta, implementados no ano de 1992 e que, ainda hoje em dia, são considerados.

Quadro 2.12. – Parâmetros fundamentais do traçado em planta das Estradas Nacionais no ano de 1992

	Parâmetro		Velocidade Base (km/h)										
			40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
Recta	Extensão Mínima	m			360	420	480	540	600	660	720	780	840
	Extensão Máxima	m			1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800
Curva	Raio Mínimo Normal (RN)	m	110	180	250	350	450	550	700	850	1000	1200	1400
	Extensão Mínima das Curvas	m	30	40	50	65	90	115	150	190	250	320	400
	Parâmetro Mínimo da Clotoide	m	30	50	70	90	110	140	170	220	270	330	410
	Raio Mínimo sem Sobreelevação (RS)	m	≥2500							≥5000			

Os alinhamentos rectos passaram a ser limitados, inferiormente e superiormente. É necessário que sejam suficientemente extensos para que haja possibilidade de ultrapassagem, mas no entanto, a sua extensão deverá ser limitada superiormente para que se consigam integrar bem na topografia do terreno, a duração do encadeamento seja diminuída durante a condução nocturna, a condução seja menos monótona e a avaliação das velocidades e das distâncias seja facilitada.

As curvas circulares deverão usufruir de raios com valores elevados e o seu desenvolvimento deve ser tal, que deverá ser percorrido em mais de dois segundos.

As curvas de transição continuam a ser definidas pelas clotóides, mas agora o parâmetro "A" é limitado de acordo com a velocidade base ou em função do raio da curva circular. As curvas de transição poderão ser dispensadas quando as curvas circulares não necessitarem de sobreelevação (curvas com raios suficientemente grandes).

Relativamente ao traçado em perfil longitudinal, deve-se ter em consideração a topografia, o traçado em planta, a distância de visibilidade, a segurança, os custos de construção, a drenagem e a integração no meio ambiente. O Quadro 2.13. apresenta ao parâmetros fundamentais a ter em conta no estudo do perfil longitudinal.

De acordo com as normas de traçado de 1992, passou a ser implementado um valor mínimo para a inclinação dos trainéis, sendo esse valor de 0,5%. Dessa forma, a drenagem das águas superficiais fica assegurada.

Passou também a ser implementado uma extensão crítica para os trainéis, que é definida como sendo a máxima extensão que um trainel pode ter, sem provocar uma excessiva redução da velocidade dos veículos pesados. Quando essa extensão é excedida, o volume horário de projecto é superior a 200 veículos e o volume de veículos pesados é superior e 20 veículos por hora, deve-se considerar uma via especial para os veículos pesados.

Quadro 2.13. – Parâmetros fundamentais do perfil longitudinal das Estradas Nacionais no ano de 1992

Parâmetro		Velocidade Base (km/h)									
		40	50	60	70	80	90	100	110	120	140
Inclinação Máxima	%	8	8	7	7	6	5	5	4,5	4	3
Extensão Critíca	m	120	120	150	150	180	230	230	265	300	420
Raio Mínimo Normal (Concordâncias Convexas)	m	1500	2100	3000	4200	6000	8500	12500	13000	16000	20000
Raio Mínimo (Concordâncias Côncavas)	m	800	1200	1600	2500	3500	4500	5500	6000	7000	8000
Desenvolvimento Mínimo Normal das Curvas de Concordância	m	60		120							140

Relativamente ao perfil transversal, a norma define uma configuração que tem em conta a protecção da natureza e dos terrenos circundantes. Devem ser considerados como partes integrantes do perfil transversal: a faixa de rodagem, as bermas, o separador, valetas e taludes.

A largura das vias é considerada como a principal característica do perfil transversal. As estradas com duas vias devem apresentar uma largura de via de 3,5 metros, no entanto as classificadas como IP's e IC's devem ter vias de 3,75 metros, enquanto que nas "outras estradas" poderão adoptar-se vias com 3,0 metros, desde que a velocidade base seja inferior a 80km/h e o volume horário de projecto inferior a 300 veículos. Nas estradas com 2x2 vias a largura das vias deverá ser de 3,75 e 3,50 metros para velocidades base maiores e menores que 100km/h, respectivamente. As vias adicionais devem apresentar uma largura com menos 0,25 metros da via adjacente, contudo não poderão apresentar valores inferiores a 3,25 metros.

A sobrelargura deixou de ser considerada nas curvas com raio superior a 200 metros e passou a ser calculada pela expressão:

SL=80/R (em que R é o raio da curva)

A inclinação transversal passou a ser, no mínimo, de 2,5% nos pavimentos betuminosos e de 2% nos pavimentos em betão de cimento.

A sobreelevação passou a ser definida de acordo com a velocidade específica (velocidade máxima compatível com as características de cada elemento do traçado, considerado isoladamente) compatível com o raio da curva, apresentando como valor máximo 7% e valor mínimo 2,5%.

A norma de 1992 define também critérios específicos para estradas com duas vias, para estradas com faixas de rodagem unidireccionais e para estradas em terreno difícil.

2.5 EQUIPAMENTOS OUTRORA UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS

A construção de estradas foi, durante muitos anos, precária. Os equipamentos utilizados eram muito poucos e os existentes eram, essencialmente, de construção manual como: pá, picareta, marreta, etc. O cilindro compactador, foi das primeiras máquinas a ser utilizada na construção de estradas. Mais tarde, foram aparecendo outros equipamentos, as niveladoras e moto-niveladoras, as espalhadoras de alcatrão e por último as máquinas de terraplanagens, escavadoras e retroescavadoras.

2.5.1. EQUIPAMENTOS DE ESCAVAÇÃO

Sabe-se que as retroescavadoras, são equipamentos essenciais para quase todo serviço de construção. São veículos multifuncionais que combinam as habilidades de uma escavadora com uma carregadora e são compostos por três partes essenciais de equipamentos de terraplenagem: a carregadora, a retroescavadora e o tractor.

Antes da criação da retroescavadora, empresários de diferentes tipos de mercados sentiam a necessidade de um equipamento que pudesse escavar valas, carregar e executar alguns outros serviços. Assim, começou a surgir o conceito deste equipamento. Primeiro, empreiteiros adaptaram tractores agrícolas com acessórios de carregadora. Muitos revendedores de tractores também tentaram algumas

adaptações: encomendavam implementos, como carregadoras ou componentes de retroescavadora, que vinham em kits e levavam semanas para serem montados, nem sempre com sucesso.

Em 1950, o tractor de esteiras, tinha provado ser uma obra extremamente útil de equipamento. No entanto, isso ainda deixou algumas empresas com dúvidas relativamente à possibilidade de aumentar a sua versatilidade e, assim, alargar a sua comercialização.

Uma empresa de Essex, em Inglaterra, chamada Whitlock Bros, afirma ter construído a primeira retroescavadora do mundo. Esta máquina projectada pelo escocês Robert Ewan, em 1951, tinha o nome de "Dinkum Digger" e estava ligada a um tractor Major Fordson.

Apesar das atribuições feitas a Whitlock Bros, a empresa que recebe a maioria de crédito para a invenção da retroescavadora é JCB, empresa britânica fundada por Joseph Cyril Bamford. Durante uma viagem à Noruega, Bamford viu o potencial num trailer Broyt, tipo retroescavadora e em 1953, construiu a sua primeira retroescavadora.

Fig.2.14. – Primeira retroescavadora JCB (1953)

Em 1957, a JCB lançou a sua primeira e totalmente integrada retroescavadora/carregadora, o modelo Hydra Digga.

Fig.2.15. – Modelo Hydra Digga da retroescavadora JCB (1957)

Por outro lado, em Fevereiro de 1957, engenheiros da Case nos Estados Unidos conseguiram produzir a primeira retroescavadora totalmente integrada em fábrica. A Case 320 foi o primeiro equipamento a sair de fábrica e ser vendido como uma retroescavadora.

Fig.2.16. – Primeira retroescavadora produzida pela empresa Case (1957)

Uma das principais características da retroescavadora é sua capacidade de transporte sem necessidade de reboque. Isso também faz com que seja extremamente útil no local de construção.

A versão de quatro rodas motrizes tornou-se popular na década de 1980, mas muitos veículos ainda estavam disponíveis em 2x4.

Em 1991, a JCB introduziu uma versão 4x4. Ainda assim, um dos avanços mais importantes foi a introdução de um porta-ferramentas nas retroescavadoras, projectadas para usar uma grande variedade de acessórios diferentes, incluindo vários tipos de carregadoras adaptadas para diferentes tipos de serviços.

2.5.2. NIVELADORAS E MOTO-NIVELADORAS

As niveladoras, inicialmente eram puxadas por bois, mulas ou cavalos. Em 1885, J. D. Adams apresentou o "Little Wonder", uma niveladora de pequeno porte, com duas rodas, puxadas por cavalos, com uma lâmina fixada em um ângulo fixo. Era capaz de dobrar as suas rodas de madeira para um lado.

Para acompanhar de perto esse desenvolvimento, todos os outros fabricantes começaram a incorporar o princípio da roda inclinada. Esta evolução levou ao aparecimento do “Road King” em 1896, um modelo de quatro rodas, todo de aço com uma lâmina de oito pés, e com rodas capazes de se inclinarem em qualquer direcção.

Fig.2.17. – Niveladora “Road King” (1896)

No início do século XX, os tractores a vapor, e em seguida, tractores de esteiras, passaram a puxar as niveladoras.

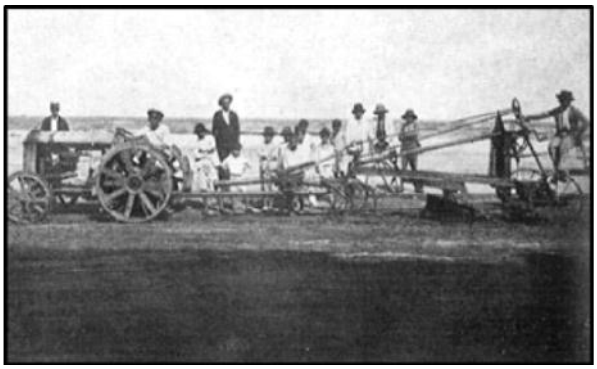


Fig.2.18. – Niveladora puxadas por tractores

A primeira moto-niveladora foi desenvolvida pela Russell Grader Manufacturing Company, em 1919.

Fig.2.19. – Primeira moto-niveladora (1919)

As versões subsequentes foram adaptadas, em tractores, por outros fabricantes, como a Fordson.

Fig.2.20. – Tractor Fordson adaptado para a construção de estradas (1924)

Logo após esta evolução, todos os fabricantes passaram a incluir versões automotoras. A Caterpillar comprou a Russell Grader Manufacturing em 1928 e, como resultado dessa aquisição, entrou no mercado de moto-niveladoras.

Fig.2.21. – Primeiro tractor a Diesel, com niveladora incorporada, apresentado em 1931 pela CATERPILLAR

A indústria das moto-niveladoras causou grande agitação com a apresentação de um modelo articulado: a JD570, da Deere & Company. Este modelo foi apresentado ao mundo em 1967. Os empreiteiros rapidamente perceberam quais as vantagens da nova máquina, que poderia trabalhar de forma mais eficaz em áreas fechadas.

Fig.2.22. – Moto-niveladora articulada da Deere & Company (1967)

Em 1927, as niveladoras utilizadas em Portugal para a construção de estradas eram do tipo "Road King", como consta no Relatório de 1927 – 1931 apresentado pela JAE.

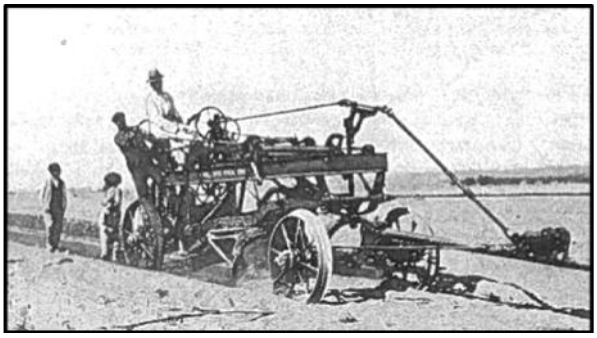


Fig.2.23. – Niveladora utilizada em Portugal para a construção de estradas (1927)

2.5.3. CILINDROS COMPACTADORES

No ano de 1830, em Inglaterra, começou-se a utilizar, para a compactação de estradas, cilindros compactadores. Esta compactação, através de cilindros, foi também iniciada 6 anos mais tarde em França com o engenheiro Morandière. Este concebeu um cilindro de ferro fundido de 3 toneladas, puxado por cavalos. Sabe-se também que em 1834 o Engenheiro Polanceau utilizou um aparelho semelhante, com cerca de 2 metros de largura, feito de madeira revestida com uma chapa de ferro, na construção de novas ruas na cidade de Paris. Neste tipo de cilindro o peso era regulado através do enchimento com materiais duros e pesados. Polanceau inventou também uma máquina para o nivelamento das bermas degradadas.

Os cilindros a vapor vieram aperfeiçoar as operações de compactação. O primeiro apareceu em Bordéus no início de 1859 e pesava cerca de 10 toneladas. Eram mais pesados, mais fáceis de operar, tinham uma grande mobilidade, inclusive nas rampas, davam melhor rendimento e melhores resultados do que os de tracção animal.

Na década de 20, do século XX, em Portugal, os cilindros eram de pedra ou metálicos, manuais ou puxados por animais. Na altura já se falava de cilindros movidos a vapor com o peso de 12 a 16 toneladas. A maquinaria utilizada nos trabalhos, tanto na Europa como nos Estados Unidos, era adequada às novas técnicas e formas de aplicação dos materiais, contudo foi sendo lentamente introduzida em Portugal, que apresentava um parque de máquinas em completa penúria, em 1927 quando apareceu a JAE.

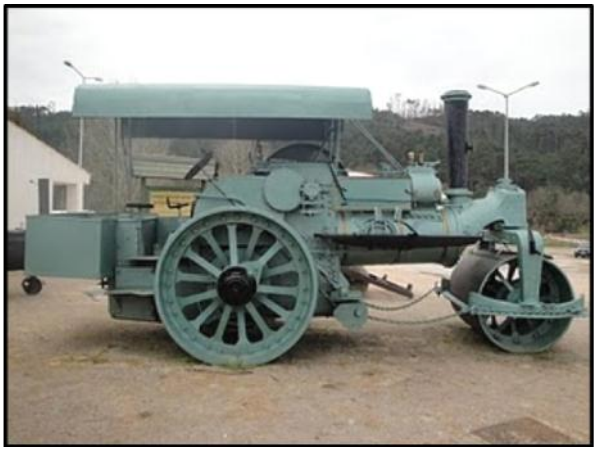


Fig.2.24. – Cilindro a vapor, utilizado em Portugal nos anos 20 do século XX

Na Fig.2.25, está representado um dos tipos de cilindros compactadores, utilizados na construção das estradas portuguesas, até à década de 80. Foi com a entrada de Portugal na Comunidade Europeia que ficou marcado o final de vida útil destas máquinas. Era necessário construir melhores estradas e auto-estradas e o progresso não precisava mais deste tipo de maquinaria.

Fig.2.25. – Cilindro compactador utilizado na construção de estradas até há cerca de 25 anos

2.5.4. CALDEIRAS ESPALHADORAS DE ALCATRÃO

Os primeiros equipamentos utilizados para espalhar o alcatrão eram umas caldeiras que não tinham tracção própria sendo rebocadas por veículos ou até por animais.

O alcatrão, era fornecido em bidões e como é um produto que a baixas temperaturas se encontra em estado de grande viscosidade, é necessário, para a sua aplicação, tornar-se bem fluído, a máquina do alcatrão possuía uma caldeira que funcionava a lenha, onde o produto era aquecido e depois vaporizado através de uma mangueira, manobrada pelo operador, que fazia a distribuição do alcatrão sobre a base da estrada previamente preparada para receber o produto.

Fig.2.26. – Caldeira de alcatrão utilizada em Portugal (1926)

A Fig.2.27 mostra uma caldeira de alcatrão utilizada, em Portugal, até à década de 90 do século passado. Este equipamento, também conhecido pelo nome de "viúva" era utilizado na reabilitação e construção de pavimentos betuminosos.

Fig.2.27. – Caldeira de alcatrão utilizada em Portugal até há década de 90 do século XX

2.5.5. Equipamentos outrora utilizados pela JAE – Relatórios de Actividades

O Relatório de Actividades, elaborado pela JAE, referente ao período entre 1927 e 1931, não explicita que tipos de equipamentos se encontravam em serviço para a construção das estradas em Portugal. Mas, através de uma imagem, que consta nesse relatório, pode-se verificar que as niveladoras utilizadas nessa altura eram do tipo "Road King", como mostra a Fig.2.23 apresentada anteriormente.

No Relatório de Actividades de 1931 a 1935, da JAE, consta a imagem abaixo apresentada, onde se pode observar os tipos de equipamentos que eram utilizados na reparação, por semi-penetração, das estradas portuguesas. Constata-se, ainda, que, nessa altura, os cilindros eram a vapor e puxavam as caldeiras de alcatrão do tipo da apresentada anteriormente na Fig.2.27, onde o betuminoso era espalhado através de uma mangueira manobrada por um operador.

Fig.2.28. – Equipamentos utilizados nas reparações de estradas por semipenetrações betuminosas (1931)

Entre os anos de 1936 a 1941 a JAE adquiriu vários equipamentos como: cilindros de tracção animal e mecânica (de 800kgs até 16 toneladas), caldeiras aquecedoras e espalhadoras de betume, britadeiras, caminheiras, etc. As figuras abaixo apresentadas, mostram alguns exemplos desses equipamentos adquiridos.

Fig.2.29. – Cilindro a motor utilizado em pequenas reparações

Fig.2.30. – Caldeiras espalhadoras de betume utilizadas em pequenas reparações

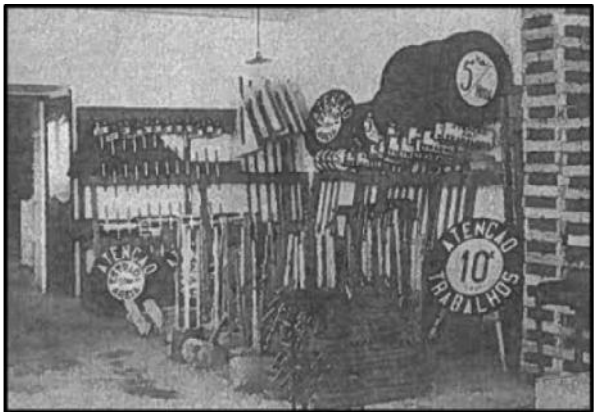


Fig.2.31. – Materiais e ferramentas

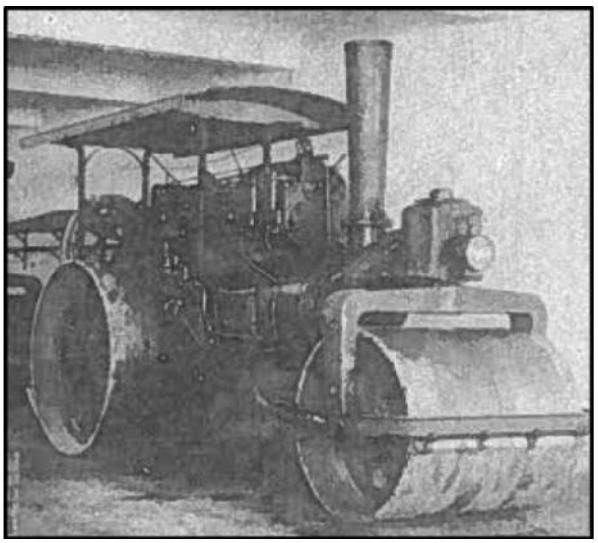


Fig.2.32. – Cilindro a vapor

Entre os anos de 1942 e 1947, são novamente adquiridos alguns equipamentos para a construção e reparação de estradas, como consta do Relatório de Actividades dessa altura.

À JAE foi atribuída uma parte muito importante do material sobrante do aeródromo de Santa Maria, que serviu para a construção de estradas no pós-guerra. As unidades mais importantes adquiridas dessa obra foram: uma instalação completa de asfaltagem, quatro escavadoras, cinco cilindros mecânicos, seis tractores, trinta e um camiões basculantes, scrapers, compressores de ar, angledozers, tanques para água, niveladoras, britadeiras e algumas ferramentas.

A aquisição de Santa Maria foi o primeiro passo, pois a grande aquisição de maquinaria e equipamento de estrada, foi realizada em 1947 nos Estados Unidos da América, onde foram adquiridos os seguintes materiais: 3 angledozers, 3 buldozers, 3 scrapers, 4 tournapulls, 6 betoneiras de 300 litros, 24 camiões basculantes, 16 carros de rega, 10 cilindros de 5-8 toneladas, 20 cilindros de 10 toneladas, 9 cilindros de pés de carneiro duplo, 9 cilindros de pés de carneiro simples, 6 compressores de 105 pés cúbicos, 4 compressores de 210 pés cúbicos, 2 escavadoras com quatro baldes, 4 espalhadoras de betão asfáltico, tractores, vassouras mecânicas, vibradores de betão, etc.

As figuras, abaixo apresentadas, mostram alguns desses equipamentos, que passaram a ser utilizados na construção e reparação das estradas em Portugal nessa altura.

Fig.2.33. – Equipamentos utilizados para transporte de materiais

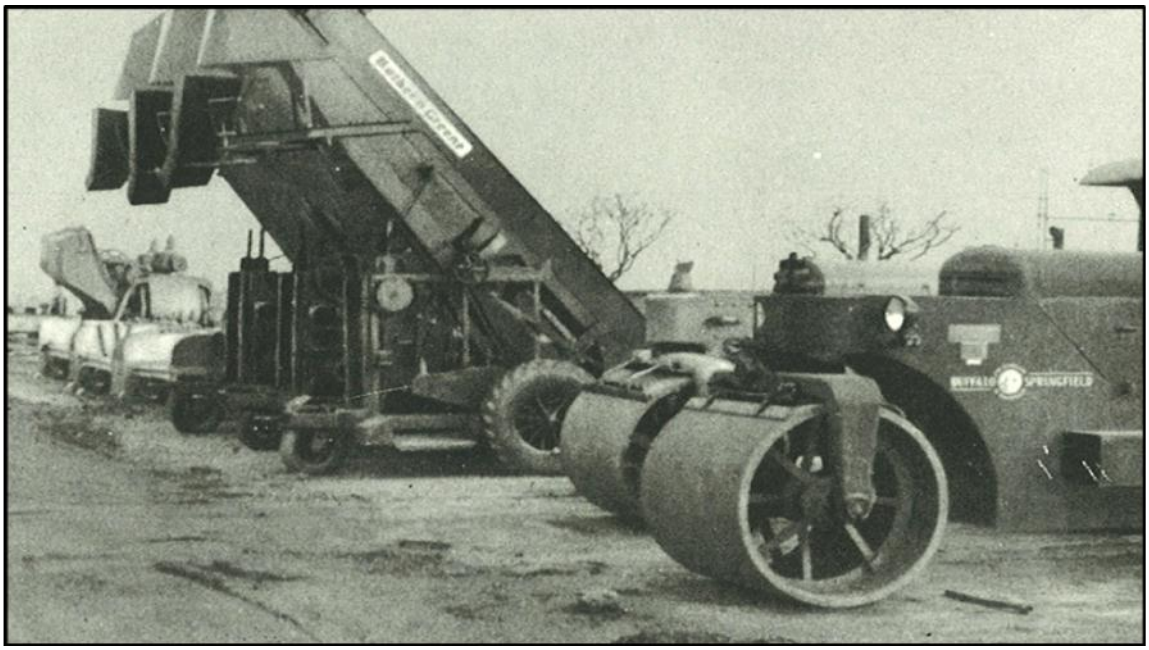


Fig.2.34. – Cilindros mecânicos e britadeiras

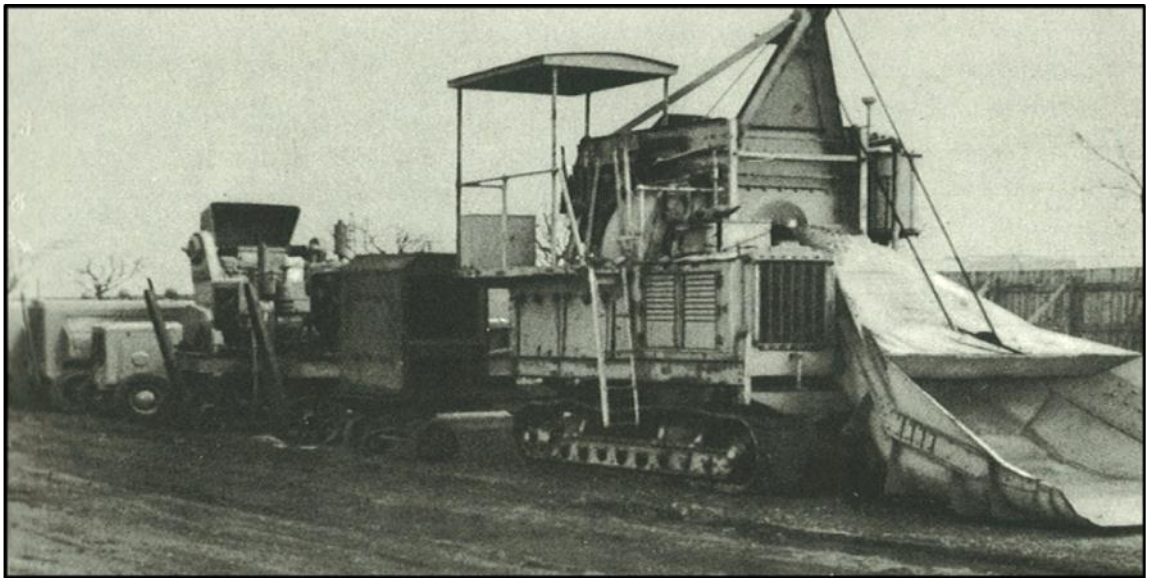


Fig.2.35. – Instalação de asfaltagem

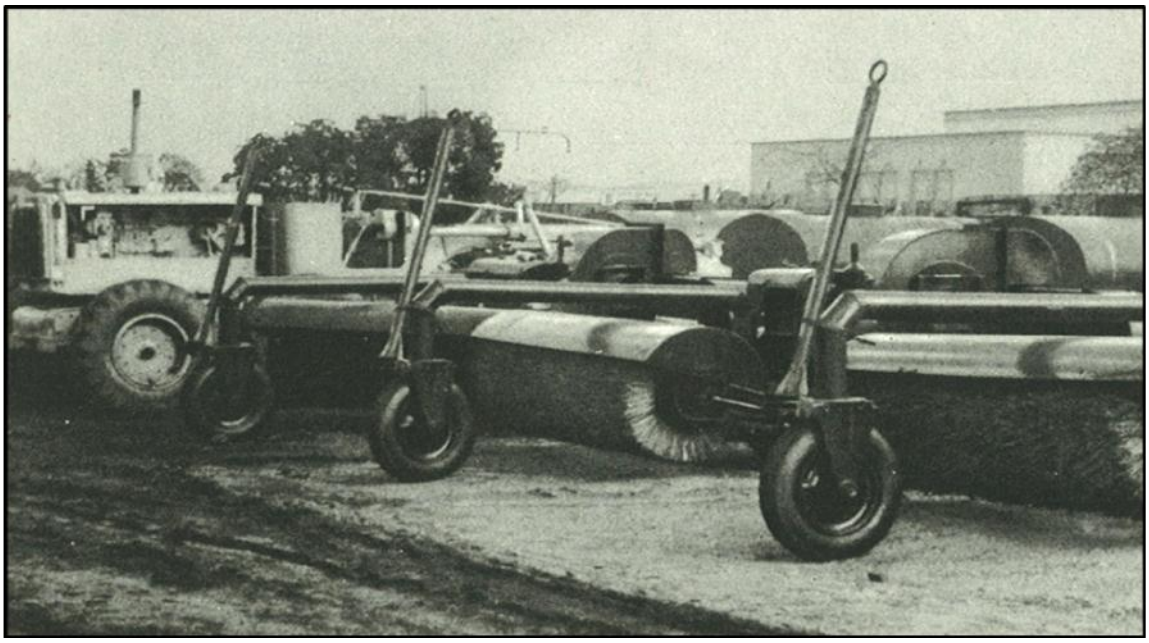


Fig.2.36. – Vassouras mecânicas, tanques para água e tractores

A figura abaixo apresentada, mostra os equipamentos utilizados para pequenas reparações de estradas. Esta figura também consta do mesmo Relatório de Actividades

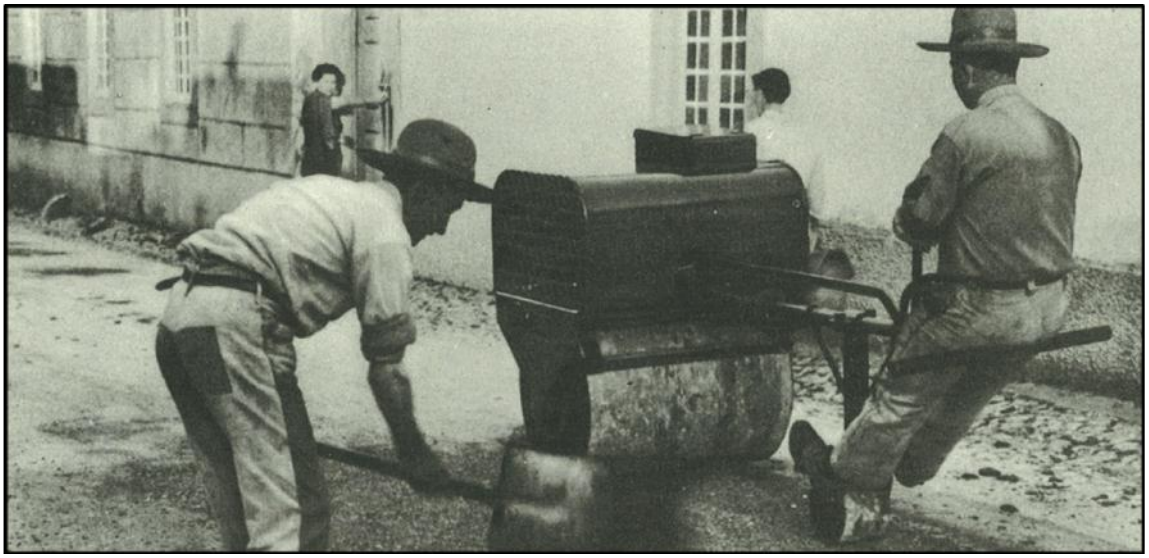


Fig.2.37 – Cilindro vibrador e pá manual utilizados em pequenas reparações de pavimentos

No período compreendido entre os anos de 1948 e 1949, encontravam-se em serviço, nas várias Direcções de Estradas, as seguintes máquinas e viaturas:

- 151 Caminhetas;

- 96 Cilindros;

- 5 Cilindros de 800kg;

- 52 Granuladoras;

- 31 Moto-bomba;

- 4 Semi-reboques;

- 10 Tanques de rega com moto-bomba;

- 41 Ventoinhas;

Na JAE também se encontravam alguns equipamentos, que poderiam ser distribuídos às Direcções sempre que estas necessitassem de apoio:

- 6 Camiões tanque espalhadores de betume;

- 4 Compressores;

- 4 Espalhadores de brita;

- 6 Misturadoras;

- 6 Vassouras mecânicas;

- 3 Vibradores para betão;

Também nessa altura foram adquiridas mais máquinas e viaturas, que foram distribuídas pelas várias Direcções, de acordo com as necessidades de cada uma. Os equipamentos adquiridos foram: 56 caminhetas, 13 cilindros de 10 toneladas e 8 de 5/8 toneladas, 8 granuladoras, 18 moto-bombas, 4 semi-reboques, 10 tanques de rega com moto-bomba e 1 ventoinha para a Direcção de Estradas de Leiria.

Os serviços da JAE obrigam à utilização de grandes números de máquinas dos tipos mais variados, quer pela variação e modernização das formas de trabalho, quer pelo desgaste permanente a que essas máquinas estão submetidas.

No Relatório de Actividades respeitante ao período de 1950 a 1965, refere-se a uma grande aquisição de equipamentos, iniciada em 1962 e completada em 1964, dessa aquisição constam: 5 angledozers, 2 auto-gruas, 19 cilindros de pneus de 15 toneladas, 1 cilindro de pneus de 22 toneladas, 1 cilindro de pneus de 50 toneladas, 10 cilindros vibradores de 4 a 7 toneladas, 19 cilindros vibradores de 2 toneladas, 55 cilindros vibradores de 400kg, 5 cortadores de arbustos, 27 distribuidores de gravilha, 4 fundidores de betume, 1 misturadora aquecedora, 18 misturadoras a frio, 8 misturadoras pequenas com aquecimento, 19 pás mecânicas, 23 placas vibradoras, 18 points-à-temps grandes, 18 points-à-temps pequenos, 18 seleccionadores vibradores, 1 seleccionador blindagem, 22 tractores com atrelado e pá, 22 vassouras mecânicas.

Nos relatórios subsequentes, verifica-se uma contínua aquisição de equipamentos, sendo estes cada vez mais evoluídos e adaptados às necessidades. No entanto, nunca em número suficiente, pois, como já foi referido anteriormente, as estradas durante muitos anos apresentaram-se bastante decadentes.

Em ANEXO, estão apresentados alguns equipamentos, que foram adquiridos a partir de 1927, com o surgimento da JAE. Esses equipamentos, outrora utilizados na construção de estradas, encontram-se agora expostos no Museu da EP – Estradas de Portugal, S.A..

2.5.6. EQUIPAMENTOS E SUA CLASSIFICAÇÃO

Hoje em dia, em Portugal, existe uma vasta gama de equipamentos personalizados que são utilizados na construção de estradas.

Os diferentes tipos de equipamentos utilizados na construção civil podem ser divididos em 19 classes, cada uma delas agrupando equipamentos com afinidades entre si. As classes adoptadas, relativamente a esse tipo de classificação, são as seguintes:

Classe 1 – Águas e esgotos

Classe 2 – Estacas

Classe 3 – Ar comprimido

Classe 4 – Movimento de terras

Classe 5 – Transportes terrestres

Classe 6 – Elevação e manuseamento

Classe 7 – Estradas e pistas

Classe 8 – Preparação de inertes

Classe 9 – Betão

Classe 10 – Energia

Classe 11 – Equipamento ferroviário

Classe 12 – Equipamento de oficina e serralharia

Classe 13 – Equipamento de oficina e carpintaria

Classe 14 – Instalações

Classe 15 – Equipamento topográfico e de medida

Classe 16/17 – Trabalhos fluviais e marítimos

Classe 18 – Fundações especiais

Classe 19 – Assentamento de canalizações

Existem outras classificações normalizadas e mais actualizadas. O livro “Manual de Estaleiros” do LNEC apresenta, também, no Volume 2 uma classificação de equipamentos por classes e especialidades.

Pode considerar-se que para a construção de estradas os equipamentos mais utilizados são os pertencentes às classes: 4; 5; 7; 8; 9; e 15.

Os equipamentos a empregar na execução das terraplenagens devem ser escolhidos em função das características da obra, compreendendo material adaptado às seguintes finalidades:

- Escavação e transporte de terras: escavadoras, tractores, pás carregadoras, escarificadores, camiões, “scrapers” ou “moto-scrapers”, moto-niveladoras, bulldozers, etc.;

- Rega: carros-tanque;

- Mistura de água: pulverizadoras-misturadoras;

- Compactação: cilindros de rasto liso (pedra britada, areias e seixos mecanicamente estáveis), cilindros vibradores (solos arenosos), cilindros de pneus (maioria dos solos com excepção das areias soltas), cilindros de pés-de-carneiro (solos argilosos), sapos, etc.

Relativamente aos equipamentos utilizados na execução dos pavimentos, as figuras abaixo mostram os equipamentos, utilizados hoje em dia, que proporcionam a aplicação e espalhamentos de betão e betuminoso.

Fig.2.38. – Aplicadora e espalhadora de betão

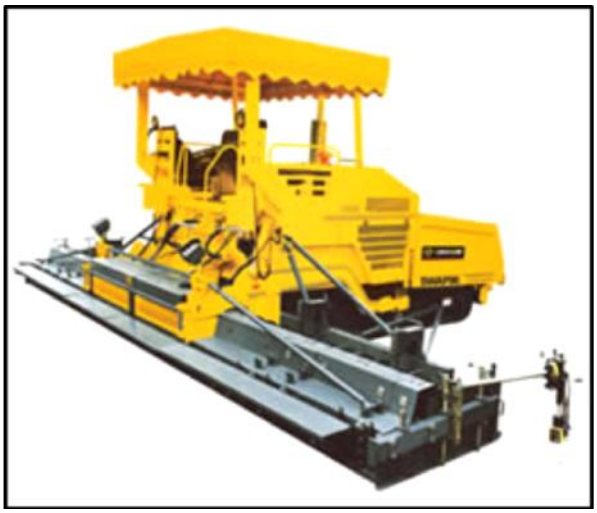


Fig.2.39. – Espalhadora de betuminoso

Fig.2.40. – Pavimentadora de betuminoso

3

INFRA-ESTRUTURAS RODOVIÁRIAS - PONTES

3.1. AS PRIMEIRAS PONTES E SUA ESTRATÉGIA

3.1.1 DA PRÉ-HISTÓRIA À ERA ROMANA

Desde os tempos mais remotos que o homem tem a necessidade de superar obstáculos em busca de alimento ou abrigo. Considera-se então, que as primeiras pontes foram aparecendo naturalmente com a queda de troncos e pedras sobre obstáculos naturais, como rios e vales. Os grandes arcos rochosos existentes em Ardèche em França ou a Ponte Natural na Virgínia nos E.U.A., esta última formada a partir do colapso de uma gruta, são exemplos dessas criações naturais.

Fig.3.41. – Ponte natural na Virgínia nos EUA

Fig.3.42. – Ponte natural em Ardèche na França

Movido pela necessidade de procurar alimentos e abrigos, como forma de sobrevivência e progresso, e sem dispor ainda do conhecimento e de técnicas necessárias à resolução dos problemas estruturalmente complexos que envolvem a construção de pontes, o Homem começa a explorar o seu meio envolvente imitando estas "criações" casuais da Natureza e aproveitando todos os materiais por ela disponibilizados, como a madeira, a pedra e as fibras vegetais.

Assim, as primeiras pontes construídas pelo Homem terão consistido em troncos de árvores cortados e colocados entre as margens de rios e vales, pedras achatadas dispostas de forma, muitas vezes, arbitrária e em cabos de fibras vegetais torcidos e amarrados nas margens, em maciços rochosos naturais, que frequentemente suportavam pequenos troncos de madeira, trabalhados pelo Homem, de forma a dar maior estabilidade à estrutura da ponte.

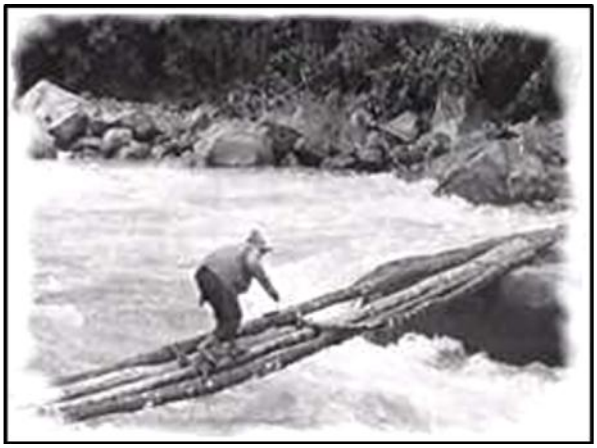


Fig.3.43. – Troncos de árvores colocados sobre os leitos dos rios

São raras as pontes pré-históricas existentes actualmente em todo o mundo. Grande parte destas obras desapareceu ao longo dos anos, não só pela sua fragilidade estrutural, muitas vezes arrastadas pelas correntes dos rios ou consumidas pelo fogo, como também destruídas pelo próprio homem nas suas conquistas ou para no seu lugar reconstruir outras estruturas mais resistentes e duradouras.

No entanto, existem ainda alguns exemplares destas obras pré-históricas espalhados pelo mundo, nomeadamente as chamadas "Clapper Bridges" no sul de Inglaterra ou as chamadas "Poldras", pontes galgáveis em forma de viga, espalhadas pelo nosso país.

Fig.3.44. – Clapper Bridges em Inglaterra

Fig.3.45. – Poldras em Portugal

Em Portugal é ainda possível encontrar um belo exemplar das designadas "Pontes Celtas", em Portos na região de Castro Laboreiro, sendo considerada a única existente em toda a Europa. Esta obra, constituída por quatro pequenos vãos em alvenaria de pedra, tinha como estrutura resistente, um V invertido, em vez do típico arco.

Fig.3.46. – Ponte "Celta" em Castro Laboreiro em Portugal

Com o surgimento da idade do bronze e a predominância da vida sedentária, tornou-se mais importante a construção de estruturas duradouras, nomeadamente, pontes de laje de pedra, sendo que, os primeiros relatos de uma ponte em pedra remontam ao ano de 1050 a.C., na China.

As primeiras estruturas em arco terão inicialmente surgido na Mesopotâmia e no Egipto há cerca de 4000 anos. No entanto, a técnica de construção em arco aplicada às pontes aparece mais tarde. Provavelmente, a mais antiga ponte em arco de pedra com um só vão, chegada aos nossos dias, encontra-se sobre o Rio Meles em Esmirna na Turquia, e está datada do séc. IX a.C.

No entanto, terão sido os Sumérios na Mesopotâmia e os Egípcios, os primeiros povos a construir pontes de acordo com o conhecimento actual. Eles desenvolveram métodos construtivos estruturais em forma de arco e abóbada a partir do seu conhecimento das técnicas de utilização de adobe, técnicas essas, que se aplicavam regularmente na construção dos seus edifícios e templos.

Deste invento beneficiaram, não só os Persas e os Gregos, como também os Chineses que se debatiam constantemente com a necessidade de repararem as suas pontes, maioritariamente construídas em madeira.

Assim, na China, é durante a Dinastia Tang (618-907) que surgem as primeiras pontes em arco e os primeiros registos sobre o seu desenvolvimento. É, no entanto, durante a Dinastia Sui (518-619) que é construída a mais famosa e antiga, ainda existente, ponte em arco com um único vão, a Ponte de Zhaozhou construída entre os anos de 595 e 605 d.C. Com mais de 1400 anos de existência, a sua construção é atribuída a Li Chun e está implantada na província de Heibei, no norte do país. Com 37 metros de vão e 64,4 metros de comprimento, esta ponte foi a primeira no mundo a utilizar como vão central um grande arco entre dois pequenos arcos laterais, permitindo assim que esta se ajustasse aos solos plásticos existentes na zona.

Fig.3.47. – Ponte Zhaozhou na China

As civilizações primitivas já usavam uma grande variedade de sistemas estruturais, sendo a própria Natureza o grande suporte e impulsionadora de três dos grandes sistemas estruturais actualmente conhecidos e amplamente utilizados: a viga, o arco e a suspensão.

Estes são a origem de uma imensa variedade de combinações feitas pelos engenheiros de pontes ao longo dos anos, para criarem novas estruturas compostas dependendo da natureza da ponte, do vão a vencer, dos materiais existentes e do tipo de carregamento expectável.

Materializada inicialmente pelos troncos de árvores e pelas pedras achatadas usadas como lintéis, é a viga simplesmente apoiada nas suas extremidades, o principal sistema estrutural que deu origem a muitos outros, sendo ainda nos dias de hoje um dos sistemas estruturais mais usados na construção de pontes. No entanto o sistema estrutural de viga em pedra estava bastante limitado, não só pelo elevado peso dos elementos, como também pela diminuta resistência da pedra a esforços de tracção e flexão.

Como forma de superar estas dificuldades, os povos da Antiguidade desenvolveram sistemas estruturais baseados na falsa cúpula e no falso arco, e mais tarde, no arco de volta perfeita. Estes arcos e consolas podiam ser construídos com recurso a elementos mais pequenos de material, agarrados por cordas ou pela força de compressão do seu peso próprio (efeito de arco). Com estas técnicas podiam-se construir pontes de maior vão sem necessidade de elementos únicos para a sua construção.

Como referido anteriormente, foram os Sumérios na Mesopotâmia e os Egípcios, os primeiros povos a construírem estruturas em arco usando inicialmente arcos de pedra em "consola" nos cofres dos seus túmulos. Tratava-se de uma solução intermédia entre a viga simplesmente apoiada e o arco. Inicialmente, estes povos usavam os tijolos de barro simplesmente secos ao sol ou cozidos, justapostos e sobrepostos sem argamassa. No entanto, os egípcios, nas suas construções mais importantes, como sejam as pirâmides, já usavam a pedra, material que apresenta em geral mais durabilidade que o tijolo.

Já os gregos, que tanto usufruíram dos conhecimentos adquiridos pelos egípcios e sumérios, usavam frequentemente a pedra na construção dos seus edifícios e templos. Estes blocos de pedra eram trabalhados com bastante precisão e posteriormente eram justapostos e sobrepostos, também eles, sem o recurso a argamassa de assentamento, a maioria das vezes, apesar do seu já conhecimento da cal que combinada com a pedra de Santorim lhe conferia características de ligante hidráulico.

3.1.2 Era Romana

O desenvolvimento da arte romana começou a partir do século II a.C., tendo por base as culturas etrusca e grega. Assim, uma das primeiras pontes romanas terá sido construída sobre o Rio Tibre no ano de 621 a.C., tendo sido chamada de Pons Sublicius – "Ponte de Estacas".

Fig.3.48. – Pons Sublicius segundo Luigi Canina

No entanto, é apenas no século III a.C. que os romanos se começam a dedicar à construção de pontes em arco, importando a tecnologia dos etruscos. Exemplos da sua magnífica capacidade de construção são algumas pontes que perduraram até aos nossos dias, como por exemplo, a Ponte de Alcântara sobre o Rio Tejo na zona de Cáceres (Espanha) perto da fronteira com Portugal, totalmente construída sem o recurso a argamassa de assentamento ou a Pons Aemilius, construída no ano de 181 a.C., sobre o Rio Tibre.

Fig.3.49. – Ponte de Alcântara em Espanha

Fig.3.50. – Pons Aemilius em Itália

Em Portugal, podem-se encontrar também belos exemplares das pontes romanas que mantêm a sua traça original após terem sofrido ao longo dos anos várias intervenções de reparação, como sejam, a Ponte de Trajano em Chaves sobre o Rio Tâmega ou a Ponte de Vila Formosa em Portalegre.

Fig.3.51. – Ponte de Trajano em Chaves

Com os Romanos nascem os primeiros e verdadeiros engenheiros da nossa civilização. Partindo da aplicação do arco, do ponto de vista pragmático e através de experiências em série, deduziram os princípios teóricos da construção de pontes.

As pontes romanas eram pesadas e construídas dentro da lógica global do grande sistema de vias imperiais, pelo que se encontram geralmente nas vias romanas referidas no Itinerário de António. Denotam uma preocupação pela simetria e por uma certa unidade no conjunto, tendo geralmente os seus arcos iguais entre si e apresentando um tabuleiro de perfil horizontal com vertentes laterais.

Na generalidade dos casos, os arcos das pontes romanas são de volta perfeita e construídos por aduelas largas consolidados, ou não, com argamassa de cimento pozolânico. Por sua vez, os pilares destas pontes têm espessuras que correspondem a aproximadamente ¼ do vão dos arcos.

A evolução estrutural conseguida pelos romanos manifesta-se nos aquedutos, na construção de barragens e pontes, assentes no desenvolvimento do cimento natural e na crescente consciência das suas capacidades resistentes e no conceito de keystone – pedra de fecho.

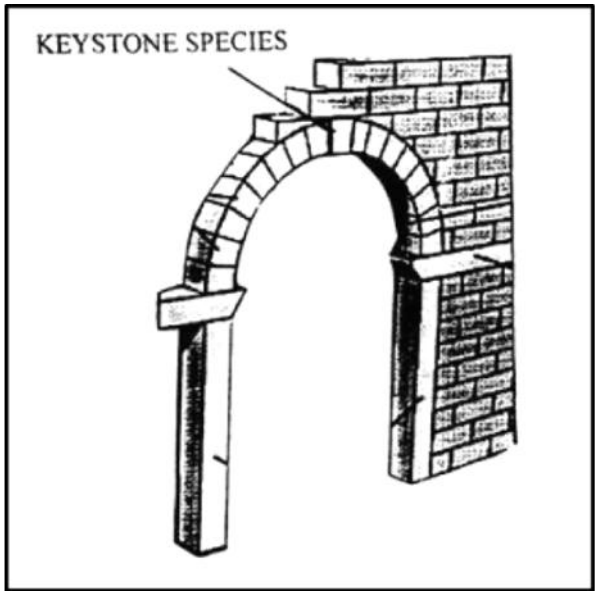


Fig.3.52. – Sistema de arco de volta perfeita

Os romanos adicionaram à cal, já conhecida e amplamente usada pelos gregos, a pozolana, uma argila cozida pelo calor do vulcão, areia e água para formar uma argamassa que não se desintegrava quando exposta à água. Essa argamassa era usada como ligante nos pilares e arcos e como enchimento de fundações.

Para a construção das fundações das suas pontes, os romanos desenvolveram técnicas, ainda hoje em dia amplamente utilizadas, como por exemplo, a construção de ensecadeiras, as quais eram feitas, submergindo estacas de madeira no leito do rio, removendo a água existente nessa área e escavando o solo onde seriam fundadas as suas pontes. No entanto, nem sempre as fundações das pontes romanas eram suficientemente profundas para ficarem protegidas das correntes do rios, daí terem apenas sobrevivido até aos nossos dias aquelas que foram construídas sobre rocha.

Os romanos também desenvolveram complexos sistemas de cofragem e cimbres de forma a melhor construírem as suas pontes. Muitas dessas pontes apresentam saliências (cachorros) onde eram apoiados esses cimbres para construção dos seus arcos.

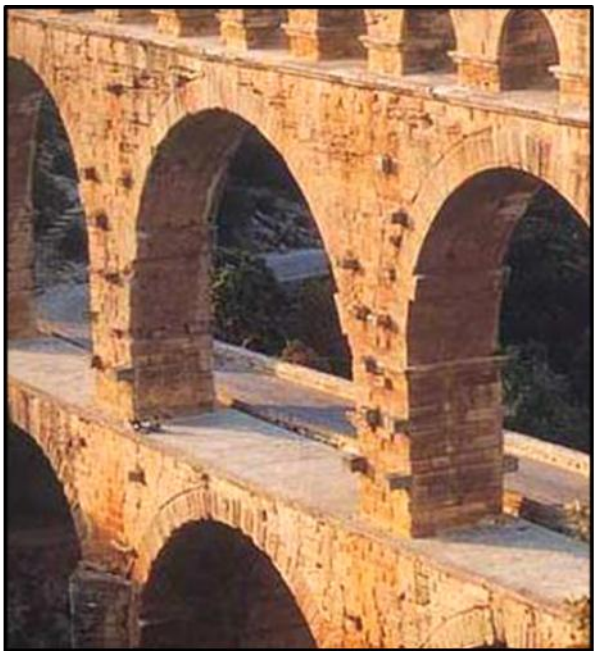


Fig.3.53. – Cachorros nas pontes romanas para apoio dos cimbres

Uma das principais características que se podem encontrar nas pontes romanas são as marcas de fórfex. Podendo tratar-se de uma das formas de revelar e atestar a origem romana de uma ponte, elas não são no entanto exclusivas dessa época. As marcas de fórfex são pequenas cavidades em lados opostos dos blocos de pedra e permitiam a entrada do fórfex ou tenaz, grua mecânica para levantamento e colocação em posição dos blocos usados na construção das pontes.

Fig.3.54. – Marcas de fórfex

3.1.3 Idade Média e o Renascimento

Com a queda do Império Romano no século V d.C., perdeu-se também a arte de construir pontes. É só no início da Idade Média que se volta a verificar a preocupação pela reconstrução de estradas, pontes e outras edificações, para o que eram precisos artesãos e artistas. São então os monges que transmitem os ensinamentos e tentam conservar as magníficas obras romanas.

A construção das pontes medievais dependia das condições económicas e políticas das zonas onde seriam inseridas. Assim, surgiram as pontes fortificadas, as que abrigavam lojas, capelas, oficinas, e acentuou-se o gosto pelos arcos ogivais, não apenas como reflexo das tendências arquitectónicas da época, mas também pela sua facilidade de execução e segurança.

Entre as mais famosas dessa época encontram-se a Ponte de Avignon, construída em 1188 em França, a Ponte de Londres, construída em 1205 e a Ponte Vecchio, construída em 1345 em Florença.

Fig.3.55. – Ponte de Avingnon em França

Fig.3.56. – Ponte Vecchio em Itália

O período renascentista trouxe os primeiros avanços na construção de pontes desde o Império Romano à medida que os arquitectos testavam maneiras de alongar os arcos. É em França, durante este período, que um grupo de arquitectos e engenheiros forma o Departamento de Transportes Nacional, responsável pela construção de pontes e estradas, sendo então fundada a primeira escola desta especialidade "École des Ponts et Chaussées" por Jean-Rodolphe Perronet. Do seu vasto currículo fazem parte a extraordinária Ponte De La Concorde, a qual apresenta uma relação flecha/vão de 1/8 para vãos de 31 metros.

Fig.3.57. – Ponte De La Concorde em Paris

Em Portugal também é possível encontrarem-se alguns exemplares de pontes construídas entre o final da Idade Média e o início do Renascimento. Muitas delas com o objectivo de substituir pontes romanas em ruína ou desaparecidas, já sem a preocupação da simetria ou da unidade. São exemplos, a Ponte do Prado sobre o Rio Cávado, no distrito de Braga, inaugurada em 1616, ou a Ponte da Barca sobre o Rio Lima, no distrito de Viana do Castelo, construída em meados do século XV.

Fig.3.58. – Ponte da Barca sobre o Rio Lima

Com a queda do Império Romano, o segredo do cimento natural perdeu-se. No entanto, a argamassa de cal ordinária era empregue com bastante frequência nesta época.

A despreocupação pela simetria e unidade na construção de pontes, leva a que um ou vários arcos centrais sejam geralmente maiores ou mais elevados que os restantes, diminuindo-se assim, o número de pilares no leito do rio e conduzindo a soluções em que o tabuleiro já não é horizontal, passando a ser em cavalete.

O homem medieval opta pela construção de arcos ogivais e segmentares em detrimento do arco semicircular utilizado pelos romanos. Estas formas permitem maior facilidade na construção e, ao mesmo tempo, permitem vãos maiores e variáveis para uma dada altura. O que era realmente favorável para permitir a passagem, sem danos na estrutura, de material sólido arrastado por cheias caudalosas.

As pontes medievais foram predominantemente construídas sem argamassa de consolidação, pelo que o sistema construtivo privilegia, essencialmente, o comportamento por gravidade considerando a pedra como elemento fundamental. Sem uma argamassa interior de consolidação, as estruturas de pedra medievais funcionavam mal aos esforços transversos. Sendo as estruturas de menor coesão interna, os

apoios entre arcos têm tendência a ser reforçados por grandes contrafortes. Neste tipo de pontes os pilares têm espessuras semelhantes aos das pontes romanas.

Com a época renascentista aparecem os primeiros avanços na construção de pontes desde o tempo dos romanos, à medida que os arquitectos testavam maneiras de alongar os arcos. Os arcos tornam-se assim, cada vez mais refinados e cada vez mais arrojados na proporção.

Quanto mais chato o arco, maior a pressão e a tendência do arco empurrar para fora. De forma a resolver este problema, começaram a construir contrafortes maciços, montes maciços de pedras que neutralizam a tendência do arco sair do lugar.

Assim, com a Renascença a forma dos arcos e dos pilares alterou-se no sentido de aumentar os vãos bem como transmitir uma sensação de leveza e estética.

3.1.4 Evolução das Pontes até aos nossos dias

Com os ensinamentos de Perronet, muitos foram os avanços feitos até aos nossos dias, na construção e projecto de pontes de alvenaria em arco.

Com o advento da Revolução Industrial no século XIX e o aparecimento da rede ferroviária como via de comunicação, os produtos siderúrgicos, como o ferro e o aço, tornam-se mais competitivos, passando a ser amplamente utilizados na construção de pontes. Assim, a engenharia de pontes conheceu, no domínio das pontes metálicas, uma época de grandes avanços científicos e tecnológicos.

É no final do século XIX, e ao mesmo tempo que se desenvolve a construção de pontes metálicas, que aparece um novo material, o betão. É nesta altura que é construída a primeira ponte em betão armado. A partir daí, muitos foram os avanços feitos na construção de pontes. Apesar disso, o uso de alvenaria de pedra e tijolo na construção de pontes prolongou-se até aos nossos dias.

Um dos mais belos exemplos deste tipo de obra de arte é o Viaduto de Goltzsch, construído em 1845, na Alemanha, estendendo-se por cerca de 578 metros e alcançando uma altura de 78 metros.

Fig.3.59. – Viaduto de Goltzsch na Alemanha

Com a evolução dos viadutos ferroviários, os engenheiros começam a projectar pontes de forma mais audaz, nomeadamente no que se refere aos seus pilares, que se começam a tornar cada vez mais esbeltos.

Em Portugal, muitas foram as pontes construídas até finais dos anos Quarenta do século XX. A Ponte Duarte Pacheco sobre o Rio Tâmega, no distrito do Porto é um desses exemplos. Totalmente construída em cantaria de granito, em 1941, é formada por três abóbadas de 40 metros de vão, de tímpanos vazados por vãos de 3,1 metros. A enquadrar o corpo principal da ponte estabelecem-se, em cada margem, dois arcos de 6 metros e muros de alvenaria aparelhada. As fundações dos pilares centrais foram executadas por meio de caixões de ar comprimido, construídos no local, os quais atingiram as profundidades de 17 metros e 25 metros abaixo do leito do rio, tendo-se extraído cerca de 500 metros cúbicos de rocha.

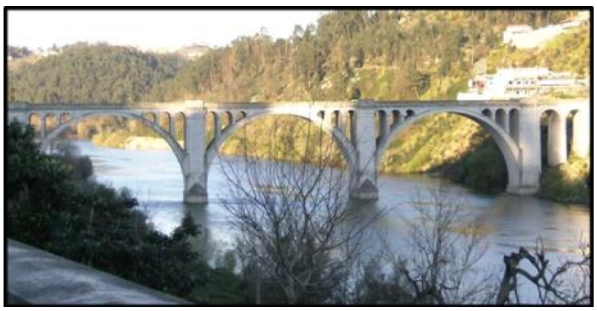


Fig.3.60. – Ponte Duarte Pacheco no Porto

Desde o Renascimento, período de grandes avanços e descobertas científicas nomeadamente das teorias da resistência dos materiais, até aos nossos dias, muitos foram os avanços feitos nas técnicas construtivas de pontes de alvenaria de pedra.

Não só os métodos, as ferramentas e as exigências regulamentares de cálculo evoluíram, como também os processos construtivos, nomeadamente no que se refere aos cimbres, que se tornaram cada vez mais, eles próprios, estruturas de grande complexidade.

Exemplo destas notáveis estruturas é o cimbre utilizado na construção da Ponte Duarte Pacheco. Pela primeira vez em Portugal foi construído um cimbre suspenso, em virtude do perigo que as cheias do Tâmega poderiam oferecer a qualquer outro tipo de cimbre. O descimbramento da estrutura foi feito através do afrouxamento dos cabos de suspensão.

3.2. AS PONTES DO PORTO

3.2.1. INTRODUÇÃO

As populações do Porto e Vila Nova de Gaia terão sentido ao longo dos tempos a necessidade de atravessar o Rio Douro, com o desejo de comunicarem entre si, realizar trocas comerciais e de serviços. A travessia do rio começou por ser efectuada através da utilização de pequenas embarcações, levando, mais tarde, à improvisação de um sistema de passadiços assentes sobre barcaças, denominadas pontes de barcas.

Uma das dificuldades que impossibilitava a construção de uma ponte entre o Porto e Vila Nova de Gaia era o facto de nessa altura não ser possível vencer grandes vãos, como era o caso da distância das duas margens. Só no século XIX, com o aparecimento de novos materiais disponibilizados pelas Revolução Industrial, como o ferro fundido, é que se conseguiu chegar a uma solução satisfatória, com a construção, em 1843, da primeira ponte fixa em todo o Rio Douro nacional, a Ponte Pênsil. Nesse mesmo século, deu-se a construção de mais duas pontes de dimensão e grandiosidade ímpar, a Ponte D. Maria Pia e a Ponte de D. Luís I.

Contudo, chegou a existir um projecto, elaborado no início do século XIX pelo corregedor Francisco de Almeida e Mendonça, para a construção de uma ponte de pedra, de um só arco, entre o largo do Postigo do Sol e o morro da Serra do Pilar (local onde veio a ser edificada a Ponte D. Luís I), o qual foi encomendado ao engenheiro Carlos Amarante. O projecto encontra-se na Biblioteca Nacional e está datado de 1802. Provavelmente devido à morte prematura do corregedor, dois anos mais tarde, o desenvolvimento do projecto ficou cancelado.

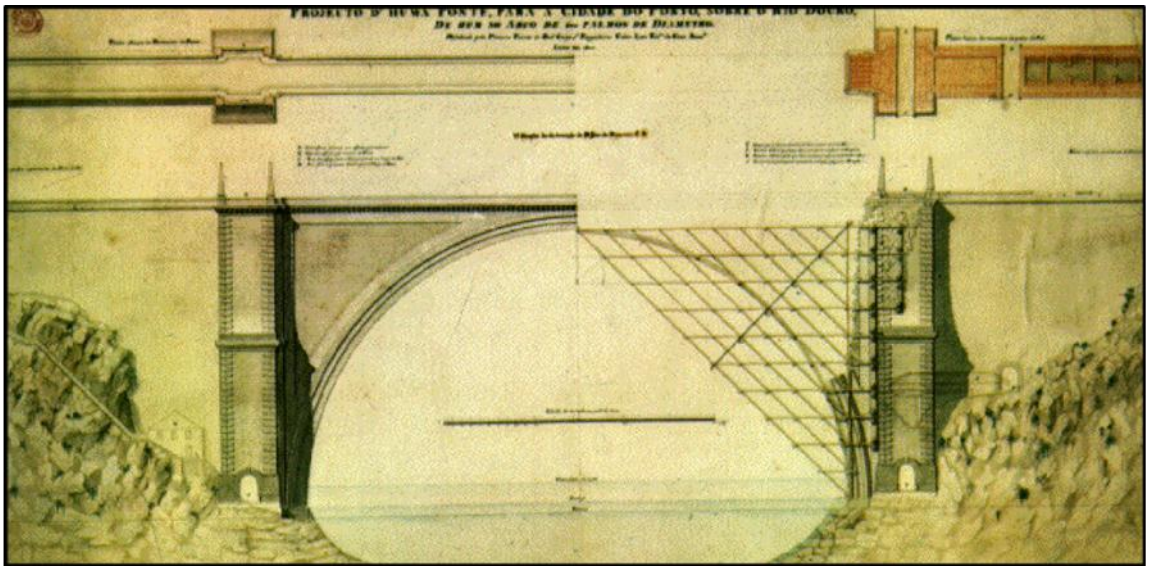


Fig.3.61. – Desenho da Ponte Carlos Amarante (1802)

Deu-se um longo intervalo até à construção da próxima ponte, a Ponte da Arrábida, inaugurada em 1963 e de novo uma interrupção até 1991 quando entra ao serviço a Ponte de S. João. Nessa década vulgarizam-se as ligações Porto/Gaia com a inauguração em 1995 da Ponte do Freixo, prevendo-se também a construção em 1997 de mais uma ponte, para substituir o tabuleiro superior da Ponte D. Luís I, a Ponte do Infante, sendo esta a mais recente das pontes existentes sobre o Rio Douro.

3.2.2. As primeiras pontes sobre o Rio Douro – Pontes de Barcas

Sabe-se que até meados do século XVIII não havia ponte, de carácter permanente, sobre o Rio Douro. Porém existem referências a pontes de barcas construídas no século X, sendo a primeira deste tipo datada do ano 997, conforme relata Alberto Bessa, referindo que a 5 de Julho de 997 o Califa de

Córdova, Almansor, utilizou barcas encostadas umas às outras, para atravessar o Rio Douro juntamente com o seu exército.

Outra ponte de barcas que se sabe ter existido foi estabelecida bastante mais tarde, igualmente pelas mesmas razões militares, quando em 1369, o rei D. Fernando I mandou construir uma ponte de barcas, permitindo a passagens do seu exército, que deveria acudir a Guimarães que se encontrava cercada pelos castelhanos. Essa ponte deve ter sido desfeita após ter sido cumprida a sua missão ocasional, pois a travessia do rio continuou a fazer-se com barcos. Em 1372, improvisou-se outra ponte de barcas, aquando da celebração do casamento do Rei Formoso com D. Leonor de Teles, que também terá sido desfeita.

Provavelmente existiram várias pontes de barcas, em número impossível de determinar com rigor. O sistema de pontes de barcas consistia em pranchas de madeira, colocadas sobre pequenas embarcações, que eram dispostas paralelamente entre as duas margens do rio. Este foi o sistema utilizado durante mais tempo para a travessia do Rio Douro.

Foi em 1806, que a primeira ponte de barcas com carácter permanente foi inaugurada, sendo o seu projecto elaborado pelo arquitecto Carlos Amarante. A ponte era composta por 20 barcas, ligadas entre si com amarras de ferro, onde assentavam pranchas de madeira. Com aproximadamente 120 metros de comprimento, apresentava algumas inovações relativamente às outras pontes até aí construídas: acompanhava a subida e descida das marés, apresentava a possibilidade de abertura para dar passagem às embarcações e podia-se desmanchar sempre que necessário com a vantagem de poder ser novamente reestabelecida.

Durante a 2ª invasão francesa, em 29 de Março de 1809, o exército comandado por Soult chegou à capital do norte e pôs em fuga desordenada grande parte da população que, apavorada, tentou atravessar o Douro para o lado de Gaia, tentando alcançar refúgio na outra margem. A ponte cedeu tendo perecido nesta horrível tragédia centenas de pessoas, um verdadeiro desastre. A assinalar o horrível acontecimento estão as "Alminhas da Ponte", um monumento construído em 1897 na ribeira portuense, um baixo-relevo de bronze da autoria de Teixeira Lopes.

Fig.3.62. – Ponte de Barcas, baixo-relevo de bronze de Teixeira Lopes

A ponte deve ter sido logo reparada pois a 12 de Maio, ainda durante a guerra, foi incendiada pelas tropas napoleónicas para impedir a passagem das tropas anglo-lusas sob o comando de Wellesley.

Contudo, terá sido novamente reconstruída graças aos esforços dedicados dos habitantes de Vila Nova de Gaia.

Até à inauguração da Ponte de Pênsil em 1843, foram ainda construídas duas pontes de barcas com concepção melhorada em relação à anterior, mas os problemas, devido à necessidade de se desmontar a ponte sempre que o rio ameaçava a sua segurança, continuavam, o que contribuiu para estudos de outros modelos de pontes.

3.2.3. Ponte D. Maria II ou Ponte de Pênsil

A Ponte de Pênsil, oficialmente denominada Ponte de D. Maria II, mas mais conhecida por Ponte de Pênsil, devido ao facto de ser constituída por uma ponte suspensa por cabos metálicos, foi a primeira ponte de carácter permanente sobre o Rio Douro. A construção da ponte começou a 2 de Maio de 1841 (data do aniversário da coroação da Rainha D. Maria II) e estava a cargo da empresa francesa Claranges Lucotte e Cª. A obra ficou concluída no final de 1842, foi testada em Janeiro de 1843 e abriu ao público em Fevereiro do mesmo ano. Esta ponte integrou a primeira geração de pontes metálicas facultadas pela nova tecnologia trazida com a Revolução Industrial e veio resolver o grande problema de ligação entre o Porto e Vila Nova de Gaia.

Após a construção da Ponte de Pênsil (1843), em toda a Europa, apenas existiam cinco pontes que venciam grandes vãos: a ponte sobre o estrito de Menai (1826) na Grã-Bertanha, a Ponte de Freibourg (1834) na Suíça, a Ponte de La Roche-Bernard (1839) na França, a Ponte de La Caille (1839) também na França e a Ponte de Gottéron (1842) na Suíça.

O projecto e construção dessa ponte deve-se ao Engenheiro Stanislas Bigot. A estrutura principal era suspensa por 8 cabos (4 de cada lado) suportados por torres de granito ou obeliscos de 18 metros de altura, ligados superiormente por travessas de ferro, sem função estrutural (a travessa superior ostenta o nome da ponte "D. Maria II – 1842") e ancorados na rocha das margens, através de 32 amarras (16 em cada margem). A Ponte de Pênsil estava elevada 10 metros acima do nível do rio, apresentava 170 metros de comprimento e um tabuleiro de madeira com 6 metros de largura na qual se incluíam passeios laterais de 1 metro.

Fig.3.63. – Ponte D. Maria II, também conhecida por Ponte de Pênsil (1843 - 1881)

Em 1876, o contrato entre o Estado e a empresa construtora terminou, ficando o Governo com a posse da ponte e da sua exploração até 6 de Outubro de 1881, dia em que se deu início à sua demolição.

Com a retirada dos cabos, deu-se a demolição dos obeliscos do lado de Gaia. O mesmo não aconteceu do lado do Porto, ficando os dois obeliscos onde ainda hoje se pode ler, em duas inscrições, "Conde de Clarenges Lucotte/Empresário" e "Luiz da Silva Mouzinho de Albuquerque/Inspector-Geral das Obras do Reino", autênticas marcas de arqueologia industrial na paisagem ribeirinha.

Fig.3.64. – Pilares da antiga Ponte de Pênsil no Porto

3.2.4. Ponte Maria Pia

Desde o início da construção da rede ferroviária em Portugal pensou-se em estabelecer a ligação entre as duas principais cidades e a questão da travessia do Rio Douro apresentou-se como um dos principais problemas.

Para a construção da ponte ferroviária sobre o Rio Douro foi realizado um concurso internacional ao qual se apresentaram quatro concorrentes com soluções bem diferentes: G. Eiffel et Compagnie, Compagnie Fives-Lilles, Société des Batignolles e a Mead, Wrighson & Company. Estas diferentes propostas foram apreciadas pela Companhia Real dos Caminhos de Ferro e estudadas por uma comissão de especialistas franceses, tendo todos optado pela solução apresentada pela empresa de G. Eiffel, considerada a mais apropriada para os fins em vista.

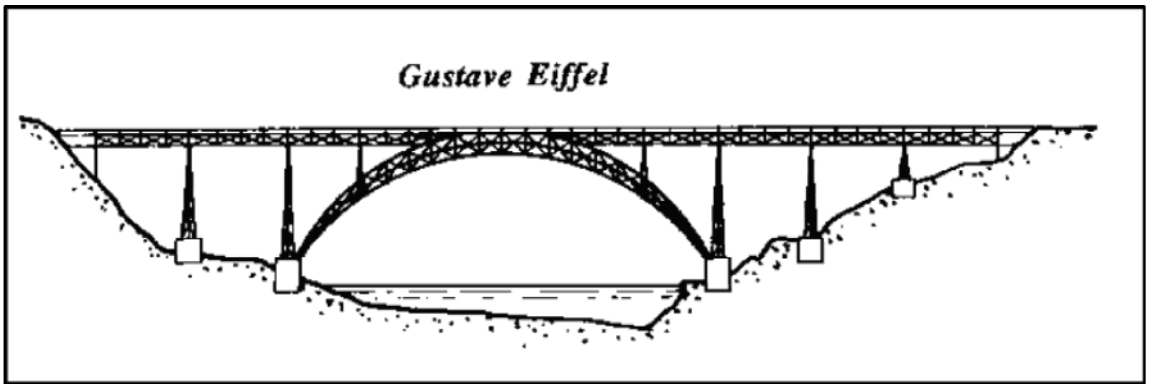


Fig.3.65. – Proposta para a primeira ponte ferroviária, sobre o Rio Douro, da empresa G. Eiffel

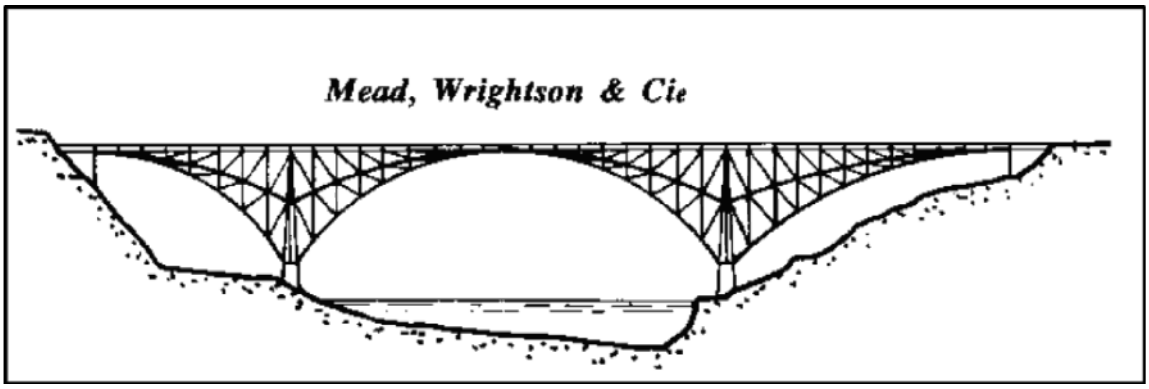


Fig.3.66. – Proposta para a primeira ponte ferroviária, sobre o Rio Douro, da empresa Mead, Wrightson & Cei

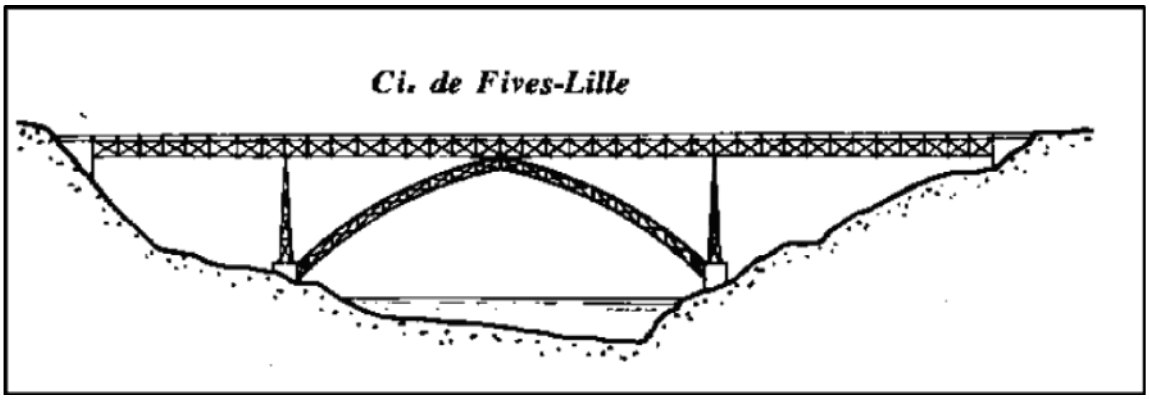


Fig.3.67. – Proposta para a primeira ponte ferroviária, sobre o Rio Douro, da empresa Ci. De Fives-Lille

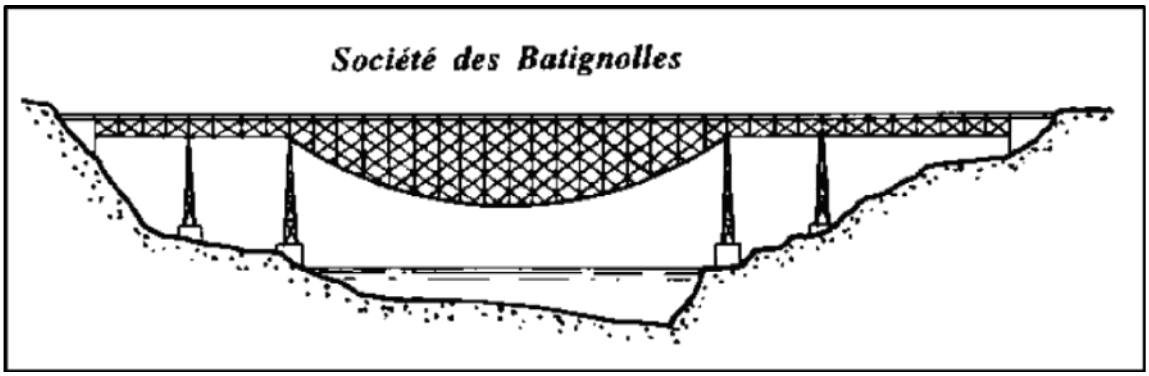


Fig.3.68. – Proposta para a primeira ponte ferroviária, sobre o Rio Douro, da empresa Société des Batignolles

A Ponte foi então projectada pelos engenheiros Gustave Eiffel e Théophile Seyrig. Nunca se esclareceu com precisão qual o contributo que cada um destes dois engenheiros prestou ao nível da concepção do projecto, tendo o nome de Gustave Eiffel, pela notoriedade que quase de imediato adquiriu, ofuscado quase por completo o de Théophile Seyrig, ao ponto de hoje em dia se conferir àquele, em exclusivo, a autoria do projecto da ponte. Alguns autores consideram que foi Théophile Seyrig o responsável pela concepção do elemento mais revolucionário, o arco parabólico.

Inaugurada a 4 de Novembro de 1877, a Ponte Maria Pia chamou a atenção pelo arrojo da sua estrutura metálica. De facto, o contributo que a ponte prestou ao desenvolvimento da engenharia civil residiu, por um lado, numa espectacular economia de meios na sua construção que decorria das soluções técnicas adoptadas, e por outro, no método utilizado para efectuar cálculos dos efeitos do vento e na arrojada concepção do grande arco metálico, o elemento fundamental do conjunto. Esta foi a primeira grande obra de Gustave Eiffel, sendo um marco importantíssimo na história das pontes.

A ponte, assim chamada em honra de Maria Pia de Sabóia, é uma obra de grande beleza arquitectónica e de uma extraordinária leveza. É constituída por um arco único, biarticulado de 160 metros de corda, que suporta o tabuleiro ferroviário, de via simples, através de pilares em treliça, este tabuleiro apresenta um comprimento de 354,375 metros. A altura, a partir do nível das águas, é de 61 metros.

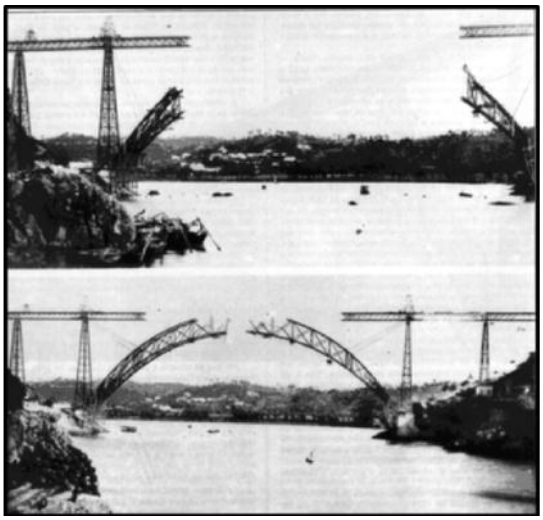


Fig.3.69. – Ponte Maria Pia em construção

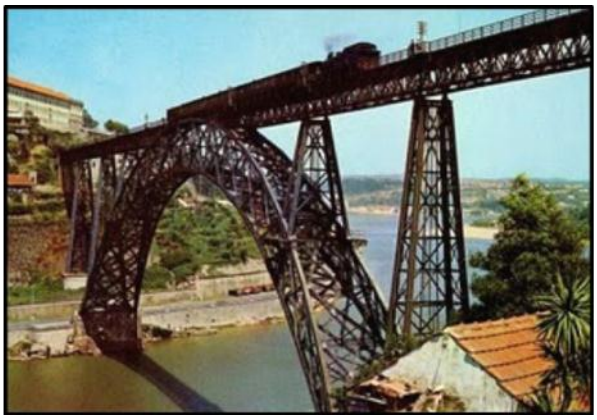


Fig.3.70. – Ponte Maria Pia concluída

Com a construção dessa ponte, registou-se um apreciável desenvolvimento nas ligações do Sul e do Centro do país com a região a norte do Douro, contribuindo para a criação de um sistema nacional de transportes ferroviários, com resultados directos no processo de crescimento económico que o país estava então a apresentar.

No final do século XX, tornou-se evidente que a velha ponte já não respondia de forma satisfatória às necessidades, por ser dotada de uma só linha, obrigando à passagem de uma composição de cada vez, em que a velocidade de passagem não podia ultrapassar os 20 km/h e com carga limitadas. No entanto a ponte esteve em serviço durante 114 anos, fazendo parte da linha do Norte, até à entrada em serviço da Ponte de S. João em 1991.

3.2.5. PONTE D. LUÍS

A Ponte de Pênsil desde muito cedo suscitou dúvidas sobre a sua segurança e passados alguns anos já não correspondia às necessidades do tráfego, entre as duas margens do Rio Douro, que tinha aumentado consideravelmente nas últimas décadas. Foi então lançado um concurso internacional, a 11 de Agosto de 1880, com liberdade de concepção, mas limitado à exigência de estabelecer a ligação a duas cotas diferentes, aproveitando a topografia das margens.

Apresentaram-se a concurso dez empresas, com um total de doze propostas distintas. A proposta vencedora pertencia à empresa belga, Société de Willebroeck, sendo o projecto da autoria do Engenheiro Téophile Seyrig, que já havia apresentado os seus créditos, aquando da construção da Ponte Maria Pia, sendo responsável pela concepção do elemento mais revolucionário, o arco parabólico.

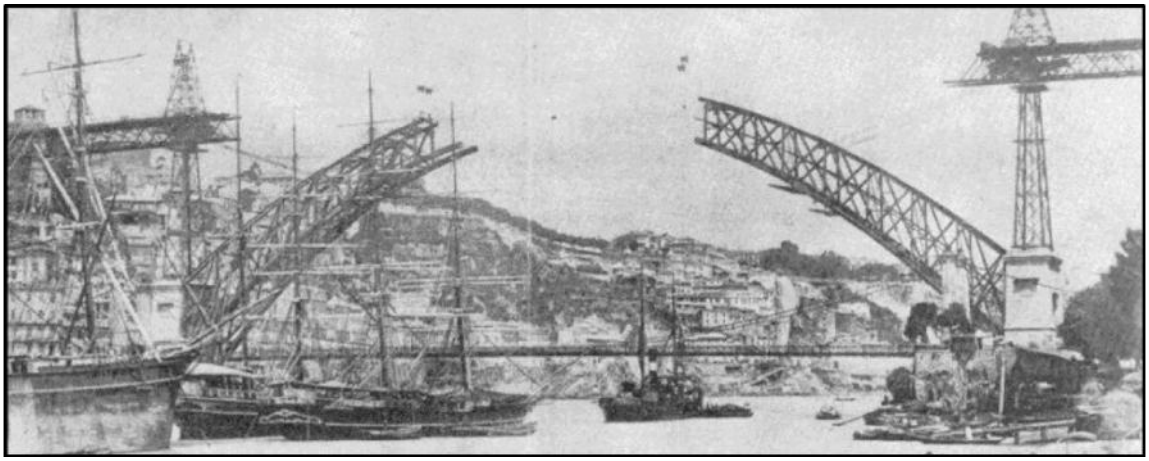


Fig.3.71. – Construção da Ponte D. Luís no Porto

A 1 de Dezembro de 1881, deu-se a inauguração da construção da ponte, que foi assistida por toda a família real. Cinco anos mais tarde, a 31 de Dezembro de 1886, dia do aniversário natalício de D. Luís, a ponte foi inaugurada, estando presentes para além das autoridades governamentais, as autoridades municipais administrativas e religiosas da cidade do Porto e de Vila Nova de Gaia.

A ponte D. Luís, construída ao lado do local onde existiu a antiga Ponte Pênsil, com o objectivo de vir a substituí-la, apresenta dois tabuleiros sustentados por um imponente arco de ferro e por cinco pilares.

O arco é formado por duas curvas parabólicas divergentes, e apresenta uma corda de 172 metros com uma flecha de 44,60 metros. Das 3000 toneladas de ferros utilizadas na construção da ponte, 1660 toneladas pertencem ao arco.

A ponte é constituída por dois tabuleiros metálicos, que se destinavam a fazer a ligação rodoviária entre Vila Nova de Gaia e o Porto. O tabuleiro superior tem de comprimento cerca de 395 metros e de largura 8 metros, compostos por 5,5 metros de faixa de rodagem e 1,25 metros de passeios. Do arco, descem os pendurais que suportam o tabuleiro inferior de 174 metros de comprimento. O tabuleiro superior encontra-se à altura de 62 metros e o inferior à de 12 metros, permitindo a passagem das embarcações.

Fig.3.72. – Ponte D. Luís concluída

A construção desta ponte permitia a passagem da estrada real vinda de Lisboa até às províncias do Norte e do Norte do País, tendo constituído umas das obras de maior envergadura no plano rodoviário realizado pelo monarca, Luís I.

Ponte D. Luís é como toda agente lhe chama, mas deveria, talvez, ser "Ponte Luiz I" como a placa sobre o portal do tabuleiro inferior assinala, ou na grafia moderna "Ponte Luís I".

Em 1905, a ponte sofreu a primeira alteração significativa, com a instalação de uma linha de carros eléctricos, que viria a passar pelo seu tabuleiro superior. E em 1969, foi apresentado à Câmara Municipal do Porto o primeiro projecto que previa o alargamento do tabuleiro superior, contemplando soluções verdadeiramente revolucionárias, sem efeitos durante muitos anos.

Fig.3.73. – Ponte D. Luís com a instalação de uma linha de carros eléctricos em 1905

Os métodos utilizados no cálculo de Seyrig fazem largo recurso aos métodos gráficos, como no dimensionamento do tabuleiro superior. Esses cálculos foram novamente estudados através de uma análise por elementos finitos, aquando do estudo da viabilidade para a utilização da ponte pelo metro ligeiro do Porto, em 1995, chegando-se à conclusão que apenas um pequeno número de barras necessitavam de reforço para responder às novas solicitações.

A Ponte D. Luís foi então, novamente inaugurada, a 18 de Setembro de 2005, assegurando a continuidade da ligação entre as duas margens, mas agora, com o tabuleiro superior a ser utilizada exclusivamente pelo metropolitano do Porto.

Fig.3.74. – Ponte D. Luís com a instalação do metropolitano do Porto (2005)

3.2.6. PONTE DA ARRÁBIDA

A Ponte da Arrábida é considerada uma estrutura excepcional e de grande beleza, que marcou um dos maiores expoentes da engenharia em Portugal. As suas linhas elegantes continuam a cativar admiradores e técnicos de especialidade.

O aumento crescente do tráfego, tanto rodoviário como ferroviário, verificado na ligação do Porto com o Sul do país tornou evidente a insuficiência das condições de atravessamento do Rio Douro. Em 1930, começou-se, então, a estudar uma nova travessia do Rio Douro. E em 1945-1946, foi equacionada a possibilidade de construir uma única ponte que servisse os tráfegos rodoviários e ferroviário. Desse estudo, concluiu-se que seria mais vantajosa uma solução de pontes independentes de caminhos-de-ferro e de estrada.

Em Março de 1952, foi adjudicado ao Prof. Engenheiro Edgar Cardoso, pela JAE, a elaboração de anteprojectos para a ponte rodoviária. Uma das condicionantes desse anteprojecto era que a ponte deveria ser constituída por uma estrutura principal de vão único, sem apoios intermédios, sendo, desta forma, apresentadas cinco soluções com materiais diferentes:

- Ponte de betão armado;

- Ponte de alvenaria regular;

- Ponte suspensa;

- Ponte metálica com arco;

- Ponte de betão pré-esforçado.

Os critérios utilizados na apreciação das soluções foram: economia, estética, consumo de materiais nacionais e estrangeiros, resistência, duração, conservação, facilidades e riscos construtivos, rapidez de execução. A 11 de Março de 1955, o Conselho Superior de Obras Públicas chegou à conclusão que todas as soluções eram tecnicamente praticáveis, todas economicamente viáveis (com a excepção da

ponte suspensa) e a solução mais conveniente era a de betão armado. Foi então elaborado e entregue em Agosto de 1955, pelo Prof. Engenheiro Edgar Cardoso, o projecto definitivo da Ponte da Arrábida, assim chamada devido ao tabuleiro que iria assentar no cimo do morro da Arrábida.

A Ponte da Arrábida, inaugurada a 22 de Junho de 1963, foi a primeira de betão armado constituída por um arco duplo que suporta uma viga contínua que representa o tabuleiro. O vão desta ponte é de 270 metros, sendo durante algum tempo um recorde mundial para pontes em arco de betão armado, apresenta uma flecha de 52 metros e o seu tabuleiro eleva-se 70 metros acima do nível das águas, sendo constituído por duas plataformas de 8 metros de largura cada uma com duas vias e com uma faixa lateral para peões e ciclistas.

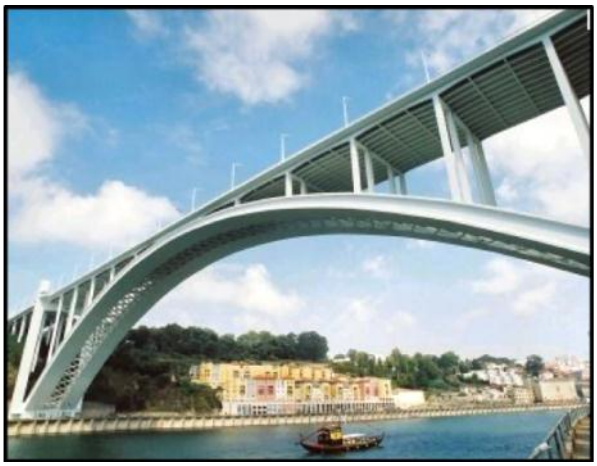


Fig.3.75. – Ponte da Arrábida

Estruturalmente a ponte é constituída por duas costelas em arco paralelas e ligadas entre si por dois níveis de contraventamento diagonal. Cada uma das costelas apresenta uma secção vazada com uma largura de 8 metros. Apresenta duas pilastras, em cada margem, que separam a ponte dos viadutos e alojam um elevador (hoje desactivado) no interior de cada uma delas, ligando as avenidas marginais ao tabuleiro.

Fig.3.76. – Pormenor do arco da Ponte da Arrábida

O projectista usou soluções dotadas de grande inventividade para a construção da Ponte da Arrábida, adoptando as mais modernas técnicas de cálculo, quer através de análise numérica quer através da

experimentação com o auxílio de modelos reduzidos. Durante o projecto da ponte o estudo do cimbre, para a construção do arco central, constituiu um dos problemas mais delicados de resolver, não podendo, aquele, dispor de apoios intermédios. Os segmentos do cimbre foram transportados através do rio em barcaças e elevados à sua posição final onde foram ligados à parte já construída e atirantados para o pilar.

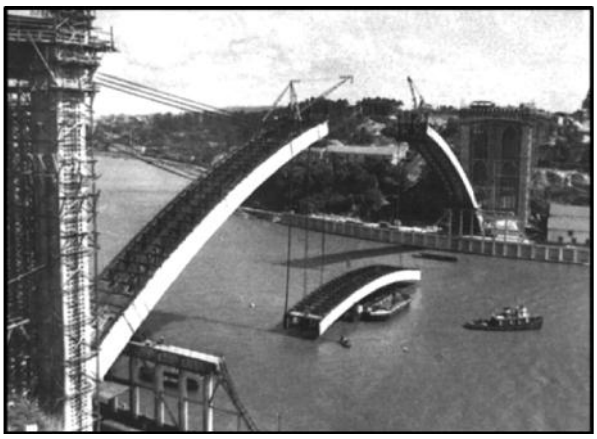


Fig.3.77. – Pormenor da construção do arco da Ponte da Arrábida

Num estudo realizado em 1973, já se previa a necessidade do aumento da largura da ponte, passando esta, segundo este estudo, a apresentar três vias em cada plataforma. Porém, só em 1990, o Dr. Eduardo da Costa Lima sugere o alargamento da Ponte da Arrábida de duas para três vias no sentido Gaia-Porto, aproveitando a faixa de ciclistas. Esta foi uma sugestão aprovada, e após sucessivos atrasos, em 1993, estava concluída.

Esta foi uma ponte que se tornou no expoente máximo da Engenharia Civil Portuguesa do século XX, relativamente ao domínio da construção de pontes, pois apresentava uma forma elegante, o seu cálculo foi muito minucioso e rigoroso, a sua concepção e algumas operações de construção foram arrojadas, o arco foi constituído por um betão bastante resistente, invulgar para a época, para além de terem sido realizados estudos de prospecção e acompanhamento realizados pelo LNEC, em quantidade e qualidade suficientes para a transformarem numa grande obra.

3.2.7. Ponte de São João

A intensificação do tráfego ferroviário, do Porto para o Sul do País, fez-se notar, tornando-se evidente a insuficiência da Ponte Maria Pia. Como já foi referido anteriormente o atravessamento por esta ponte era processado a uma velocidade muito lenta para além de ser constituída por uma via simples, o que contribuía para um estrangulamento do tráfego de comboios.

Em 1983, o Professor Edgar Cardoso ficou, novamente, encarregado de projectar uma ponte sobre o Douro, agora ferroviária, para substituir a velha Ponte Maria Pia. Só a 24 de Junho de 1991 foi realizada a sua inauguração, ficando a ponte denominada Ponte de S. João, por ter sido inaugurada no dia de S. João.

A solução adoptada ficou situada a 180 metros a montante da antiga ponte ferroviária e é constituída por um pórtico múltiplo contínuo de pilares verticais, com extensão de 500 metros. A ponte, propriamente dita, apresenta três vãos de 125, 250 e 125 metros, apoiados em dois grandes pilares verticais fundados no leito do rio junto de cada uma das margens. O vão central de 250 metros é, ainda hoje, um recorde mundial para pontes ferroviárias deste tipo.

Fig.3.78. – Ponte de S. João

Os pilares apoiam-se em enormes cilindros de betão armado com 14 metros de diâmetro, solidamente ligados ao maciço rochoso através de 180 micro-estacas. A partir do nível médio da água do rio, estes cilindros transformam-se em pilares ocos com uma secção variável, entre a coroa circular da base, com 12 metros de diâmetros exterior, e uma secção rectangular, de cantos arredondados, com 6,5 x 5 metros exteriores, no ponto mais estrangulado à cota de 46 metros. O resultado foi uma forma hiperbolóide parcialmente truncada por quatro superfícies regradas. A partir da cota de 44 metros os pilares ficam maciços, dando unicamente passagem a uma escada e a um elevador que permitem o acesso ao interior do tabuleiro.

O tabuleiro da Ponte de S. João encontra-se a 66 metros acima do nível das águas e é constituído por um caixão bicelular, de secção trapezoidal. Apresenta uma altura variável de 12 a 6 metros, na zona dos pilares e secção central, respectivamente. Nos tramos laterias, de 125 metros, a altura do caixão desce igualmente a 6 metros. Para a construção desse tabuleiro, adoptou-se uma técnica de avanços sucessivos, simultaneamente, a partir dos dois pilares, recorrendo à betonagem “in situ” de aduelas de comprimento variável entre os 5 e os 7,5 metros.

Fig.3.79. – Pormenor da construção da Ponte de S. João

Além do pré-esforço longitudinal, o tabuleiro apresenta também pré-esforço transversal, nos banzos superior e inferior e ainda verticalmente nas paredes laterais e central do caixão.

3.2.8. Ponte do Freixo

Estudos realizados, tanto pela Câmara Municipal do Porto (1962) como pela Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia (1967), previam a necessidade de uma nova ligação entre as margens do Rio Douro que retirasse de dentro das duas cidades o tráfego com destino ao Norte (Distritos de Braga e Viana do Castelo) e ao Leste (distritos de Vila Real e Bragança).

A Ponte do Freixo é uma ponte rodoviária que faz a ligação entre a zona do Areinho em Vila Nova de Gaia e a Rua do Freixo no Porto e está localizada a montante de todas as outras pontes, bem no extremo da cidade.

É uma ponte constituída por um pórtico de vãos múltiplos em betão armado pré-esforçado, sendo a utilização de cabos de pré-esforço um dos aspectos relacionados com a introdução de novas tecnologias no projecto da ponte. Apresenta 8 vãos, sendo o principal de 150 metros a que se seguem, para cada um dos lados vãos de 115 metros, seguidos de outros menores de 2 x 72,5 metros e de 55 metros, para o lado de Gaia e de 72,5 metros e 52,5 metros para o lado do Porto. O vão principal apresenta uma altura variável de 4,3 metros a meio vão e 7,5 metros na ligação aos pilares principais, os vãos de 115 metros uma altura variável entre 3,5 metros e 6,5 metros, enquanto que os tramos extremos apresentam uma altura de caixões que pode ser reduzida até um mínimo de 2,5 metros.

Esta solução de distribuição de vãos foi adoptada tendo em conta, os aspectos estéticos e a localização do canal de navegação. A ponte fica apenas com dois pilares na zona do leito maior do rio. O vão central de 150 metros desenvolve-se sobre o canal de navegação e é enquadrado por dois vãos laterais de 115 metros.

A Ponte do Freixo apresenta pilares tubulares de secção elíptica, existindo dois pilares em cada secção transversal do apoio do tabuleiro, sendo este, construído por avanços sucessivos com betonagem "in situ" de aduelas, de comprimento variável entre 2,8 a 5 metros e é constituído por dois caixões unicelulares, cada um com secção trapezoidal de 18 metros de largura.

Fig.3.80. – Ponte do Freixo

Para a construção da ponte foi escolhido o mesmo consórcio que nove meses antes havia terminado a Ponte de S. João, sendo o projecto da autoria do Professor António Reis. A construção do empreendimento viria a ter a duração de três anos e foi inaugurada em Setembro de 1995.

A Ponte do Freixo é de facto uma ponte dupla, pois é constituída por duas vigas gémeas afastadas de 0,10 metro ao longo de toda a sua extensão. Cada uma das vigas tem 18 metros de largura e alberga 4 faixas de rodagem.

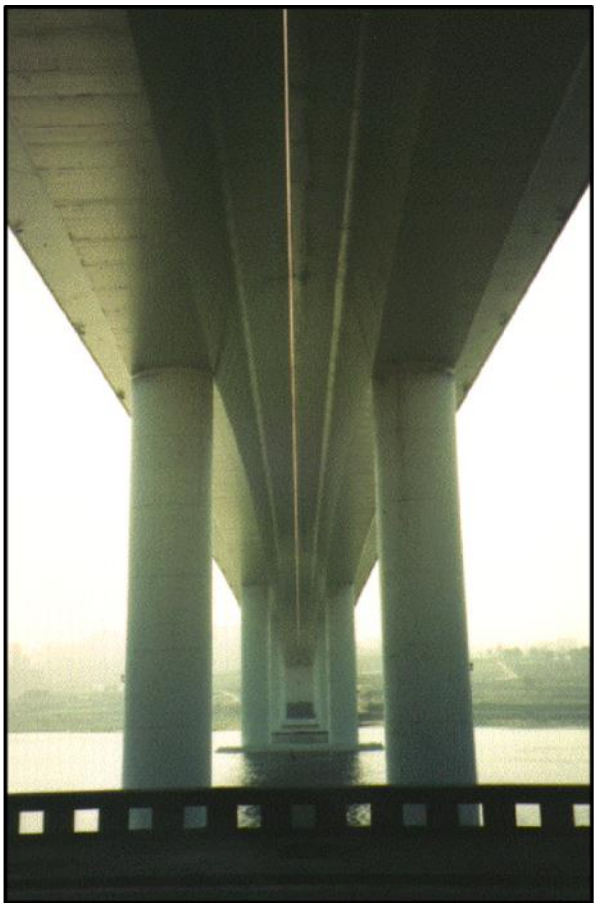


Fig.3.81. – Pormenor das vigas gémeas da Ponte do Freixo afastadas de 0,10 metros

3.2.9. PONTE DO INFANTE

É a mais recente ponte rodoviária do Porto e destina-se a substituir o tabuleiro superior da Ponte Luís I, que passou a ser utilizado pelo metro ligeiro na ligação entre as cidades do Porto e Vila Nova de Gaia.

A Ponte do Infante, baptizada em honra do portuense Infante D. Henriques, foi construída a montante da Ponte Luís I, em plena zona histórica e faz a ligação entre a Alameda das Fontainhas, no Porto e a escarpa da Serra do Pilar, em Gaia.

Para a sua concepção e construção foi realizado um concurso internacional, lançado em Maio de 1997, tendo sido apresentadas 14 propostas provenientes de cinco consórcios de empresas:

- Companhia francesa Eiffel;

- Soares da Costa e Teixeira Duarte;

- Conduril e Moniz da Maia;

- Edifer e Necso:

- Construtora do Tâmega e Novopca.

A proposta escolhida foi uma das apresentadas pelo consórcio luso-espanhol liderada pela Edifer e pela Necso e previa uma estrutura com viga-caixão de betão armado pré-esforçado e arco de betão armado. O projecto foi elaborado por uma equipa, composta pelos seguintes engenheiros: Adão da Fonseca, Fernández Ordoñez e Francisco Millanes.

A ponte tem uma identidade muito própria, é o tabuleiro e não o arco que apresenta maior rigidez. As pontes Suíças projectadas por Robert Maillart e a Ponte de Abreiro (1957), sobre o Rio Tua, projectada pelo Professor Correia de Araújo, são alguns exemplos de pontes com a mesma filosofia, embora com dimensões mais modestas.

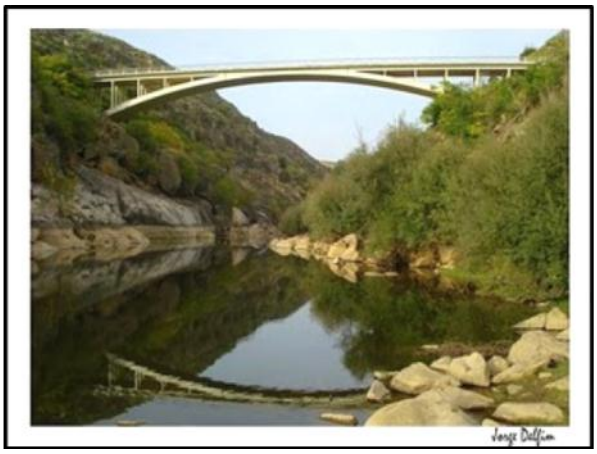


Fig.3.82. – Ponte de Abreiro, sobre o Rio Tua (1957)

A construção da Ponte do Infante foi realizada em simultâneo a partir das duas margens e a sua união foi efectuada ao mesmo tempo no meio do rio. Sem colunas a sustentar a estrutura, durante a construção, apenas fixa pelos pilares à escarpa granítica de ambas as margens.

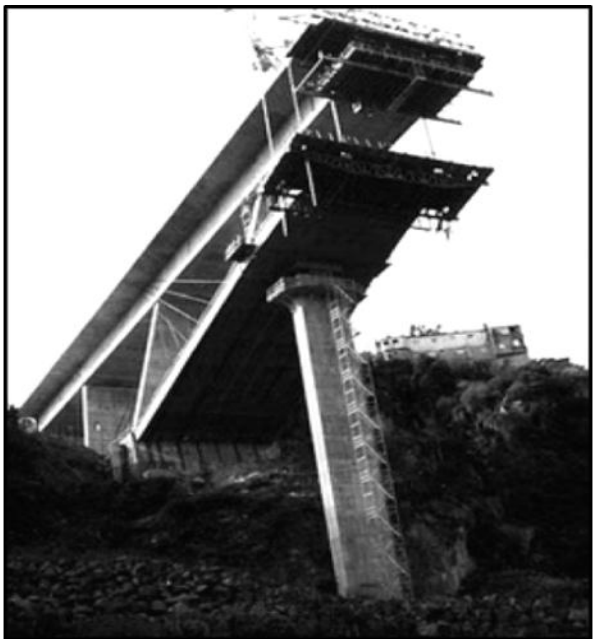


Fig.3.83. – Pormenor dos pilares definitivos e provisórios da Ponte do Infante

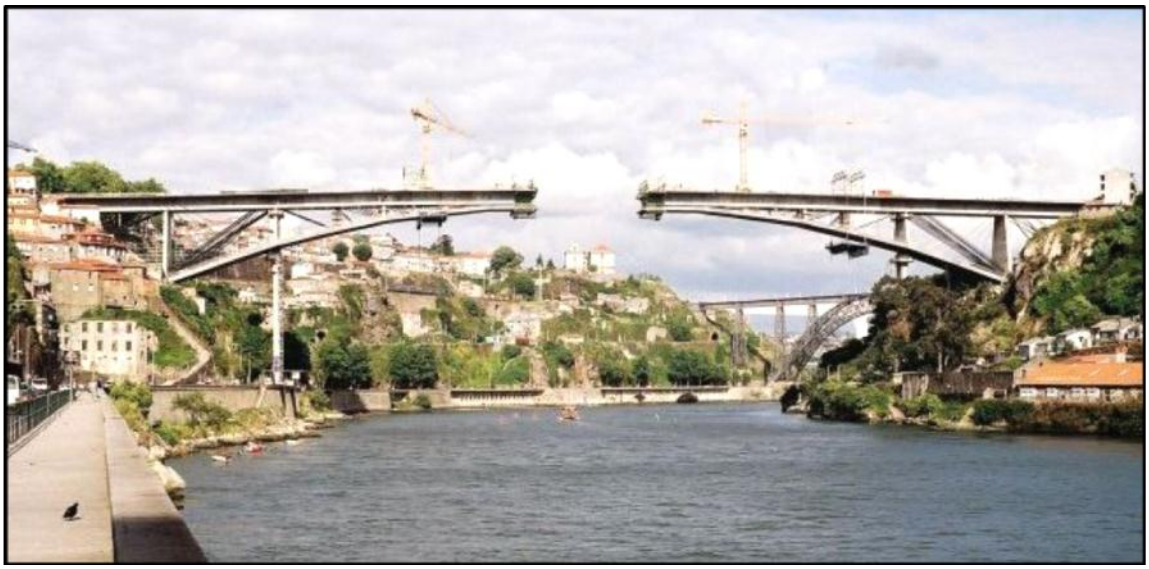


Fig.3.84. – Pormenor construtivo da Ponte do Infante aquando da união do tabuleiro

Nesta ponte foi o tabuleiro que serviu de apoio ao arco, bem como ao carro de avanço para a betonagem. À medida que se prosseguia com a sua construção, foram colocadas barras diagonais provisórias, do tipo Dywidag, constituídas por tirantes pré-esforçados, para aumentar a resistência do conjunto tabuleiro/arco e foram construídos pilares provisórios em cada margem, como mostra a Fig.3.83.

A Ponte do Infante apresenta um arco: invulgarmente rebaixado, com uma corda de 280 metros e uma flecha de 25 metros; laminar, apresentando uma espessura constante de 1,5 metros; com um perfil poligonal de largura variável entre os 20 metros nos encontros e 10 metros, na zona central do tabuleiro, apresentando esta zona uma extensão de 70 metros. Quanto ao tabuleiro, que contrasta com

o arco pela sua rigidez, apresenta uma secção em caixão, com uma altura constante de 4,5 metros e uma largura de 20 metros, estando apoiado em pilares afastado de 35 metros.

Inaugurada a 30 de Março de 2003, atravessa o rio a uma cota de cerca de 70 metros de altura e apresenta 371 metros de comprimento com um vão central de 180 metros. A sua largura é de 20 metros e apresenta duas faixas de rodagem, cada uma com duas vias de 3,25 metros, um separador central com 1 metro de largura e passeios laterais de 3 metros com guarda de segurança.

Fig.3.85. – Vista superior da Ponte do Infante

A iluminação sobre a ponte está colocada a uma cota baixa, permitindo uma perfeita visualização da via, sem sombras. Existe, também, uma vertente decorativa na ponte que se resume a uma iluminação sob o arco, acentuando apenas o seu arranque junto às escarpas e diluindo-se no sentido do comprimento.

Fig.3.86. – Visão nocturna da Ponte do Infante

Como já vem sendo tradição nas pontes entre o Porto e Gaia, esta ponte constituiu um recorde mundial nesta tipologia de pontes o que significa ter-se entrado em domínios nunca antes atingidos nestas tipologias de pontes consideradas pelos especialistas mundiais, como as mais esbeltas.

3.3. ALGUMAS PONTES DO DISTRITO DE LISBOA

3.3.1. UMA DAS PRIMEIRAS PONTES ROMANAS EM PORTUGAL – A PONTE DE SACAVÉM SOBRE O RIO TRANCÃO

A ponte romana que existiu sobre o Rio Trancão, denominada Ponte de Sacavém, unia e continua a unir as freguesias de Sacavém e da Bobadela. É considerada umas das primeiras pontes romanas existentes em Portugal, sendo na altura uma das imagens de marca da freguesia de Sacavém. Esta ponte romana subsiste agora no brasão da freguesia e também na memória popular, através de vários azulejos e pinturas.

O vasto império romano era ligado pelas suas inúmeras pontes e estradas, fruto do processo de romanização da Península Ibérica. Entre os séculos II a.C. e I d.C., foi edificada no local da corrente Ponte de Sacavém, outrora pertencente ao município de Lisboa, uma ponte romana de quinze arcos de volta perfeita, que dava acesso ao pequeno povoado na margem norte do Rio Trancão. Esta ponte constituía um troço comum de duas vias romanas, a Via XV, que ligava Olisipo (Lisboa) a Emerita (Mérida) e a Via XVI, que ligava Olisipo (Lisboa) a Bracara Augusta (Braga).

O Rio Trancão era um local importante para a defesa de Lisboa, sendo o palco de uma batalha importante no século XII, a conquista de Lisboa aos muçulmanos (1147), como consta de um documento transcrito pelo monge Frei António Brandão ("… já os mouros eram passados pela ponte do rio braço de mar para a banda de Lisboa e pegado ao braço do sopé houveram uma grande batalha e milagrosamente os portugueses venceram…").

Fig.3.87. – Batalha de Sacavém, sobre a Ponte do Rio Trancão (1147)

Em 1570, o pintor e humanista Francisco de Holanda, numa carta enviada ao monarca D. Sebastião, pede para que este proceda à reedificação da Ponte sobre o Rio Trancão. E em 1571, envia um desenho da ponte intitulado "Lembrança pera Redificar a Ponte de Sacauem", (onde se pode confirmar a antiga largura da ponte, que ficou alterada devido ao terramoto de 1755), juntamente com um novo pedido de reedificação ("E logo devem ser edificadas novas pontes, ou reedificadas as que fizeram os Romanos ao redor de Lisboa, como a de Sacavém e outras. […] Para cujo efeito, lhes dou aqui o desenho destas pontes para reedificarem a de Sacavém, e as outras do rio Tejo").

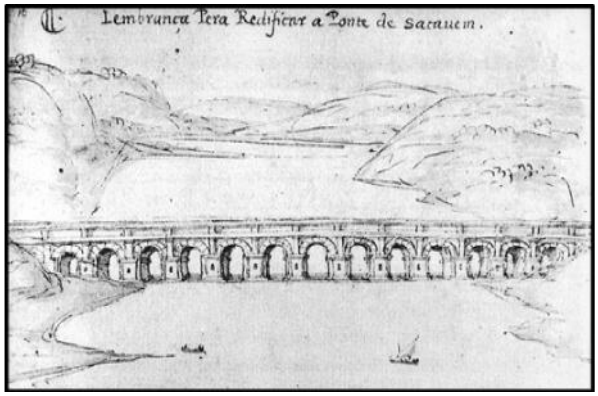


Fig.3.88. – Desenho da Ponte de Sacavém elaborado por Francisco de Holanda (1571)

Os esforços para a reedificação da ponte não foram ouvidos, vindo esta a sofrer o colapso. A data a partir da qual se deixou de utilizar a ponte não é muito clara, mas terá ocorrido entre o século XV e o século XVI, antes dos pedidos de Francisco de Holanda a D. Sebastião terem sido efectuados. Ainda em 1629, a ponte não havia sido reedificada, pois Miguel Leitão de Andrade, na sua obra publicada em 1629 ("Miscelânea do sítio de Nossa Senhora da Luz do Pedrógão Grande: aparecimento de sua imagem, fundação do seu Convento e da Sé de Lisboa, com muitas curiosidades e poesias diversas") refere o estado debilitado da ponte e a fraca atenção dos governantes. A travessia do Rio Trancão passou, então, a ser efectuada por barqueiros como se confirma no "Roteiro Terrestre" de Portugal do Padre João Baptista de Castro em 1748.

O grande terramoto de 1755 eliminou os restantes vestígios da ponte romana e o Rio Trancão foi alvo de várias mudanças orográficas. Estas alterações tornaram o rio mais estreito, possibilitando a construção de uma ponte mais pequena para ligar as duas margens. Porém, em 1811, ainda não havia ponte em Sacavém, pois a mala-posta atravessava o Rio Trancão através de uma barca de carreira. A ponte só voltou a ser edificada em 1843 e era uma ponte em cantaria e ferro com 18 metros de comprimento assente em quatro pilares. Esta persistiu até meados do século XX, e a 5 de Outubro de 1910 sofreu um incêndio, provocado pelos revolucionários republicanos, de forma a impedir a vinda de reforços monárquicos. Sabe-se que durou mais algumas décadas, até que se procedeu à construção da actual ponte em betão, pela Junta Autónoma das Estradas, e que subsiste até hoje.

Fig.3.89. – Incêndio da Ponte de Sacavém pelos revolucionários republicanos a 5 de Outubro de 1910

Fig.3.90. – Ponte de Sacavém em betão sobre o Rio Trancão (1961)

3.3.2. Ponte Marechal Carmona

O primeiro pedido oficial, para a construção de uma ponte sobre o Tejo, elaborado pelo Município de Vila Franca de Xira, chegou ao Ministério das Obras Públicas em 1924. Nessa época a passagem de uma margem para a outra do rio era feita em barcos a motor que partiam do cais de Vila Franca e do Cabo. Na altura, a ponte mais próxima de Lisboa era a de Santarém.

O Engenheiro Duarte Pacheco afirmou na altura, a uma das comissões que se deslocou ao Ministério das Obras Públicas a pedir que fizessem a obra, que a ponte seria construída, tendo afirmado também, depois de alguém ter sugerido a ideia do Estado conceder a sua construção e exploração, a uma empresa particular que isso não era possível, que ao Estado é que competia construí-la, não havendo, portanto, portagens a pagar, pois ela seria a ligação da estrada de Leste com a do Sul, no Cabo.

Assim deu-se início à fase de estudo e concurso, já que depois da morte do Ministro Duarte Pacheco, os engenheiros que ficaram à frente do projecto, Cancela de Abreu e José Frederico Ulrich, eram de opinião contrária à do falecido ministro e a ponte acabou mesmo por ter portagem. Na fase de estudo, principiou-se pela execução de sondagens, não só para determinar as características geológicas dos terrenos do subsolo, mas também para fixar o local mais conveniente à construção da ponte.

Vinte e quatro anos após o pedido da autarquia de Vila Franca e depois de estudos para definir qual seria o melhor local para construir a ponte sobre o Tejo e da elaboração de um projecto e respectivo concurso de adjudicação da obra, em Abril de 1948, a construção foi concedida ao grupo formado pela Sociedade de Empreitadas e Trabalhos Hidráulicos Lda. e pela Dorman, Long & Co. Lda., uma escolha justificada como “a proposta mais vantajosa para o Estado português”. Em Junho de 1949, depois da apresentação do projecto definitivo e da consignação da obra, começariam os trabalhos.

Os cinco arcos que caracterizam a ponte foram construídos em Inglaterra, em estaleiros de uma das empresas do grupo a quem foi consignada a obra, e depois transportados para Portugal de barco. A ponte foi concluída e oficialmente inaugurada a 30 de Dezembro de 1951 pelo então Presidente da República, o general Craveiro Lopes. Além dos populares que assistiram à inauguração, que foi precedida de actos oficiais e culturais, estiveram também presentes no acto solene o cardeal-patriarca

de Lisboa, Cardeal Cerejeira, o presidente do Conselho, António Oliveira Salazar, entre outros. Com o tempo, esta ponte, viria a ser mais conhecida como "de Vila Franca", foi uma das maiores obras públicas realizadas em Portugal e um marco do antigo regime. Foi a primeira travessia sobre o Tejo na Grande Lisboa, encurtando significativamente as distâncias entre Vila Franca e Porto Alto (Benavente).

Fig.3.91. – Ponte Marechal Carmona

A Ponte Marechal Carmona é uma ponte rodoviária em construção metálica. Apresenta 1224 metros de comprimento com um tabuleiro central de 524 metros, dividido em cinco vãos de 104 metros. Estes cinco vãos metálicos apresentam um banzo inferior recto e o banzo superior em arco parabólico. A infra-estrutura é composta por 37 pilares de betão armado, dos quais 4 se situam no leito do rio e dois são pilares de transição da estrutura metálica para a de betão. As fundações foram construídas em estacas de betão cravadas com 60 e 50 centímetros de diâmetro e 25 metros de comprimento. Apresenta uma largura do tabuleiro, entre guardas, de 12 metros.

Fig.3.92. – Vista superior da Ponte Marechal Carmona

A passagem pela ponte que liga Vila Franca de Xira a Porto Alto, no concelho de Benavente, chegou a ser taxada com portagens. Já com 15 anos de idade, a ponte Marechal Carmona veria nascer mais a sul, no dia 6 de Agosto de 1966, a Ponte 25 de Abril, na altura conhecida como Ponte Salazar.

Fig.3.93. – Montagem do banzo inferior da Ponte Marechal Carmona (1950)

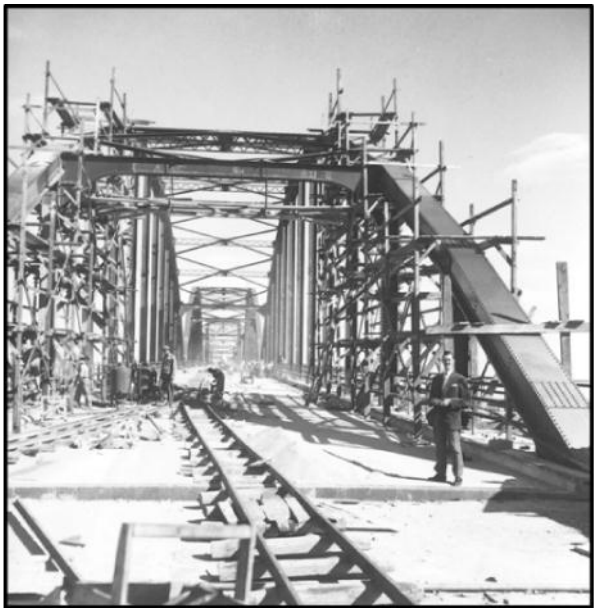


Fig.3.94. – Montagem do banzo superior da Ponte Marechal Carmona (1950)

3.3.3. Primeira ponte sobre o Rio Tejo – Ponte 25 de Abril

A primeira ideia sobre a construção de uma ponte, que viesse a fazer a ligação entre as cidades de Lisboa e Almada, situada à esquerda na descida do Rio Tejo remonta ao ano de 1876. Nessa altura, o

Engenheiro Miguel Pais sugere que a sua construção seja feita entre o Grilo (em Lisboa) e o Montijo. Esta proposta contemplava uma solução mista para os tráfegos, tanto rodoviário como ferroviário e apresentava um tabuleiro duplo com 76 tramos, dos quais 74 tinham 60 metros e os dois extremos 48 metros.

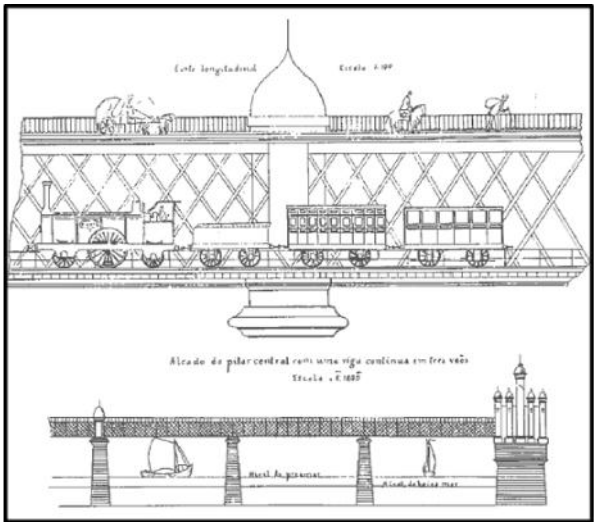


Fig.3.95. – Primeira proposta de ponte sobre o Rio Tejo (1876)

Em 1888, um engenheiro norte-americano, de nome Lye, propõe que a ponte seja construída entre a zona do Tesouro Velho (actual Chiado) e Almada.

No ano de 1889, dois engenheiros franceses, de nome Bartissol e Seyrig, sugerem a ligação rodoviária e ferroviária, a partir da zona da Rocha Conde de Óbidos, do lado de Lisboa, e Almada, através de uma ponte com 2500 metros de comprimento, que seria assente numa série de arcos com vãos diferentes. Logo no ano seguinte, surge uma nova proposta, feita por uma empresa alemã, que propunha a ligação entre a zona do Beato, do lado de Lisboa, e o Montijo, ideia que teve bastante aceitação por parte da opinião pública.

Já no século vinte, no ano de 1913, o Governo português recebe uma sugestão para a construção de uma ponte, retomando a ligação entre a zona da Rocha Conde de Óbidos e Almada. Esta proposta é reatada, em 1921, pelo engenheiro espanhol Alfonso Peña Boeuf, chegando o seu projecto a ser discutido no Parlamento português. Decorria o ano de 1929, quando o engenheiro português António Belo solicita a concessão de uma via-férrea a estabelecer sobre o Rio Tejo, a partir da zona do Beato, em Lisboa, e o Montijo.

Perante esta iniciativa, o ministro das Obras Públicas, Duarte Pacheco, acaba por nomear, no ano de 1933, uma Comissão, com o fim de analisar a proposta do Engenheiros António Belo, não havendo resultados práticos, pois nenhuma proposta correspondeu ao que o caderno de encargos estipulava sobre o regime da concessão.

No ano de 1953 foi criado, novamente, pelo Governo português, uma Comissão, com o objectivo de estudar e apresentar soluções sobre a questão do tráfego ferroviário e rodoviário entre Lisboa e a chamada margem sul do Rio Tejo e só a 3 de Março de 1960, foi aberto um concurso público internacional onde foram apresentadas quatro propostas. A obra foi adjudicada à empresa norte-

americana United States Steel Export Company, que, já em 1935, tinha apresentado um projecto para a sua construção. O projecto da ponte foi da autoria do Gabinete de Engenharia de Nova Iorque, Steinman, Boynton, Gronquist&London com intervenção do Gabinete da Ponte sobre o Tejo e Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

A 5 de Novembro de 1962 iniciam-se os trabalhos de construção. Em menos de quatro anos a Ponte sobre o Tejo é inaugurada (seis meses antes do prazo previsto), cerimónia que decorreu no dia 6 de Agosto de 1966, do lado de Almada, na presença das mais altas individualidades portuguesas, das quais se destacam o Presidente da República, Almirante Américo de Deus Rodrigues Tomás, o Presidente do Governo, António de Oliveira Salazar e o Cardeal Patriarca de Lisboa, D. Manuel Gonçalves Cerejeira, passando a ser chamada, oficialmente, por Ponte Salazar.

A manutenção e exploração feitas, até Janeiro de 1973, pelo Gabinete da Ponte sobre o Tejo passam para a responsabilidade da Junta Autónoma de Estradas e com a Revolução de 25 de Abril de 1974, o nome da ponte é mudado para Ponte 25 de Abril.

Devido ao grande volume tráfego, a 23 de Julho de 1990, foi aberta ao trânsito uma quinta faixa, no lugar onde antes estava o separador central. Era uma via reversível, funcionando para Norte de manhã e para Sul ao fim da tarde. Pintada de branco, ficou conhecida como "a noiva".

Fig.3.96. – Alargamento da Ponte sobre o Tejo (1990)

Devido à criação da quinta faixa, o aumento da capacidade resultante, obrigou à reformulação da Praça da Portagem e à inversão do sentido de cobrança da portagem, passando a ser cobrada a portagem no sentido Almada/Lisboa.

Ainda que projectada para suportar, em simultâneo, tráfego ferroviário e rodoviário, nesta fase só fica preparada para a passagem de veículos rodoviários. É em 1990, que o Governo português procede à elaboração de um projecto para a instalação do tráfego ferroviário, através da montagem de um novo tabuleiro, alguns metros abaixo, do tabuleiro do trânsito rodoviário, já em funcionamento.

Em 1995, após a realização de um concurso internacional, são iniciadas as obras de reforço, alargamento do tabuleiro e inclusão da via-férrea na ponte e seus acessos. As obras efectuadas incluíram os seguintes trabalhos:

- Reforço estrutural da ponte, com a construção de dois cabos de suspensão secundários e respectivas ancoragens nas duas margens;

- Reforço da viga de rigidez;

- Construção do tabuleiro ferroviário para via dupla no interior da viga de rigidez;

- Alargamento do tabuleiro rodoviário para seis vias, com separador central (obra inaugurada no final de 1998);

- Beneficiação geral da estrutura existente, incluindo decapagem e pintura total;

- Renovação da instalação eléctrica, de sinalização e decorativa;

- Construção do tabuleiro ferroviário sob o tabuleiro rodoviário do Viaduto de Alcântara;

- Beneficiação geral do tabuleiro rodoviário do Viaduto de Alcântara, com supressão de algumas juntas e substituição de outras.

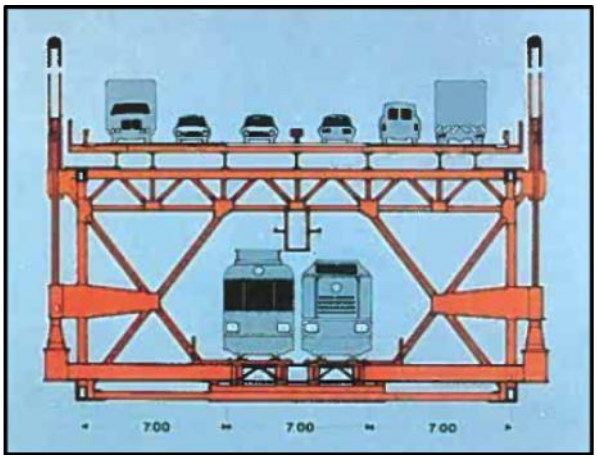


Fig.3.97. – Alargamento do tabuleiro e inclusão da via-férrea na Ponte sobre o Tejo

Foi a primeira vez que se levou a efeito um reforço neste tipo de estrutura tendo em vista a sobrecarga motivada pelo modo de exploração ferroviário. O peso dos comboios considerado, foi duas vezes e meia superior ao que foi tido em consideração aquando da elaboração do projecto em 1960/1961. A 30 de Julho de 1999 é inaugurada este novo tipo de travessia.

A Ponte sobre o Tejo é uma ponte suspensa, com um comprimento total de cerca de 2227,64 metros, apresentando um vão principal de 1012,88 metros. Na margem Norte existem dois vãos extremos e na margem Sul apenas um, cada um deles com 100 metros aproximadamente. Trata-se de uma das treliças mais longas do mundo, com ambas as torres principais elevando-se cerca de 190 metros acima

do nível da água e tendo uma altura livre acima do nível das águas de 70 metros, que assegura o acesso de navios de grande porte, ao porto de Lisboa.

A Norte, a ponte suspensa está ligada a um viaduto em betão com um comprimento de 945 metros, 14 vãos, apresentando o maior 76 metros. O conjunto mede aproximadamente 3.255 metros.

Os acessos a Norte permitem a ligação a: Alcântara, Amoreiras, auto-estrada A5 e Eixo Norte/Sul e a Sul à auto-estrada A 2 e ao IC 20.

Desde a sua entrada em funcionamento, surgiu uma grande explosão urbanística na margem esquerda do Rio Tejo, de Almada a Setúbal, estimulando, igualmente, o crescimento económico e turístico do sul de Portugal, destacando-se, neste caso, a região do Algarve.

A grandeza e a imponência da Ponte 25 de Abril estão bem exprimidas no facto de, à data da sua inauguração, ser a quinta maior ponte suspensa do mundo e a maior fora dos Estados Unidos da América. Passados quarenta anos, após a sua inauguração, ocupa, agora, o 17º lugar, a nível mundial.

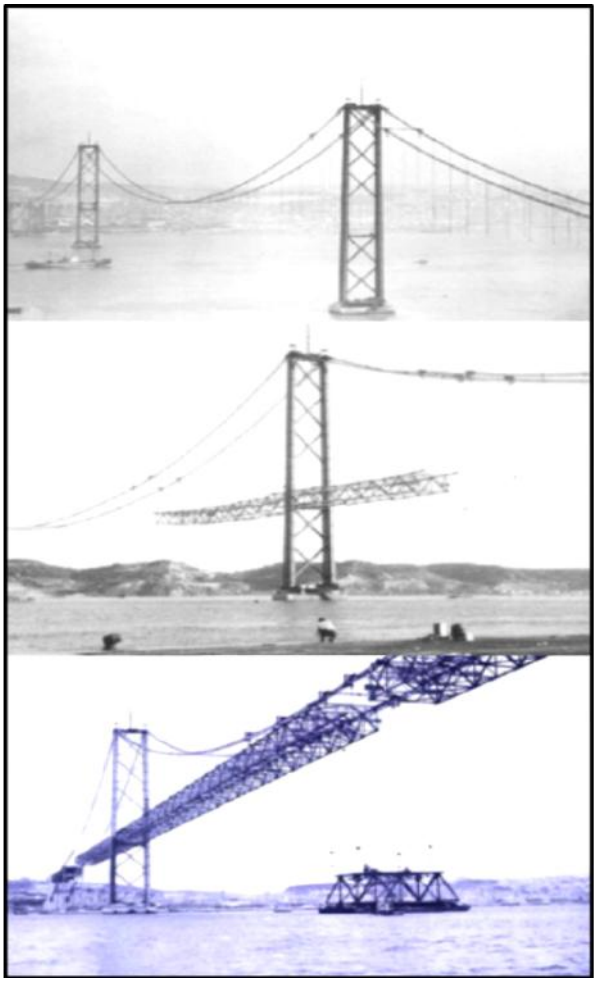


Fig.3.98. – Sequência de trabalhos efectuados na construção da Ponte sobre o Tejo

Fig.3.99. – Visão nocturna da Ponte 25 de Abril

3.3.4. Ponte Vasco da Gama

Em 1991, o Governo português toma a decisão de construir uma segunda travessia sobre o Rio Tejo, constituindo-se nessa altura o GATTEL (Gabinete para a Travessia do Tejo em Lisboa), com a função de decidir a sua localização e coordenar e controlar os processos exigidos para promover a sua construção e exploração por uma concessionária privada.

Em Abril de 1994, a Lusoponte, consórcio de empresas portuguesas, inglesa e francesa ganha o concurso público internacional para a concessão do projecto, construção, financiamento e exploração da nova travessia.

O início da construção da Ponte Vasco da Gama deu-se a Fevereiro de 1995 e a sua inauguração a 29 de Março de 1998. Recebeu o seu nome no mesmo ano em que se festejou o 5º centenário da chegada de Vasco da Gama à Índia.

A localização foi escolhida com o intuito de que deveria proporcionar uma nova travessia que aliviasse o congestionamento do tráfego na Ponte 25 de Abril e que evitasse que o tráfego pesado que se desloca entre o Norte e o Sul do país entrasse na cidade de Lisboa.

Este projecto, que foi concluído num curto prazo de construção de modo a permitir o fácil acesso à Expo 98, incluiu igualmente o projecto de expropriações e realojamento que, pela primeira vez em Portugal, ficou a cargo de uma entidade privada.

Uma das grandes preocupações deste gigantesco projecto foi sempre a preservação do meio ambiente em que se inseriu, dando origem a um vasto programa ambiental implementado desde o início da construção e que incluiu, entre outras coisas, a recuperação das Salinas do Samouco localizadas na Zona de Protecção Especial.

A construção da Ponte Vasco da Gama sobre o Rio Tejo pela Lusoponte, está agora escrita nas memórias da história da Engenharia Civil como um dos maiores e mais bem sucedido projecto do século XX.

O reconhecimento internacional desta obra está bem patente na atribuição do primeiro prémio pela prestigiada Instituição Ibero-Americana de Arquitectura e Engenharia Civil, durante o ano de 2000.

O projecto foi dividido em sete fases (os nós de Sacavém e da Variante à EN10, o Viaduto Norte, o Viaduto da Expo, a Ponte Principal, o viaduto Central, o Viaduto Sul, o Acesso Sul), que foram construídas por consórcio de quatro empresas (Kvaerner Technology Ltd.; EEG – Europe Etudes Gecti; COBA – Consultores para Obras, Barragens e Planeamento; e a PROPONTE – Projecto de Pontes e Estruturas Especiais). Cada elemento deste consórcio ficou responsável por uma secção diferente da travessia e o seu trabalho foi coordenado por uma equipa de gestão de projectos constituída por representantes de cada empresa.

A ponte principal é uma estrutura de betão espectacular, já que o tabuleiro se encontra atirantado por cabos às torres principais. Apresenta um vão central de 420 metros e vão laterais de 203 metros. As torres centrais medem 150 metros de altura e o tabuleiro está 47 metros acima do nível da água na zona do canal de navegação, denominado Cala do Norte.

O tabuleiro é uma estrutura mista, composta por lajes de betão que se encontram assentes em carlingas de aço encastradas em duas vigas de betão laterais de onde partem os tirantes para as torres.

Fig.3.100. – Construção do vão principal da Ponte Vasco da Gama

As torres Norte e Sul, em forma de “H”, apoiam-se em fundações também concebidas para suportarem o impacto de uma navio de 30000 toneladas que se desloque a uma velocidade de 12 nós. Cada fundação destas torres assenta em 44 estacas moldadas com 2,2 metros de diâmetos e atingem profundidades superiores a 65 metros.

Fig.3.101. – Construção da torre Norte da Ponte Vasco da Gama

A ponte foi construída para durar 120 anos, e suportar ventos de 250 km/h bem como resistir a um sismo 4 vezes mais forte do que o histórico terramoto de Lisboa, em 1755, terramoto esse de cerca de 9 graus na escala de Richter.

Quadro 3.14. – Características da Ponte Vasco da Gama

Características da Ponte Vasco da Gama	
Comprimento total da travessia	17.185m
Comprimento total das estruturas em ponte e viadutos	12.345m
Comprimento do acesso até Sacavém	945m
Comprimento do viaduto Norte	488m (11vãos)
Comprimento do Viaduto da Expo	672m (12 vãos)
Comprimento da Ponte Principal	826 m
Comprimento do vão principal	420 m
Altura dos pilares do vão principal	148 m
Altura livre para a navegação	47 m
Comprimento do Viaduto Central	6.531m (80 vãos)
Comprimento do Viaduto Sul	3.825m (84 vãos)
Comprimento do acesso até ao Montijo	3.895 m
Número de caixotões	81
Volume total de betão	730.000 m^3
Peso do aço em armaduras	100.000 toneladas
Total de vigas - tabuleiro pré-fabricadas	150
Volume total de movimentação de terras	1.400.000 m^3
Área total de tapete betuminoso	400.000 m^2
Número máximo de trabalhadores	3.300

Uma das particularidades deste projecto é que teve de ser tomado em conta a curvatura da Terra, caso contrário, iria existir um desvio de 80 centímetros nas extremidades da ponte.

Fig.3.102. – Ponte Vasco da Gama

4

INFRA-ESTRUTURAS RODOVIÁRIAS – NECESSIDADE DO ENSINO

4.1. PRIMEIROS ENSINAMENTOS DE ENGENHARIA NO MUNDO

As primeiras obras de Engenharia de que se tem conhecimento na História da Humanidade dizem respeito à fortificação da cidade de Jericó e datam de 8000 a.C., portanto há mais de 10000 anos.

A Engenharia nasceu com a necessidade de proteger as cidades e suas populações de ataques por outras tribos. Depois, surgiu a necessidade de deslocar tropas para o combate e construir estradas, pontes, etc. Paralelamente a isso, já se desenvolviam, também, construções de embarcações e de armas e alguns artefactos de guerra, tudo requerendo a máxima tecnologia comparativamente com outros povos, pois já naquela época, vencia quem tinha mais tecnologia. Pode-se concluir que a Engenharia nasceu para suprir necessidades de combate, seja defesa ou ataque, como uma atividade militar. As primeiras tropas, consideradas como sendo as mais organizadas, foram as do exército romano, pois tinham treino especializado em locais específicos que hoje seriam consideradas escolas, e deixaram obras como estradas, pontes, fortificações por toda a Europa, muitas delas ainda existentes. Leonardo da Vinci e Galileu também fizeram muitos projetos com finalidades militares. Assim, o Engenheiro começou por ser militar, antes de se autonomizar a Engenharia Civil.

Pode-se dizer que a engenharia científica só teve início quando se começou a chegar a um consenso de que tudo aquilo que se fazia em bases empíricas e intuitivas, era na realidade regido por leis físicas e matemáticas, que importava descobrir e estudar. Leonardo da Vinci e Galileu, nos Séculos XV e XVII, podem ser considerados como os precursores da engenharia científica. Leonardo fez a primeira tentativa de aplicar a estática para a determinação das forças actuando numa estrutura simples, ou seja, a primeira aplicação da matemática à engenharia estrutural. Os seus estudos, entretanto, nunca foram publicados e permaneceram ignorados por séculos. Galileu publicou, em 1638, o famoso livro "As Duas Novas Ciências", que trata, entre outros assuntos, da resistência de vigas e de colunas, sendo assim o primeiro livro, em todo mundo, no campo da resistência dos materiais.

Daí por diante, aos poucos a engenharia foi-se estruturando, à medida também que se desenvolviam as ciências matemáticas. Mas somente no Século XVIII foi possível chegar-se a um conjunto sistemático

e ordenado de doutrinas, que constituíram a primeira base teórica da engenharia. A lei de Hooke, princípio básico da resistência dos materiais, é de 1660; o cálculo infinitesimal, ferramenta fundamental da análise matemática, foi descoberto por Newton e Leibniz em 1674. Em 1729, publica-se a primeira edição do livro "La Science des Ingénieurs", do engenheiro militar francês General Belidor, que teve muitas edições e foi um texto clássico, durante muito tempo. Esse livro, foi o primeiro em que se sistematizou o que havia até então na ciência do engenheiro.

Os estudos de Bernouilli, de Euler e de Navier, que fundaram a hidrodinâmica e a teoria das estruturas, são de meados do Século XVIII e início do XIX. Em 1798, é publicado o livro de Girard, primeiro livro especificamente a tratar da resistência dos materiais.

Não é por isso de surpreender o excessivo dimensionamento das construções antigas: o construtor, na impossibilidade de calcular, tinha que se garantir exagerando nas espessuras e nas secções.

A engenharia moderna nasceu dentro dos exércitos; a descoberta da pólvora e depois o progresso da artilharia, obrigaram a uma completa modificação nas obras de fortificação, que, principalmente a partir do século XVII, passaram a exigir profissionais habilitados para o seu planeamento e execução. A necessidade de realizar obras que fossem, ao mesmo tempo, sólidas e económicas, como também, estradas, pontes e portos, para fins militares, forçou o surgimento dos oficiais engenheiros e a criação de corpos especializados de engenharia nos exércitos. Tal se deu em França, em 1716, por iniciativa de Vauban, e em Portugal, em 1763, no reinado de D. José I, como parte da reorganização do exército português, promovida pelo Conde de Lippe, contratado para esse fim pelo Marquês de Pombal.

Em 1794, funda-se em Paris, por iniciativa de Gaspard Monge e de Fourcroy, a famosa École Polytechnique, que se tornou o modelo de outras escolas de engenharia pelo mundo afora. Essa escola tinha o curso em três anos, onde professores de alto nível (Monge, Lagrange, Prony, Fourrier, Poisson, etc.) ensinavam as matérias básicas da engenharia, sendo os alunos depois encaminhados a outras escolas especializadas. Contudo, a primeira escola de Engenharia do mundo foi a École Nationale des Ponts et Chaussées (1747). Algumas outras menores como a École Royal du Génie, de Mezieres (1749), École Natonale Supérieure de Mines, precursora da Engenharia de Minas, também surgiram. Uma curiosidade, é a relação entre os termos "mina" para explorar minerais (carvão, ouro, etc) com "mina" artefato de guerra. Um deriva do outro porque a École de Mines preparava tropas de Engenharia para escavar túneis por baixo das muralhas de fortificações e colocar explosivos para as demolir e facilitar o ataque das tropas.

Quase todo o mundo seguiu a tendência francesa, inclusive Portugal que criou a sua primeira Escola de Engenharia, a Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho, primeiro em Portugal (1790), e dois anos depois no Brasil (1792), considerada a primeira escola de Engenharia das Américas, que deu origem ao Instituto Militar de Engenharia, a Escola Politécnica da UFRJ e à Academia Militar das Agulhas Negras.

Nos Estados Unidos as primeiras escolas deste tipo foram o MIT (Massachusetts Institute of Technology – 1865) o California Institute of Technology (1919) e o Carnegie Institute of Technology (1905). Porém, talvez a mais característica escola de engenharia dos EUA foi o Rensselaer Polytechnique Institute, fundada em 1824. Entretanto, já em 1794 tinha sido criada a primeira escola

de engenharia dos EUA, a Academia Militar de West Point, que incendiou dois anos depois, sendo reaberta em 1802 (ano considerado como o oficial da sua fundação).

Para o desenvolvimento da engenharia, o passo seguinte foi a criação das escolas técnicas superiores nos países de língua alemã. As escolas de Praga (1806), de Viena (1815), de Kerlsruche (1825) e de Munique (1827), são exemplos neste sentido. Entretanto a escola que maior importância teve no aparecimento da engenharia moderna foi a de Zurique (1854) – Eidgenissiche Technische Hochschule.

O termo Engenheiro, naquela época, era definido pelos dicionários, como "oficial que sabe arquitetura militar e dirige os trabalhos para o ataque e defesa de praças". O termo Engenheiro Civil surgiu apenas no século XVIII e servia para diferenciar uma nova categoria de engenheiros que não era militar. Essa designação foi criada pelo inglês John Smeaton, considerado o pai da Engenharia Civil, sendo também um dos criadores do cimento Portland, que se auto-intitulou Engenheiro Civil. Os profissionais que faziam construções em geral, não militares, sem nenhuma base teórico-científica, apenas por experiência, eram chamados "mestres de risco" ou "mestres pedreiros", antecessores dos actuais arquitectos.

Deve ser registada uma diferença fundamental entre as primeiras escolas de engenharia e as actuais. As primeiras instruíam para técnicas e processos. Hoje, a preocupação é sobretudo formar e educar, para fornecer ao futuro profissional armas para que este possa resistir ao rápido obsoletismo das técnicas e secundariamente treinar.

4.2. Primeiros ensinamentos de Engenharia em Portugal

4.2.1 Introdução

Em Portugal, desde o início do Século XVIII já havia começado um surto de progresso da engenharia e ciências afins (astronomia, cartografia, etc.), por iniciativa do Rei D. João V, que queria recuperar o atraso em que o país se encontrava, em relação a outras nações. Para esse progresso muito contribuíram Manuel de Azevedo Fortes, engenheiro-mor do reino, e o Colégio de Santo Antão, dirigido pelos padres jesuítas, no qual, desde o Século XVI, havia a “Aula da Esfera”, onde se ensinava matemática aplicada à navegação e às fortificações, e de onde derivaram muitos dos engenheiros militares que actuaram no Brasil-Colónia. Nesse Colégio, o Rei D. João V mandou instalar, em 1739, um observatório de astronomia que era tido como um dos melhores da Europa, no seu tempo.

A longa tradição da unidade dos saberes prolongou-se ao longo de todo o século XIX. A indústria, ainda incipiente no país, dificilmente exigia grandes especializações. Três estabelecimentos corporizam na primeira metade deste século esta concepção: a Academia Politécnica do Porto, a Escola Politécnica de Lisboa, a Faculdade de Filosofia da Universidade de Coimbra. Todas foram criadas com base no modelo da “grande escola” que reúne todos os grandes saberes técnicos do tempo: a Engenharia, o Comercio, a Agricultura e a Navegação. Para além destas escolas, que foram praticamente as pioneiras no ensino de engenharia em Portugal, passaram a existir outras que apareceram ao longo da segunda metade do século XIX como: a Escola Industrial do Porto (1852), criada por Fontes Pereira de Melo e que deu origem ao actual Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP); o Instituto Industrial e Comercial de Lisboa

(1869), herdeiro do antigo Instituto Industrial de Lisboa criado também por Fontes Pereira de Melo em 1852 e que deu origem ao Instituto Superior Técnico (IST).

Entre todos os saberes técnicos, apenas a engenharia sobressai com maior coerência no quadro destes estabelecimentos. Lentamente as "ciências naturais" ou "fundamentais" acabam por se destacar como base dos diferentes saberes aplicados. Ciência e técnica dividem-se então. A importância crescente dos laboratórios e gabinetes prolonga o valor da experimentação e sobretudo da investigação aplicada no novo ensino superior.

O ensino de engenharia persistiu unido aos estabelecimentos militares, a Escola do Exército e a Escola Naval, condicionando o seu desenvolvimento entre nós, como veremos, facto particularmente sensível em Lisboa.

4.2.2. Primeiros ensinamentos de Engenharia no Porto

A Academia Politécnica do Porto surgiu também em 1837 na sequência da remodelação da antiga Academia Real da Marinha e Comércio (1803), por acção de Passos Manuel. Ao contrário da de Lisboa, aqui o ensino adquiriu logo uma feição aplicada. Esta Academia tinha como missão formar engenheiros civis e militares, de todas as classes, tais como de minas, pontes, estradas, construções, e outros domínios, assim como condutores de construções, oficiais da marinha, comerciantes, agricultores, pilotos, Directores de fábricas e em geral artistas.

Para este ambicioso projecto são criados laboratórios industriais de química e física, oficinas de maquinaria e metalurgia.

O ensino da Engenharia tornou-se no principal núcleo de ensino da Academia, podendo por isso ser considerado a primeira escola civil de engenharia do país. Eram estabelecidos quatro tipos de engenheiros:

- Engenheiros de Minas;

- Engenheiros de Pontes e de Estradas;

- Engenheiros Construtores de Navios;

- Engenheiros Geógrafos (curso suprimido em 1885).

Para todos estes cursos, assim como para os demais da Academia eram estabelecidas 11 cadeiras, ficando ainda estabelecido que os cursos teriam uma duração, não inferior a cinco anos. Os currículos destes cursos estavam todos subordinados às mesmas concepções: a unidade subjacente às diferentes ciências devia traduzir-se na criação de um tronco comum de saberes, vivificados pelo estudo experimental nos laboratórios de química, gabinetes de máquinas, de história natural, no jardim botânico, nas oficinas de metalurgia e no observatório de astronomia. Não temos pois um ensino especializado, mas conjuntos de saberes com algumas dominantes.

Durante trinta e oito anos de existência da Academia os cursos de engenheiros geógrafos, engenheiros construtores de navios e de directores de fábricas nunca tiveram alunos e de 1854 a 1864, formaram-se vinte Engenheiros de Pontes e Estradas.

Em 1868 era criada a cadeira de Mecânica Aplicada às Construções Civis, com dois anos de duração. Em 1869 reforça-se a componente matemática.

Em 1885 processa-se a mais importante reforma deste ensino. Os cursos, tal como as cadeiras, estavam desfasadas dos progressos científicos e técnicos do tempo. O ensino prático não tinha tido qualquer importância especial. A Nova Reforma aumenta de 11 para 18 as cadeiras da Academia, reestrutura os seus conteúdos, suprime cursos e reforça o ensino da engenharia, embora haja suprimido o de engenheiros geógrafos.

Na Academia passavam a existir agora apenas três cursos de engenharia, correspondentes às principais áreas de actividade do norte do país:

- Curso de Engenheiros Civis de Obras Públicas;

- Curso de Engenheiro Civis de Minas;

- Curso de Engenheiros Civis Industriais.

A duração destes cursos foi agora fixada em seis anos, sendo quatro de preparação (ciências matemáticas, físico-química, etc.), e dois de aplicação. Adoptava-se um modelo de ensino inspirado nas escolas Belgas de engenharia e na Escola Politécnica do Rio de Janeiro.

A Academia preparava alunos também para as Escolas do Exército, Naval, de Medicina e Farmácia. Após a implantação da República, o primeiro governo efectuou uma reforma do ensino superior decretada a 22 de Março de 1911. Começou então, pela criação da Universidade do Porto e da Universidade de Lisboa, duas Universidades com autonomia pedagógica e administrativa e pela reforma da Universidade de Coimbra.

Segundo esta reforma, a Academia Politécnica do Porto, foi transformada em Escola de Engenharia, a qual ficou anexa à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Esta escola de Engenharia manteve o plano de estudos, para os cursos de engenharia, aprovado em 1885, extinguindo-se apenas o conceito de cadeira passando a surgir o conceito de disciplina. Esta situação provocou os protestos dos professores do Porto, pela boca dos representantes da cidade, o que conduziu à publicação da Lei n. 410, de 31 de Agosto de 1915 que transformou a Escola de Engenharia, anexa à Faculdade de Ciências, em Faculdade Técnica da Universidade do Porto com autonomia própria. Esta mesma lei determinou a divisão dos cursos de Engenharia em cinco cursos primordiais de engenharia (Civil, Minas, Mecânica, Electrotécnica e Químico-Industrial), com três anos de aplicação e com 29 cadeiras (na Escola de Engenharia anexa à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (1911-1915) apenas havia 8 cadeiras especiais para engenharia).

A 17 de Novembro de 1926, o decreto nº12:696 altera a denominação da Faculdade Técnica da Universidade do Porto, passando esta a ser chamada Faculdade de Engenharia da Universidade do

Porto (FEUP). Nesse mesmo ano, começou-se também a planear a construção de um edifício próprio para acolher a comunidade académica da FEUP. E em 1937 dá-se a mudança de instalações para a Rua dos Bragas, passando a ser esta a nova morada da Faculdade de Engenharia. Esta data coincide com o centenário da Academia Politécnica do Porto.

O Decreto nº 40378, de 14 de Novembro de 1955 fixa a organização dos cursos de Engenharia reconhecidos nas Universidades Portuguesas (Civil, Minas, Mecânica, Electrotécnica e Químico-Industrial). Este Decreto atribui aos cursos de Engenharia um plano de estudos único e obrigatório para as Faculdades de Ciências e Instituto Superior Técnico quanto aos três primeiros anos e um plano diferente para os três anos restantes para o Instituto Superior Técnico e para a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. A reforma do ensino de 1970 introduziu importantes alterações na organização dos cursos de Engenharia os quais foram encurtados para cinco anos.

Em 1974, a Faculdade de Engenharia passou a assegurar o ensino dos cinco anos das suas licenciaturas, deixando de caber à Faculdade de Ciências o ensino dos dois primeiros anos.

Em 1988, a publicação da lei de Autonomia Universitária veio permitir que a Faculdade de Engenharia aprovasse os seus primeiros estatutos onde foi fixada a sua autonomia administrativa, financeira e pedagógica.

A pós-graduação constitui também uma das áreas de grande investimento da FEUP desde que, em 1981, foi criado o primeiro curso de mestrado. Desde essa data que têm vindo a ser criados diversos cursos deste nível, sendo hoje oferecidos diversos mestrados, cobrindo vários ramos da Engenharia. A FEUP oferece ainda doutoramentos em todas as áreas científicas correspondentes aos departamentos e ainda nas áreas interdisciplinares de Engenharia e Ciências de Engenharia.

No ano de 2000, a FEUP é transferida para o Campus da Asprela, adquirindo a indispensável estabilidade com as suas instalações definitivas.

Hoje em dia, todos os cursos são acreditados pela Ordem dos Engenheiros, à excepção dos Mestrados Integrados em Engenharia do Ambiente e Bioengenharia, criados respectivamente nos anos lectivos de 2004/05 e 2007/08, pelo que se espera pelos primeiros graduados para avaliação pela Ordem dos Engenheiros.

4.2.3. Primeiros ensinamentos de Engenharia em Lisboa

A Escola Politécnica de Lisboa, actual Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, foi criada pelo decreto conjunto do Ministério do Reino e do Ministério da Guerra em 11 de Janeiro de 1837 e inspirou-se na École Polytechnique em Paris (1794). Para o facto foi determinante a acção de Sá da Bandeira, na altura ministro da Guerra. Esta escola sucedeu à Academia Real da Marinha (1779-1837), a qual foi extinta pelo mesmo decreto de criação daquela.

A escola ficou instalada no antigo edifício do Real Colégio dos Nobres, extinto no mesmo decreto da sua criação, onde passou a assumir parte das funções daquele, sendo ali também construídos importantes laboratórios experimentais de física, química e ciências naturais.

Esta escola tinha como objectivo "Habilitar alunos com conhecimentos necessários para servirem os diferentes cursos das escolas de aplicação do exército e da marinha, oferecendo ao mesmo tempo os meios de propagar a instrução geral superior e de adquirir a subsidiária para outras profissões científicas", como se lê no preâmbulo do decreto que a funda. Era portanto uma escola preparatória aos estudos de medicina, farmácia, comercio, industria, aos cursos de engenharia militar e civil, aos de oficiais e construtores da marinha e da artilharia e Estado-Maior. Neste sentido são estabelecidos cinco cursos preparatórios: um curso geral de quatro anos, com disciplinas diferentes e que abrangia os principais ramos científicos da época (Matemática, Astronomia, Geodesia, Física, Química, Mecânica, Mineralogia, Geologia, Economia, Zoologia, Botânica, etc.); um curso preparatório de quatro anos para oficiais do Estado-Maior, Engenharia Militar e Engenharia Civil; três cursos preparatórios de três anos, destinado a oficiais de artilharia, oficiais da marinha e engenharia naval. A Escola Politécnica era, portanto, tutelada pelos ministérios da Guerra e da Marinha e Ultramar, sendo considerado um estabelecimento de ensino militar.

No relatório da sua criação enuncia-se também um outro objectivo: preparar os futuros mestres para as escolas especiais que no futuro se criassem para as diversas actividades.

A preponderância dos militares revelou-se contudo funesta ao desenvolvimento da Escola, dado que os mesmos subordinavam-na à Escola do Exército e Escola Naval. Na primeira será ministrado o importante curso de engenharia civil e o de minas. O primeiro director da escola foi o Coronel Engenheiro José Feliciano da Silva Costa, coadjuvado no trabalho de organização da mesma por José Cordeiro, decano da Academia da Marinha, o General Fortunato José Barreiros, lente da antiga Academia de Fortificação, Artilharia e Desenho, o Dr. Guilherme José António Dias Pegado, Lente do Real Colégio Militar, e António Cabral de Sá Nogueira, provedor da Casa da Moeda. Até 1859 a Escola Politécnica ficou na dependência do Ministério da Guerra, só então se começou a desenvolver em termos independentes, reforçando a sua componente de "ciências naturais", e em 1885 da antropologia.

Apesar do peso dos militares, a actividade desta escola está longe de lhes estar subordinada. Por exemplo, Joel Serrão colocou em destaque a importância que assumiu na preparação dos engenheiros que encabeçaram o movimento Regenerador. Mas, no campo científico, a Escola a partir da Regeneração, atingiu em diversos domínios científicos, uma assinalável projecção: nas matemáticas, com Gomes Teixeira; na Meteorologia, logo após a criação do Observatório Meteorológico Infante D. Luís (1854); na Geografia, com Silva Teles; na Botânica, Júlio Henriques e o Conde Ficalho, organizador do Jardim Botânico anexo à Escola (1873-1876); na Zoologia, com Barbosa do Bocage, fundador do Museu desta escola (1858); em Antropologia, com Carlos ribeiro, e em outros domínios.

A 22 de Abril de 1843, o edifício onde se encontravam instaladas a Escola Politécnica e a Escola do Exército sofre um grande incêndio, ficando completamente destruído. É projectado então um novo edifício que será construído no local do anterior, ao longo de várias fases, a partir de 1857. Entretanto, o novo edifício já só albergará a Escola Politécnica, uma vez que a Escola do Exército foi instalada no Palácio da Bemposta em 1850.

Pela Carta de Lei de 7 de Junho de 1859, a Escola Politécnica passa a ter um estatuto civil, ficando sob a tutela do Ministério do Reino.

Em 1911, na sequência da criação da Universidade de Lisboa, é prevista que esta inclua uma Faculdade de Ciências. A nova Faculdade de Ciências vai resultar da transformação da Escola Politécnica, entrando em funcionamento no ano lectivo de 1911-1912.

A 23 de Maio de 1911 é fundado, por Alfredo Bensaúde, o Instituto Superior Técnico (IST), uma instituição de Engenharia, Arquitectura, Ciência e Tecnologia. Este Instituto, bem como o Instituto Superior de Comércio, resultaram da divisão e da extinção do Instituto Industrial e Comercial de Lisboa, criado na segunda metade do século XIX, no qual, se formavam engenheiros industriais. Inicialmente no IST eram leccionados cinco cursos de engenharia: Minas, Civil, Mecânica, Electrotécnica e Químico-Industrial. Os estudos iniciavam-se com uma estrutura de carácter geral, que se completava com três anos de especialidade.

Em 1930 surge a Universidade Técnica de Lisboa, e o IST, então com cerca de 20 anos de funcionamento regular, é uma das quatro Escolas que a integra. Ao longo de toda essa década e da seguinte, a imagem dos engenheiros formados no IST foi projectada pela realização de grandes obras de engenharia, impulsionadas por Duarte Pacheco, na altura Ministro das Obras Públicas. Entre 1952 e 1972 a Comissão de Estudos de Energia Nuclear, criada no âmbito do Instituto de Alta Cultura, teve uma importante função na formação de meios humanos, levando à criação de 12 centros de estudos e agrupando um total de 14 laboratórios.

Ainda em 1970 uma nova reestruturação curricular do ensino superior, denominada “Actualização dos Planos de Estudos de Engenharia nas Universidades Portuguesas”, alterou a duração do período mínimo para obtenção do grau de licenciatura de seis para cinco anos lectivos.

O IST é ainda o mentor e impulsionador, desde a década de 1980, de um conjunto de instituições que procuram actuar ao nível da interface entre a Universidade e a indústria, e que desenvolvem, entre outras, actividades de formação profissional e de investigação industrialmente orientada, consolidando a sua posição de grande Escola do País nas áreas de Engenharia, Ciência e Tecnologia nas suas três vertentes de actuação: Ensino, Investigação e Ligação à sociedade.

5

CONCLUSÕES

A presente dissertação é o resultado de três meses de uma pesquisa histórica e evolutiva, relacionada com as estradas, as pontes e com o aparecimento do ensino da Engenharia aplicado às infra-estruturas rodoviárias, partindo sempre de uma abordagem global para uma abordagem particular, onde é mencionado o caso de Portugal.

Durante o processo de investigação foi notória alguma falta de bibliografia, relacionada principalmente com a primeira e última parte do trabalho.

Foi muito importante para a elaboração da primeira parte do trabalho, a pesquisa efectuada na Biblioteca Municipal do Porto, onde foram consultados os diversos Diários do Governo e Diários da Republica, mencionados ao longo do trabalho, bem como algumas referências bibliográficas.

A visita à EP – Estradas de Portugal S.A., em Almada, foi igualmente importante, ai foram consultados os Relatórios de Actividades desde o ano de 1927, que foram muito úteis para completar o estudo até ai realizado através de bibliografia e páginas Web, bem como para elaborar um conjunto de informação sobre os equipamentos outrora utilizados em Portugal para a construção de estradas.

Com este trabalho não só é possível alargar os conhecimentos históricos sobre as infra-estruturas rodoviárias e o aparecimento dos ensinamentos da Engenharia, como também sobre um vasto leque de informações que rodeiam os assuntos.

BIBLIOGRAFIA

[1] Alarcão, Jorge de. *O Domínio Romano em Portugal, 4ªEdição*. Publicações Europa-América,2002.

[2] Azeredo, Manuel, Azeredo, Maria Augusta. *As pontes do Porto – história de uma paixão*. FEUP Edições, 2002.

[3] Azevedo, Maria Conceição. *Directivas para a Concepção de Pavimentos – Critérios de Dimensionamento de Pavimentos*. INIR

[4] Batista, Cyro Nogueira. *Pavimentação*. Editora Globo, 1979.

[5] Begonha, João Bernardo Pessoa. *Auto-Estradas – Características Técnicas*. INIR, 2008

[6] Branco, Fernando. *Pavimentos Rodoviários*. Almedina, Coimbra, 2008.

[7] Brandão, Augusto Pereira. *Estradas e Pontes Romanas*. Estradas de Portugal S.A., Almada, 1995.

[8] Castro, Armando. *Dicionário Enciclopédico da História de Portugal, Volume* I. Publicações Alfa, 1985.

[9] Cruz, Paulo Jorge de Sousa, Cordeiro, José Manuel Lopes. *As Pontes de Porto*. Civilização, 2001.

[10] Decretos Lei – vários números

[11] Diário do Governo e Diário da República – vários números

[12] Direcção dos Serviços de Construção repartição Técnica. *Normas para o Projecto do Traçado de Estradas Nacionais*. JAE, 1967.

[13] Documentação Técnica. *Associação Técnica da Indústria do Cimento, Volume 1*. Lisboa, 1979.

[14] Esposito, Tommaso. *Fondamenti Di Infrastrutture Viarie 1 - La Geometria Stradale*. Hevelius Edizioni

[15] Guedes, Manuel Vaz. *Oitenta anos da FEUP – Engenharia Electrotécnica*. 2006

[16] Guerra, Franklin. *Ciências do Engenheiro*. Porto,2006.

[17] Ministério das Obras Públicas. *Auto-Estradas do Norte – Troço Lisboa Vila Franca de Xira*. Junta Autónoma de Estradas, 1961.

[18] Ministério das Obras Públicas. *Ponte da Arrábida sobre o Rio Douro e seus acessos*. Junta Autónoma de Estradas, 1963.

[19] Monteiro, J.M.Teixeira. *Memória Histórica do Gabinete de Topografia da FEUP*. 1990.

[20] Neto, José Diogo Mascarenhas. *Methodo para construir as estradas em Portugal*. Estradas de Portugal S.A., Almada, 1985.

[21] O'Connor, Colin. *Pontes – 1 Superestrutura*. LTC/EDUSP, Rio de Janeiro, 1975.

[22] *Ponte sobre o Tejo em Lisboa, Relatório de Revisão do Projecto Definitivo*. Ministério das Obras Públicas, Janeiro de 1962.

[23] PRN – 1945. JAE.

[24] PRN – 1985. JAE.

[25] PRN – 2000. JAE.

[26] *Relatórios de Actividades* (1927-1993), JAE.

[27] Rodilo, João. *75 Anos da Administração Rodoviária Portuguesa.* Estradas de Portugal S.A., Almada,2005.

[28] Rodrigues, Adriano Vasco, *História Breve da Engenharia Civil – Pilar da Civilização Ocidental*. Ordem dos Engenheiros Região Norte, Porto, 2006.

[29] *Ponte Maria Pia, A obra-prima de Seyring*. Ordem dos Engenherios, Região Norte, 2005.

[30] Telford, Thomas. *Thames Tunnel to channel Tunnel – 150 years of Civil Engineering*. Edited by Will Howie and Mike Chimes, 1987.

[31] Troyano, Leonard Fernández. *Tierra Sobre el Agua, Vision Histórica Universal de las Puentes*. Colégio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puentes, 1999.

[32] http://pt.wikipedia.org. 2011.

[33] http://viasromanas.planetaclix.pt. 2011.

[34] http://renatolyra.blogspot.com/2010/06/historia-sobre-mais-conhecida-auto.html. 2011.

[35] http://passadocurioso.blogspot.com/2009/02/estradas-macadame.html. 2011.

[36] http://psyspace.wordpress.com/2010/03/28/a-passagem-de-mala-posta-por-vala-de-maceira---3/. 2011.

[37] http://psyspace.wordpress.com/2010/03/28/a-passagem-de-mala-posta-por-vala-de-maceira---1/. 2011.

[38] http://repositorio.ul.pt. 2011.

[39] http://aprenserres.ds.wikispaces.com. 2011.

[40] http://www.apdr.pt/congresso/2009/pdf . 2011.

[41] http://paginas.fe.up.pt . 2011.

[42] http://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/238453/1/dissertaçao.pdf . 2011

[43] http://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/108677/1/cmit_problema2_acetados.pdf . 2011

[44] http://ww2.estg.ipleiria.pt . 2011.

[45] http://equipamentospesados.blogspot.com/2011/01/gente-nunca-esquece-especial-parte-i.html. 2011

[46] http://www.etg.ifmg.br/ensino/transportes/disciplinas/etg033/turmaa/ap13.pdf. 2011

[47] http://camecjcb.com.ph . 2011.

[48] http://www.ritchiewiki.com/wiki/index.php/asphalt_paver. 2011.

[49]http://picturingamerica.neh.gov/dowloads/pdfs/Resorce_Guide/Portuguese/portuguese_PA_Resoece_Book_Chapter13A.pdf. 2011.

[50] http://ecodanoticia.net/phpBB3/viewtopia.php?f=50&t=17624. 2011.

[51] http://www.alvaroazevedo.com/pensil/documentos.html. 2011.

[52] http://ocomboio.net. 2011.

[53] http://comboisn.blogspot.com/2011/03/ponte-d-maria-pia.html. 2011.

[54] http://mjfs.spaceblog.com.br/22248/ponte-infante-d-henriques. 2011.

[55] http://pontesemmassa.blogspot.com. 2011.

[56] http://br.olhares.com/as_pontes_dp _porto.e_gaia__ponte_do_infante_foto1692183.html. 2011.

[57] http://phenomenonpoltergeist.blogspot.com. 2011

[58] http://themagnificentworkers.blogspot.com. 2011.

[59] http://terrasdeportugal.wikidot.com/historia-de-sacavem. 2011.

[60] http://mundodigital.forumaqui.com/t2241-historia-de-sacavem. 2011

[61] http://www.jornallivre.com.br/47470/a-historia-de-sacavem.html. 2011.

[62] http://www.tiosam.org/enciclopedia/index.asp?q=ponte-de-sacavem. 2011.

[63] http://ameu.no.sapo.pt/pontes%20do%20porto.htm. 2011.

[64] http://www.portugalromano.com/?p=215. 2011.

[65] http://carvalhadas-on-line.blogspot.com. 2011.

[66] http://saber.sapo.ao/wiki/ponte_de_sacav%c3%a9m. 2011.

[67] http://www.pbase.com/image/64513157. 2011.

[68] http://semanal.omirante.pt. 2011.

[69] http://olhares.aeiou.pt. 2011.

[70] http://www.cm.vfxira.pt. 2011.

[71] http://velaespanca.blogspot.com. 2011.

[72] http://pontesvida.wordpress.com. 2011.

[73] http://engenhariacivil.wordpress.com. 2011.

[74] http://www.25deabril.com/. 2011.

[75] http://joaogil.planetaclix.pt/k.htm. 2011.

[76] http://historiamc.blogspot.com/208/12/ponte-25-de-abril-ou-salazar.html. 2011.

[77] http://quiosque.aeiou.pt. 2011.

[78] http://www.strawberryworld-lisbon.com. 2011.

[79] http://educar.no.sapo.pt/histformprof78.htm. 2011.

[80] http://br.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080226062807aa4j2qj. 2011.

[81] http://www.ebah.com.be/contet/ABAAABoQAAE/historia-engenharia-no-brasil. 2011.

[82] http://www.rieli.com.br/prifissao/pb33.htm. 2011.

[83] http://www.anet.pt/downloads/bolonha_profissao%20engenheiro_proflurdes%20rodrigues.pdf. 2011.

[84] http://www.ordemengenheiros.pt/pt/centro-de-informação/dossiers/historias-da-engenharia/historia-e-patrimonio-da-politecnica/. 2011.

[85] www.estradasdeportugal.pt/index.php/historia. 2011.

[86] www.pt.josemariaescriva.info/opus_dei/ptappia.pdf. 2011.

[87] www.proasfalto.com.br/pdf/asfalto_capitulo_01_mar1010.pdf. 2011.

[88] www.realcompanhiavelha.pt/historia.cfm. 2011.

[89] www.infopedia.pt/$guerra-civil-em-portugal-(1832-1834). 2011.

[90] www.eb23-cmdt-conceição-silva-rcts.pt/sev/hgp/cronologia.htm. 2011.

[91] www.dtt.ufpr.br/pavimentação/notas/mod/revestimento.pdf. 2011.

[92] www.lnec.pt, 2011.

[93] www.iot.gov.pt . 2011.

[94] www.min.plan.pt . 2011.

[95] www.carregado.pt/historia.html . 2011.

[96] www.ebbo.pt/_joao/pt/produtosoutro.asp . 2011.

[97] www.dtt.ofpr.br/pavimentação/notas/mod1introducao.pdf . 2011.

[98] www.ebah.com.br . 2011.

[99] www.flgaspar.pt/emp/solucao.asp?id=33 . 2011.

[100] www.forumaquinas.com . 2011.

[101] www.potoxxi.com/cultura/ver_edificio.php?id=63. 2011.

[102] www.potoxxi.com/cultura/ver_edificio.php?id=64. 2011.

[103] www.guiadacidade.pt/pt/por-ponte-dom-luis-i-15375. 2011.

[104] www.23hq.com/mickpt/photo/3601208. 2011.

[105] www.igogo.pt/ponte-da-arrabida. 2011.

[106] www.visitpoto.travel/visitar/paginas. 2011.

[107] www.geocaching.com. 2011.

[108] www.skycrapercity.com/showthread.php?t=870308. 2011.

[109] www.infopedia.pt/$ponte-25-de-abril. 2011.

[110] www.pontevascodagama.com/. 2011.

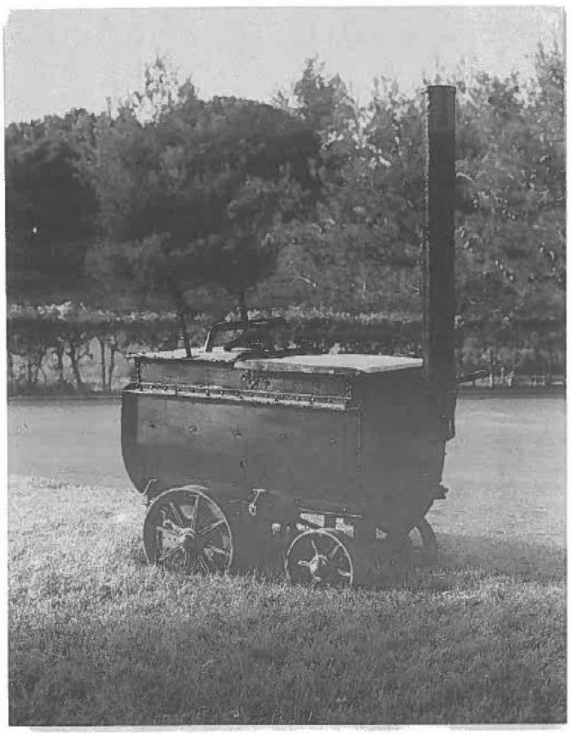
[111] www.infopedia.pt/$ponte-vasco-da-gama. 2011.

[112] www.du.feis.unespo.br/graduacao/disciplinas/ele0561/arquivos/g4_t1.pdf. 2011.

[113] www.oexplorador.com.br/site/ver.php?codigo=14896. 2011.

[114] www.umtoquedamotivacao.com/administracao/historia-da-engenharia/. 2011.

ANEXO A1 – CALDEIRA DE BETUME



Fabricante: SOREFAME

Origem: Portuguesa

Ano:1953

Capacidade: 400 litros

Tracção manual

Aquecimento a lenha

ANEXO A2 – CALDEIRA DE BETUME

Fabricante: CIM

Origem: Portuguesa

Ano: 1954

Capacidade: 50 litros

Aquecimento a lenha

Tracção manual

Essas caldeiras, em 1987, ainda eram utilizadas, com alguma frequência, em pequenas reparações do pavimento.

ANEXO A3 – CALDEIRA DE BETUME

Fabricante: Alberto Marinho

Origem: Portuguesa

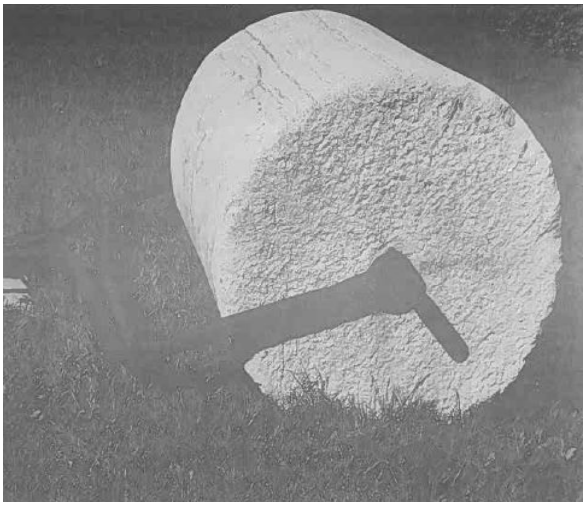
Ano: 1960

Capacidade: 200 litros

Aquecimento a lenha

Tracção manual

ANEXO A4 – CILINDRO DE PEDRA



Origem: Portuguesa

Providência: Câmara Municipal de Sesimbra

Peso: 3 toneladas

Dimensões: 1,40 x 1,20ϕ

Tracção animal

Cilindro primitivo utilizado na compactação de macadame

ANEXO A5 – CILINDRO A VAPOR

Fabricante: Henschel & Sohn

Origem: Kassel, Alemanha

Ano: 1929

Providência: Évora

Peso: 18 toneladas

Velocidade de marcha: 5km/h

Velocidade de trabalho: 1km/h

Utilizado na compactação de estradas em macadame. Chegou a ser utilizado em tapetes betuminosos. No ano de 1060 encontrava-se a prestar serviço na Carrapateira, sendo posto de parte em 1965.

ANEXO A6 – CILINDRO A MOTOR

Fabricante: Alberto Marinho

Origem: Portuguesa

Ano: 1940

Providência: Leiria

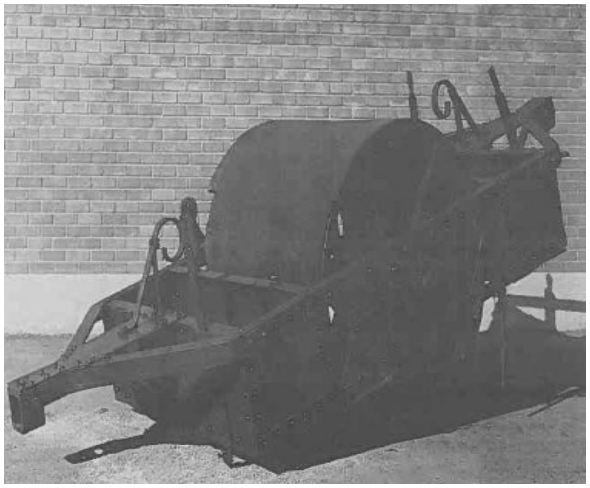
Peso: 1 toneladas

Combustível: Petróleo e gasolina

Diâmetro do cilindro: 80 centímetros

Era utilizado na compactação de bermas e remendagens de pavimento. Em 1987, estava fora de uso tendo sido substituído por cilindros vibradores.

ANEXO A7 – CILINDRO TRACÇÃO ANIMAL



Fabricante: Empresa Industrial Portuguesa

Origem: Portuguesa

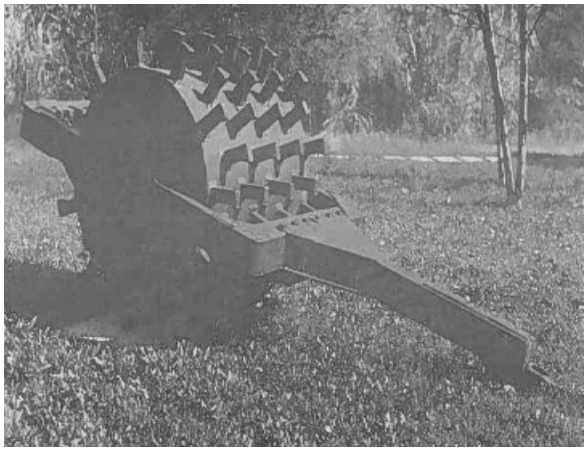
Ano: 1940

Providência: Évora

Peso: 4205 kg

Rebocado por um tractor ou cilindro, sendo utilizado na compactação de macadame.

ANEXO A8 – CILINDRO DE PÉS-DE-CARNEIRO



Fabricante: Blaw Know Division

Origem: USA

Ano: 1948

Providência: Lisboa

Peso: 1436 kg

Dimensão: 1,20 x 1,00ϕ

Utilizado na compactação de terras, era geralmente rebocado por tractor. Apresentava um elevado poder de compactação.

ANEXO A9 – CILINDRO VIBRADOR DE UM ROLO

Fabricante: Richier

Origem: Francesa

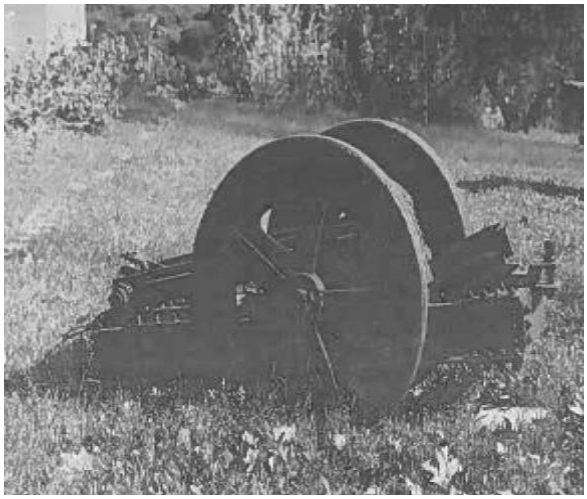
Ano: 1962

Providência: Évora

Peso: 500 kg

Utilizado, sobretudo, na remendagem de pavimentos betuminosos e compactação de bermas.

ANEXO A10 – ESCARIFICADOR



Fabricante: Henschel & Sohn

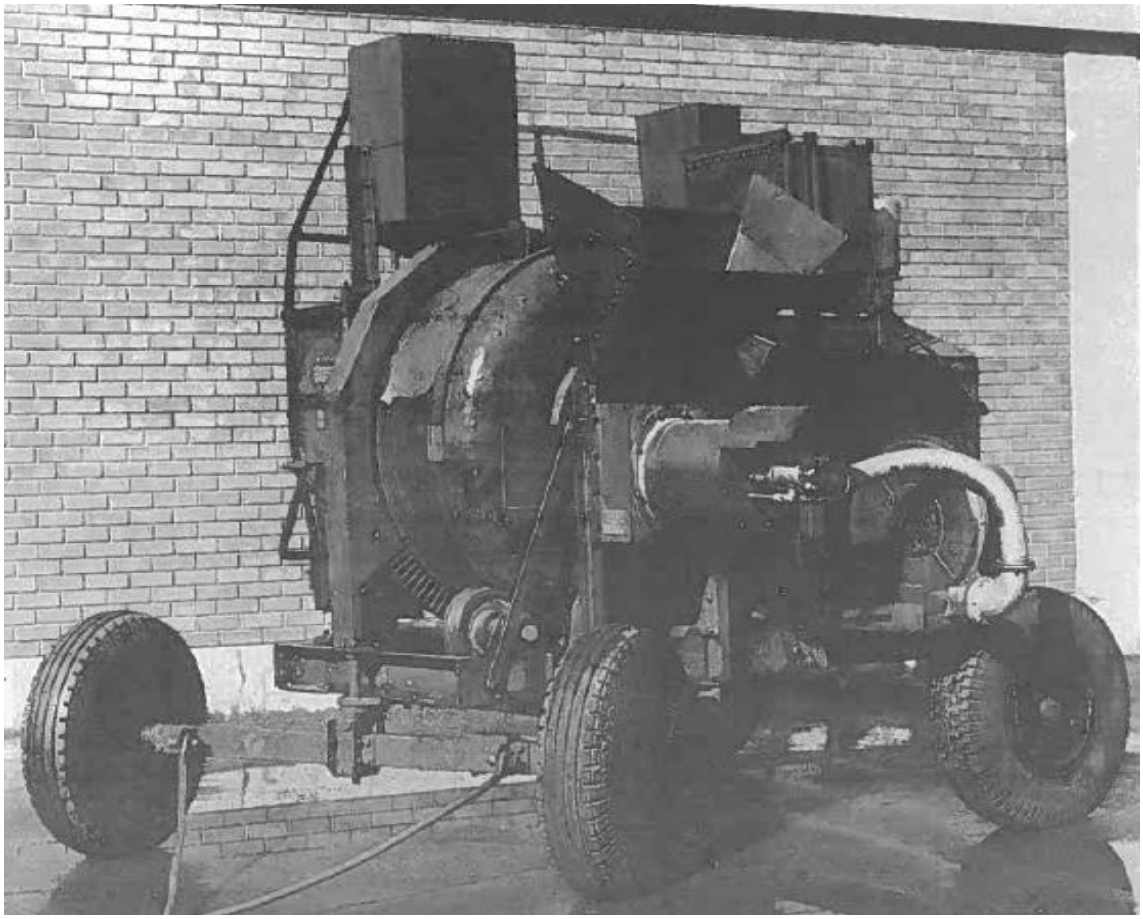
Origem: Kassel, Alemanha

Ano: 1929

Providência: Évora

Accionado pelo cilindro a vapor da mesma marca e utilizado para arrancar os pavimentos velhos. Por acção do seu peso, provoca, ao ser rebocado, a cravagem das pontas de aço no pavimento, arrancando-o à medida que todo o conjunto se desloca.

ANEXO A11 – MISTURADORA DE MASSA BETUMINOSA A QUENTE



Fabricante: Millars Highway Maintenance

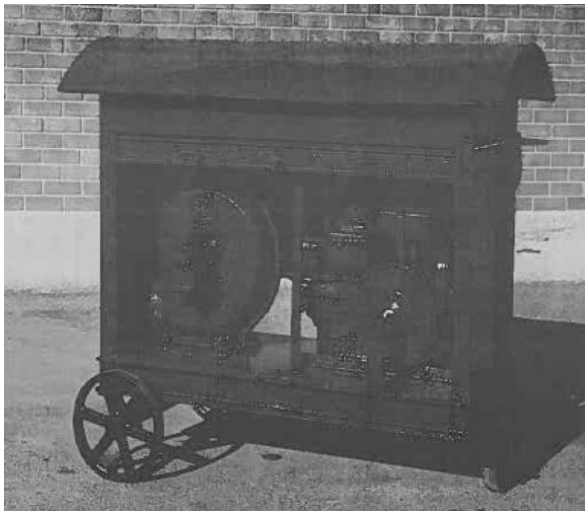
Origem: Inglesa

Ano: 1952

Providência: Faro

Apresentava uma capacidade de produção de massas betuminosas a quente de 5 toneladas por hora.

ANEXO A12 – VENTOINHA PARA LIMPEZA DE ESTRADAS



Fabricante: SPA

Origem: Portuguesa

Ano: 1935

Providência: Setúbal

Utilizada na limpeza dos buracos do pavimento para efeito de remendagem com massa betuminosa.