



Relatório de Estágio

Câmara Municipal do Porto - DMOIP

“Aperfeiçoamento dos Métodos Utilizados, para a Orçamentação e Planeamento de Obras Rodoviárias”

Mestrado em Engenharia Civil – Infraestruturas

Orientador: Engenheiro Ângelo Jacob

Supervisor: Engenheira Elza Osório

Relatório de Estágio submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil – Ramo de Infraestruturas.

Emanuel Sousa Silva
1100208

Outubro de 2015

ÍNDICE GERAL

| | |
|--|-----|
| Índice Geral | III |
| Resumo..... | V |
| Abstract | VII |
| Agradecimentos | IX |
| Índice de Texto | XI |
| Índice de Figuras | XV |
| Índice de Quadros | XXI |
| Abreviaturas..... | XXV |
| 1 Introdução..... | 1 |
| 2 Empresa | 3 |
| 3 Descrição dos tipos de pavimentos | 12 |
| 4 Patologias e processos de dimensionamento..... | 39 |
| 5 Bases de trabalho..... | 62 |
| 6 Aperfeiçoamento do Orçamento e Planeamento | 76 |
| 7 Estudo de casos..... | 93 |
| 8 Conclusão..... | 144 |
| Bibliografia | 146 |
| Anexos..... | 148 |

RESUMO

Este relatório foi realizado no âmbito da unidade curricular de DIPRE (Dissertação/Projecto/Estágio) lecionada no Mestrado em Engenharia Civil – Infraestruturas, no Instituto Superior de Engenharia do Porto. O estágio foi realizado na Divisão Municipal de Obras e Iluminação Pública, na Câmara Municipal do Porto. Neste relatório procurou-se descrever e caracterizar todos os tipos de pavimentos, desenvolver e estudar novas técnicas de orçamentação e planeamento, e ainda analisar vários casos para mostrar a validade do que se realizou.

Este relatório inicia-se com uma primeira parte de âmbito teórico, em que se faz referência aos diferentes tipos de pavimentos, analisando-se o seu comportamento, execução, patologias e métodos de dimensionamento. Para além disso faz-se a interpretação do Decreto-Lei nº 163/2006 e das questões de mobilidade urbana.

Para o estágio foram necessárias diversas ferramentas de trabalho, não só fornecidas pela Divisão Municipal de Obras e Iluminação Pública, mas também propostas e exploradas pelo aluno. Com estas ferramentas conseguiu-se desenvolver um novo método de orçamentação, estudando os Rendimentos dos operários para um maior rigor nas estimativas de custo efetuadas.

As soluções que se apresentam para mostrar o trabalho desenvolvido foram escolhidas de acordo com a sua importância e abrangência para demonstrar tudo o que foi acompanhado e realizado durante o estágio. Começando pela Rua do Dr. Magalhães Lemos, que foi selecionada porque houve a oportunidade de acompanhar e fiscalizar uma obra que contempla a execução de dois pavimentos distintos, o pavimento flexível e o rígido, em Betão Armado Contínuo.

Optou-se também por selecionar dois casos de melhoria da acessibilidade no centro da cidade, porque foram dois projetos desenvolvidos pelo aluno em que se conseguiu explorar as diferentes decisões que teve de se tomar. Por fim, apresenta-se o estudo do dimensionamento da Rua de Santo Ildefonso de acordo com as diretrizes da Câmara Municipal do Porto e no percurso académico.

Palavras-chaves: Pavimentos, Flexível, Rígido, Mobilidade, Travessia, Orçamento, Rendimento

ABSTRACT

This report was made in the course of DIPRE (Thesis / Project / Internship) taught in the Master of Civil Engineering - Infrastructure, Institute of Engineering of Oporto. The internship was held at the “Divisão Municipal de Obras e Iluminação Pública”, in the Municipality of Porto. In this report we tried to describe and characterize all types of pavements, develop and study new techniques for budgeting and planning, and examining several cases to show the validity of what took place.

This report begins with a first part of the theoretical framework in which reference is made to different types of pavements, analyzing their behavior, execution, pathologies and design methods. In addition, was made the interpretation of “Decreto-Lei Nº 163/2006” and urban mobility issues.

To internship were necessary many work tools, not only provided by the “Divisão Municipal de Obras e Iluminação Pública”, but also proposed and explored by the student. With these was possible to develop a new budgeting method, studying the income of workers for greater rigor in the made cost estimates.

The solutions presented to show the work made according to their importance and demonstrate what has been accompanied and performed during the internship. Starting with Dr. Magalhães Lemos Street, which was selected because it had the opportunity to monitor and supervise a work that contemplates the execution of two different pavements, flexible and rigid, Concrete Continuous armed. It was selected two cases for better accessibility in the city center, because they were projects developed by student in which he could explore the different decisions that had to be taken. Finally we present the design of Santo Ildefonso Street according to what has been learned in the Municipality of Porto and the academic route.

Keywords: Pavement, Flexible, Rigid, Mobility, Crossing, Budget, Income.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste trabalho só foi possível com a ajuda de algumas pessoas e deixo, aqui, o meu agradecimento.

Em primeiro lugar ao orientador, Engenheiro Ângelo Jacob, pelo conhecimento que me transmitiu e pela disponibilidade demonstrada sempre que necessário.

À Câmara Municipal do Porto que me recebeu da melhor maneira, e em particular à Engenheira Elza Osório e a toda a Divisão Municipal de Obras e Iluminação Pública que me permitiu desenvolver não só o que era importante para esta mas também no que era fundamental para obter um conhecimento transversal.

Por último, a todos os meus familiares, namorada e amigos que me apoiaram durante todo o estágio e execução deste relatório.

ÍNDICE DE TEXTO

| | | |
|---------|---|----|
| 1 | Introdução..... | 1 |
| 1.1 | Enquadramento..... | 1 |
| 1.2 | Objetivos..... | 1 |
| 1.3 | Metodologia..... | 2 |
| 1.4 | Estrutura..... | 2 |
| 2 | Empresa..... | 3 |
| 2.1 | Descrição da Empresa..... | 3 |
| 2.2 | Organização dos Trabalhos da DMOIP..... | 6 |
| 2.3 | Capacidade de execução da dmoip..... | 7 |
| 3 | Descrição dos tipos de pavimentos..... | 12 |
| 3.1 | Tipos de Pavimentos rodoviários..... | 12 |
| 3.2 | Fundação do Pavimento e Leito do Pavimento..... | 14 |
| 3.3 | Pavimentos Flexíveis..... | 17 |
| 3.3.1 | Comportamento..... | 18 |
| 3.3.2 | Materiais de Pavimentação..... | 19 |
| 3.3.2.1 | Agregados..... | 21 |
| 3.3.2.2 | Aglutinantes..... | 21 |
| 3.3.2.3 | Misturas Betuminosas..... | 28 |
| 3.3.3 | Fabrico e Aplicação..... | 32 |
| 3.4 | Pavimentos Rígidos..... | 34 |
| 3.4.1 | Comportamento..... | 35 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.4.2 | Materiais | 36 |
| 3.4.3 | Fabrico e Aplicação | 37 |
| 3.5 | Outros tipos de pavimentos..... | 38 |
| 4 | Patologias e processos de dimensionamento | 39 |
| 4.1 | Tipos de patologias em pavimentos flexíveis | 39 |
| 4.1.1 | Deformação | 39 |
| 4.1.2 | Fendilhamento..... | 40 |
| 4.1.3 | Desagregação da camada de desgaste..... | 42 |
| 4.1.4 | Movimento de Materiais | 43 |
| 4.1.5 | Reabilitação | 43 |
| 4.1.6 | Modelo de Dimensionamento..... | 45 |
| 4.2 | Tipos de patologias em Pavimentos Rígidos..... | 56 |
| 4.2.1 | Fendilhamento..... | 56 |
| 4.2.2 | Desagregação superficial | 57 |
| 4.2.3 | Escalonamento | 57 |
| 4.2.4 | Reabilitação | 58 |
| 4.2.5 | Modelo de Dimensionamento..... | 58 |
| 5 | Bases de trabalho..... | 62 |
| 5.1 | Considerações de projeto e mobilidade | 62 |
| 5.1.1 | Regras de conceção | 62 |
| 5.1.2 | Princípios de mobilidade | 65 |
| 5.2 | Ferramenta CAD..... | 69 |
| 5.3 | Excel – VBA..... | 72 |
| 5.4 | Caderno de encargos | 73 |
| 5.5 | Cadastro viário | 75 |
| 6 | Aperfeiçoamento do Orçamento e Planeamento..... | 76 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 6.1 | Análise do método anteriormente utilizado | 76 |
| 6.2 | Planeamento..... | 78 |
| 6.3 | Aperfeiçoamento do orçamento | 82 |
| 7 | Estudo de casos..... | 93 |
| 7.1 | Análise de mobilidade – travessias..... | 93 |
| 7.1.1 | Avaliação das travessias não acessíveis | 93 |
| 7.1.2 | Desenvolvimento da ficha de identificação | 94 |
| 7.2 | Beneficiação do pavimento e alteração da via-férrea na Rua Dr. Magalhães Lemos | 96 |
| 7.3 | Melhoria da acessibilidade intersecção Rua da Firmeza com Rua do Bolhão..... | 104 |
| 7.3.1 | Projeto e conceção | 104 |
| 7.3.2 | Estimativa de Custo | 110 |
| 7.3.3 | Execução..... | 111 |
| 7.3.3.1 | Sinalização da Obra | 112 |
| 7.3.3.2 | Implantação e Piquetagem | 112 |
| 7.3.3.3 | Demolição dos lancis e dos pavimentos existentes | 112 |
| 7.3.3.4 | Reparação e recolocação dos sistemas drenantes | 114 |
| 7.3.3.5 | Construção dos novos pavimentos e assentamento dos lancis..... | 115 |
| 7.3.3.6 | Acabamentos..... | 116 |
| 7.3.4 | Comparação entre o Valor Estimado e o Real..... | 117 |
| 7.4 | Beneficiação da Rua da Alegria e da Rua de Santo Ildefonso (fase 1)..... | 118 |
| 7.4.1 | Análise do Pavimento | 118 |
| 7.4.1.1 | Tráfego | 126 |
| 7.4.1.2 | Fundação | 127 |
| 7.4.1.3 | Temperatura | 129 |
| 7.4.2 | Dimensionamento | 130 |
| 7.5 | Melhoria da acessibilidade intersecção Rua de Gonçalo Cristóvão com Rua de Camões | 136 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 8 | Conclusão | 144 |
| 8.1 | Considerações finais..... | 144 |
| 8.2 | Desenvolvimentos Futuros | 145 |
| | Bibliografia..... | 146 |
| | Anexos | 148 |
| | Anexo A – Organograma da Câmara Municipal do Porto | |
| | Anexo B – Códigos VBA..... | |
| | Anexo C – Lista de Casos em que o aluno colaborou | |
| | Anexo D – Beneficiação do pavimento e alteração da via-férrea na Rua de Dr. Magalhães Lemos | |
| | • Estruturas dos pavimentos existentes | |
| | • Pormenores..... | |
| | Anexo E – Melhoria da acessibilidade na interseção Rua da Firmeza com Rua do Bolhão | |
| | • Análise Trajetória do Autocarro..... | |
| | • Planta de Pavimentos | |
| | Anexo F – Beneficiação da Rua da Alegria e da Rua de Santo Ildefonso (fase 1) | |
| | • Informações acerca do tráfego | |
| | • Relatórios do software – Alizé | |
| | • Planta de Pavimentação..... | |
| | Anexo G – Melhoria da acessibilidade na interseção Rua de Gonçalo Cristóvão com Rua de Camões | |
| | • Localização Relativa | |
| | • Levantamento Topográfico | |
| | • Planta de Levantamentos | |
| | • Planta de Pavimentos | |
| | • Perfil Tipo e Pormenores | |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 – Organograma Parcial da Câmara Municipal do Porto (2015) | 3 |
| Figura 2.2 - Responsáveis na Direção Municipal de Gestão da Via Pública. Fonte: (Câmara Municipal do Porto, 2015) | 4 |
| Figura 2.3 – Edifício Câmara Municipal do Porto (2015)..... | 4 |
| Figura 2.4 – Inspeção a Obra de Arte – Ribeira da Granja (2015)..... | 5 |
| Figura 2.5 – Estaleiro do Monte Aventino (2015) | 6 |
| Figura 2.6 – Localização Estaleiro Martins Sarmento (Google Earth, 2015) | 7 |
| Figura 3.1 – Diagrama esquemático da estrutura de um pavimento rodoviário (INIR, 2015)..... | 13 |
| Figura 3.2 – Diferença de Exposição às Cargas em Pavimento Flexível e Rígido (Fang, 2015) | 13 |
| Figura 3.3 – Pavimento Flexível (Pereira, 2014)..... | 17 |
| Figura 3.4 – Comportamento Pavimento Flexível – Base Granular (Jiménez, 2014)..... | 18 |
| Figura 3.5 – Comportamento Pavimento Flexível – Base Betuminosa (Jiménez, 2014)..... | 19 |
| Figura 3.6 – Betume asfáltico (SOTECNISOL, 2015) | 22 |
| Figura 3.7 – Ensaio de Penetração de Betumes (Thomaz, 2015)..... | 25 |
| Figura 3.8 – Determinação do Ponto de Amolecimento de um betume pelo método do anel e bola (Palha, 2008) | 25 |
| Figura 3.9 – Influência do betume na deformação (Gardete, 2006)..... | 28 |
| Figura 3.10 – Composição de uma amostra de mistura betuminosa compactada (Mendes, 2011) | 30 |
| Figura 3.11 – Aplicação mistura betuminosa (2015)..... | 33 |
| Figura 3.12 – Exemplo de pavimento rígido (Associação Brasileira de Cimento Portland, 2012) | 34 |

| | |
|---|----|
| Figura 3.13 – Comportamento do pavimento rígido (2015) | 36 |
| Figura 4.1 – Exemplo de deformação excessiva (Farina, 2015) | 40 |
| Figura 4.2 – Exemplo Pele de Crocodilo (Pinto, 2010) | 41 |
| Figura 4.3 – Desagregação da camada de desgaste (2015)..... | 42 |
| Figura 4.4 – Exemplo de Exsudação (Maia, 2012) | 43 |
| Figura 4.5 – Estruturas possíveis de revestimento de betuminoso superficial (Francisco, 2012) | 44 |
| Figura 4.6 – Ábaco Shell (Shell, 1977) | 48 |
| Figura 4.7 – Zonas climáticas de Portugal (JAE, 1995) | 49 |
| Figura 4.8 – Ábaco de Van der Poel (Simões, 2013)..... | 51 |
| Figura 4.9 – Representação do escalonamento da laje (RODRIGUES, 2011) | 57 |
| Figura 4.10 – Estruturas de pavimentos para a classe F2 segundo MACOPAV (JAE, 1995)..... | 61 |
| Figura 5.1 – Representação da viragem à direita numa interseção (AASHTO, 2011) | 63 |
| Figura 5.2 – Análise das trajetórias de um veículo pesado (Costa & Macedo, 2015) | 64 |
| Figura 5.3 – Análise da largura de ocupação (Costa & Macedo, 2015)..... | 65 |
| Figura 5.4 – Largura mínima do passeio para circulação (Costa & Macedo, 2015) | 66 |
| Figura 5.5 – Marcas rodoviárias M11 e M11a (DR - 22 - A, 1998)..... | 68 |
| Figura 5.6 – Ambiente de trabalho AutoCAD (2015)..... | 69 |
| Figura 5.7 – Cartografia F6 com todos os componentes (2015) | 70 |
| Figura 5.8 – Cartografia F6 e F7 (2015) | 71 |
| Figura 5.9 – Pormenor da cartografia (2015) | 71 |
| Figura 5.10 – Exemplo de trajetória de um veículo pesado (2015)..... | 72 |
| Figura 5.11 – Ambiente de trabalho VBA (2015)..... | 73 |
| Figura 5.12 – Cadastro viário (2015) | 75 |
| Figura 6.1 – Ficha de obra (2015) | 79 |
| Figura 6.2 – Menu (2015) | 86 |
| Figura 6.3 – Botão orçamento (2015)..... | 88 |

| | |
|--|-----|
| Figura 6.4 – Botão introduzir Nud e Local (2015) | 88 |
| Figura 6.5 – Formulário introduzir intervenção (2015)..... | 89 |
| Figura 6.6 – Lista de intervenções (2015) | 89 |
| Figura 6.7 – Janela erro (2015)..... | 90 |
| Figura 6.8 – Modelo de impressão (2015) | 92 |
| Figura 7.1 – Ficha de identificação (2015) | 95 |
| Figura 7.2 – Localização da Rua de Dr. Magalhães Lemos (Google Earth, 2015)..... | 96 |
| Figura 7.3 – Estado de conservação da laje pré-fabricada (Câmara Municipal do Porto, 2014) | 97 |
| Figura 7.4 – Estado das contraguias (Câmara Municipal do Porto, 2014) | 98 |
| Figura 7.5 – Pormenor da Estrutura da Via da Direita (Câmara Municipal do Porto, 2014)..... | 99 |
| Figura 7.6 – Pavimento demolido da via da direita (2015) | 100 |
| Figura 7.7 – Colocação de armaduras e betonagem (2015) | 100 |
| Figura 7.8 – Pormenor da zona do carril (2015)..... | 100 |
| Figura 7.9 – Pavimentação (2015)..... | 101 |
| Figura 7.10 – Compactação (2015) | 101 |
| Figura 7.11 – Ninhos da via da esquerda (2015)..... | 102 |
| Figura 7.12 – Preparação para a pavimentação (2015) | 102 |
| Figura 7.13 – Compactação (2015) | 103 |
| Figura 7.14 – Outros trabalhos (2015) | 103 |
| Figura 7.15 – Resultado final (2015) | 104 |
| Figura 7.16 – Vista geral da Rua do Bolhão (Google Maps, 2015) | 105 |
| Figura 7.17 – Localização da área a intervir (Google Earth, 2015)..... | 105 |
| Figura 7.18 – Percurso pedonal (2015) | 106 |
| Figura 7.19 – Vistas de Rua (2015)..... | 107 |
| Figura 7.20 – Estado do lancil (2015) | 107 |
| Figura 7.21 - Abatimento do pavimento junto ao “city-trainer” (2015)..... | 107 |

| | |
|---|-----|
| Figura 7.22 – Sarjeta boca de lobo (2015)..... | 108 |
| Figura 7.23 – Trajetória do autocarro (2015) | 109 |
| Figura 7.24 – Solução a aplicar (2015)..... | 109 |
| Figura 7.25 – Sinalização da obra (2015)..... | 112 |
| Figura 7.26 – Implantação (2015)..... | 113 |
| Figura 7.27 – Piquetagem (2015) | 113 |
| Figura 7.28 – Demolição dos pavimentos existentes (2015)..... | 113 |
| Figura 7.29 – Abertura de caixa (2015) | 114 |
| Figura 7.30 – Ligação em tubo PVC (2015)..... | 114 |
| Figura 7.31 – Proteção de caixa com laje pré-fabricada (2015)..... | 114 |
| Figura 7.32 – Construção da nova caixa (2015)..... | 114 |
| Figura 7.33 – Assentamento de lancis (2015) | 116 |
| Figura 7.34 – Execução de pavimento em betão liso (2015)..... | 116 |
| Figura 7.35 – Acabamento da pia sifónica (2015) | 117 |
| Figura 7.36 – Calçetamento final (2015) | 117 |
| Figura 7.37 – Localização da Rua de Santo Ildefonso (Google Earth, 2015) | 119 |
| Figura 7.38 – Degradação do pavimento da Rua de Santo Ildefonso (2015)..... | 119 |
| Figura 7.39 – Transição entre diferentes pavimentos (2015) | 120 |
| Figura 7.40 – Pavimento em calçada de cubo na Rua da Alegria, com elevada irregularidade (2015) | 120 |
| Figura 7.41 – Poço realizado na Rua da Alegria (2015) | 121 |
| Figura 7.42 – Poço realizado na Rua de Santo Ildefonso (2015) | 121 |
| Figura 7.43 – Fendilhamento do pavimento em mistura betuminosa na Praça dos Poveiros (2015) | 121 |
| Figura 7.44 – Ninhos no pavimento em mistura betuminosa no extremo da Rua de Santo Ildefonso, junto à Praça dos Poveiros (2015)..... | 122 |
| Figura 7.45 – Deformação no pavimento em mistura betuminosa na Praça dos Poveiros (2015)..... | 122 |

| | |
|---|-----|
| Figura 7.46 – Deformação e desagregação do pavimento em mistura betuminosa na zona de infraestruturas (2015)..... | 122 |
| Figura 7.47 – Localização das sondagens para extração de carotes (Câmara Municipal do Porto, 2015) | 123 |
| Figura 7.48 – Carotes extraídas (2015) | 123 |
| Figura 7.49 – Pavimento em lajeado de granito na travessia de peões na interseção da Rua da Alegria e da Rua de Santo Ildefonso (2015)..... | 124 |
| Figura 7.50 – Lajeado existente na interseção da Rua Firmeza com a Rua do Dr. Alves da Veiga (2015) | 124 |
| Figura 7.51 – Pavimento em microcubo de calcário na Rua da Alegria (2015) | 125 |
| Figura 7.52 – Betonilha esquartelada na Rua de Santo Ildefonso | 125 |
| Figura 7.53 – Pavimento em microcubo calcário com falhas de basalto (2015) | 126 |
| Figura 7.54 - Pavimento em microcubo de granito existente na Praça dos Poveiros (2015) | 126 |
| Figura 7.55 – Extrato da Carta Geotécnica do Porto (Câmara Municipal do Porto, 2015) | 128 |
| Figura 7.56 – Estruturas de pavimento para a classe de tráfego T5 (JAE, 1995) | 128 |
| Figura 7.57 – Ábaco da temperatura média mensal do ar – TMMA – (°C) (Shell, 1977) | 129 |
| Figura 7.58 – Cálculo da rigidez do betume (2015)..... | 132 |
| Figura 7.59 - Cálculo do módulo de deformabilidade (2015) | 132 |
| Figura 7.60 – Valores inseridos no ALIZE (2015) | 133 |
| Figura 7.61 – Resultados da deformação (2015)..... | 134 |
| Figura 7.62 – Ficha de identificação (2015) | 136 |
| Figura 7.63 – Execução de levantamento topográfico (2015) | 137 |
| Figura 7.64 – Resultado do levantamento topográfico (2015) | 138 |
| Figura 7.65 – Raios de trajetória do Autocarro (2015) | 139 |
| Figura 7.66 – Pormenor de planta de pavimentos (2015) | 140 |
| Figura 7.67 – Pormenores do piso de alerta (ACAPO, 2011) | 141 |
| Figura 7.68 – Pormenor do piso direcional (ACAPO, 2011) | 142 |

| | |
|---|-----|
| Figura 7.69 – Constituintes dos pavimentos táteis (ACAPO, 2011)..... | 142 |
| Figura 7.70 – Constituintes dos pavimentos táteis em separadores centrais (ACAPO, 2011) | 143 |

ÍNDICE DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 2.1 – Custo de Mão-de-obra das Brigadas ao longo dos anos (2015) | 8 |
| Quadro 2.2 – Comparação entre Prazo Previsto e Real (2015) | 9 |
| Quadro 2.3 – Comparação entre Custo de Mão-de-Obra Previsto e Real (2015) | 10 |
| Quadro 2.4 – Comparação entre Custo de Materiais Previsto e Real (2015) | 10 |
| Quadro 2.5 – Custo Equipamento Real (2015)..... | 11 |
| Quadro 2.6 – Comparação de Custo Total Previsto e Real (2015)..... | 11 |
| Quadro 3.1 – Diferenças entre Tipos de Pavimentos (Branco, Pereira, & Picado Santos, 2006) | 14 |
| Quadro 3.2 – Classes de Fundação (JAE, 1995)..... | 15 |
| Quadro 3.3 – Especificações Leito de Pavimento (2015)..... | 16 |
| Quadro 3.4 – Diferentes Misturas Betuminosas (2015)..... | 20 |
| Quadro 3.5 – Parâmetros para Classificação dos Tratamentos Superficiais (Branco, Pereira, & Picado Santos, 2006) | 20 |
| Quadro 3.6 – Diâmetro Equivalente de cada tipo de agregado (2015) | 21 |
| Quadro 3.7 – Propriedades e métodos de ensaio de betumes de pavimentação (LNEC, LNEC E-80, 1997) | 23 |
| Quadro 3.8 – Especificações de betumes de pavimentação (2015) | 24 |
| Quadro 4.1 – Famílias e tipos de degradações (2015)..... | 39 |
| Quadro 4.2 – Vantagens e desvantagens das técnicas de reabilitação (Branco, Pereira, & Picado Santos, 2006) | 44 |
| Quadro 4.3 – Características das técnicas de reabilitação (Branco, Pereira, & Picado Santos, 2006) . | 45 |
| Quadro 4.4 – Pesos máximos para diversos veículos pesados | 46 |

| | |
|--|-----|
| Quadro 4.5 – Elementos relativos ao tráfego (JAE, 1995)..... | 47 |
| Quadro 4.6 – Definição das classes de fundação segundo JAE (JAE, 1995) | 54 |
| Quadro 4.7 – Classificação dos solos (Jiménez, 2014)..... | 55 |
| Quadro 4.8 – Materiais a aplicar segundo classes de fundação e tipo de solo (JAE, 1995)..... | 55 |
| Quadro 4.9 – Estruturas de pavimentos para a classe T1/F3 (JAE, 1995) | 56 |
| Quadro 4.10 – Verificação estrutural do pavimento rígido (Método PCA)..... | 59 |
| Quadro 6.1 – Pavimentos tipo – consumo de materiais (Fisteus, 2011)..... | 77 |
| Quadro 6.2 – Orçamento exemplificativo (Fisteus, 2011)..... | 78 |
| Quadro 6.3 – Quadro de análise dos rendimentos (2015)..... | 80 |
| Quadro 6.4 – Comparação de rendimentos (2015)..... | 81 |
| Quadro 6.5 – Composição do betão no estaleiro (2015) | 82 |
| Quadro 6.6 – Dosagens (2015) | 83 |
| Quadro 6.7 – Custo do material de fornecimento contínuo (2015)..... | 83 |
| Quadro 6.8 – Exemplo de pavimentos tipo (2015) | 84 |
| Quadro 6.9 – Rendimentos (2015) | 85 |
| Quadro 6.10 – Materiais (2015) | 86 |
| Quadro 6.11 – Mapa de quantidade e orçamento por preencher (2015) | 87 |
| Quadro 6.12 – Mapa de quantidades e orçamento (2015)..... | 91 |
| Quadro 7.1 – Resultado da avaliação do estudo das travessias/Freguesia (2015) | 94 |
| Quadro 7.2 – Pavimentos tipo (2015) | 110 |
| Quadro 7.3 – Orçamento da intervenção (2015) | 111 |
| Quadro 7.4 – Custo estimado (2015) | 118 |
| Quadro 7.5 – Custo real (Câmara Municipal do Porto, 2015) | 118 |
| Quadro 7.6 – Espessura das carotes (2015) | 123 |
| Quadro 7.7 – Composição volumétrica (JAE, 1995) | 130 |
| Quadro 7.8 – Resultado dos módulos de deformabilidade das diferentes camadas (2015) | 133 |

| | |
|---|-----|
| Quadro 7.9 – Estimativa orçamental (2015) | 140 |
|---|-----|

ABREVIATURAS

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials

ABGE – Agregado Britado de Granulometria Extensa

ABR – Argamassa Betuminosa em camada de regularização

AC – Asphalt Concrete

AMB – Mistura betuminosa de alto módulo de deformabilidade

BBDD – Betão Betuminoso drenante em camada de desgaste

BD – Betão betuminoso em camada de desgaste

CETO – Caderno de Encargos Tipo Obra

DMM – Divisão Municipal de Mobilidade

DMOIP – Divisão Municipal de Obras e Iluminação Pública

EP – Estradas de Portugal

JAE – Junta Autónoma de Estradas

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MACOPAV- Manual de Concepção de Pavimentos

MBB – Macadame Betuminoso em camada de base

MBBRD – Microbetão betuminoso rugoso em camada de desgaste

MBD – Mistura betuminosa densa

MBFB – Mistura betuminosa a frio em camada de base

MBR – Macadame Betuminoso em camada de regularização

PATED – Processo de Distribuição de Temperatura Equivalente

SPBF – Semi-penetração betuminosa a frio

STCP – Sociedade de Transportes Colectivos do Porto

TAC – Transportation Association of Canada

VBA – Visual Basic Application

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

A rede de transportes urbanos é um dos principais componentes para o desenvolvimento de uma cidade. Nesta insere-se a rede viária, a rede de transportes públicos e a rede pedonal que quando em sincronia entre si permitem um grande progresso. A Divisão Municipal de Obras e Iluminação Pública enquadra-se como o principal concretizador das obras da rede viária e pedonal da cidade do Porto.

Como se pode perceber os pavimentos rodoviários são determinantes nas diferentes redes de transportes, estes após a sua realização ficam expostos a diferentes cargas de tráfego e condições climatéricas adversas até chegarem a um limite de utilização. É nesse momento que surge a conservação e reabilitação que permite aos pavimentos rodoviários estarem sempre no melhor estado possível para os utilizadores circularem com segurança, conforto e acessibilidade.

Cada vez mais torna-se necessário estudar os rendimentos, reduzindo custos, tanto de pessoas como de recursos, especialmente quando existem diversas situações a melhorar na cidade do Porto, para isto torna-se importante existir um controlo e um planeamento realmente eficiente e organizado.

1.2 OBJETIVOS

Pretende-se com este trabalho que o aluno demonstre os conhecimentos adquiridos no seu trajeto académico, em contexto empresarial, desenvolvendo novas soluções para tornar as estimativas de custo mais rigorosas, e executar projetos para posterior execução.

Como é enunciado no título o grande objetivo do trabalho prende-se com o aperfeiçoamento do Orçamento e do Planeamento na Divisão Municipal de Obras e Iluminação Pública, estudando os rendimentos para obter os melhores resultados possíveis no estudo de cada caso, para um controlo de custos e recursos rigoroso ao longo do estágio, e para a Divisão contar com uma base importante para o futuro. Procurou-se também desenvolver competências ao nível de programas como AutoCAD

e Alizé e estudar alguns documentos como as condições técnicas gerais para a execução das obras serem projetadas e/ou acompanhadas corretamente.

1.3 METODOLOGIA

Os métodos utilizados ao longo do estágio foram de forma a um melhor aproveitamento de todo o tempo e recursos. Na DMOIP estudou-se o método de orçamento existente e após uma alargada pesquisa, com recurso a VBA – Visual Basic Application melhorou-se significativamente atualizando todas as componentes, incluindo os Rendimentos para cada tarefa.

Foram utilizados diferentes bases de dados de forma a procurar locais que fossem possíveis reabilitar e com a ajuda da Divisão Municipal de Mobilidade executar projetos para aprendizagem do aluno e posterior execução. Para completar cada tarefa foi necessário recorrer a pesquisas bibliográficas e a documentos, especialmente às normas europeias e às condições técnicas gerais da Câmara Municipal do Porto. Para além desses foi também fundamental comunicar com os diferentes intervenientes de obras já realizadas para entrar e perceber a dinâmica de cada situação específica.

1.4 ESTRUTURA

Este trabalho apresenta 8 capítulos, com os subcapítulos necessários para a correta distribuição dos diferentes temas. O primeiro capítulo diz respeito à introdução, os restantes podem dividir-se em desenvolvimento e conclusão. O desenvolvimento, desde o capítulo 2 ao capítulo 7, segue uma ordem lógica do decorrer do estágio, ou seja, o capítulo 2 é relativo à empresa onde se realizou o estágio, o capítulo 3 e 4 refere-se a considerações teóricas que se teve por detrás do trabalho prático. Mantendo-se estes critérios explicou-se no capítulo 5 as bases para desenvolver o que é relatado, desde o projeto até às ferramentas de desenho, passando por folhas de cálculo e acabando em documentos legais.

O capítulo 6, ainda no desenvolvimento, consiste nas alterações e nas novidades que se realizaram na DMOIP, introduzindo-se modificações na estrutura fundamental de orçamentação. O último capítulo do desenvolvimento é o 7 que aborda os diferentes casos em que houve oportunidade de colaborar e na procura de locais para reabilitar. Estes serviram para o aluno demonstrar as diferentes capacidades e levar novas ideias e novas soluções para uma área da Engenharia que na Câmara Municipal do Porto necessitava de uma revitalização. Para finalizar são apresentadas as conclusões, a bibliografia e os anexos.

2 EMPRESA

2.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

O estágio realizou-se na Câmara Municipal do Porto que é o órgão executivo do município e o máximo local da tutela na cidade.

Desde 2013 liderada pelo presidente Rui Moreira, tem sido uma das grandes dinamizadoras em diferentes áreas. Começando na área da reabilitação urbana e passando pela atração de diferentes eventos que têm sido importantes no crescimento da cidade.

Na Figura 2.1 encontra-se o organograma parcial da Câmara Municipal do Porto, para uma melhor perceção da pirâmide organizacional da instituição, com a identificação da Divisão onde se realizou o estágio em destaque, no anexo A está o organograma completo para uma avaliação mais alargada.

Cada direção municipal está dividida em departamentos que conseqüentemente estão repartidos em divisões. A direção municipal de Gestão da Via Pública, que à data da realização do estágio não tinha diretor, contempla apenas um departamento tendo o mesmo nome da direção, e conta com quatro divisões, cada uma tendo o seu responsável próprio como é possível verificar na Figura 2.2.

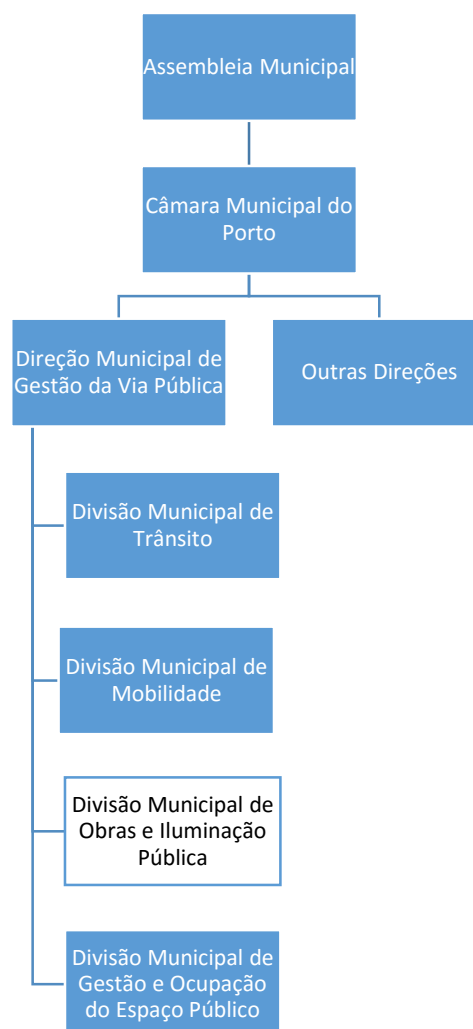


Figura 2.1 – Organograma Parcial da Câmara Municipal do Porto (2015)



Figura 2.2 - Responsáveis na Direção Municipal de Gestão da Via Pública. Fonte: (Câmara Municipal do Porto, 2015)

O estágio desenvolveu-se na Divisão Municipal de Obras e Iluminação Pública (DMOIP) que se encontra no edifício da principal da Câmara Municipal do Porto (ver Figura 2.3). Entre outras tarefas que serão descritas mais à frente, esta divisão tem a responsabilidade de execução das obras por administração direta. No entanto as diferentes divisões executam todas as tarefas necessárias para a Gestão da Via Pública ser garantida com eficácia, e a sincronia tem de ser total pois os serviços que cada divisão presta depende quase sempre de outra divisão, pois estão interligadas.



Figura 2.3 – Edifício Câmara Municipal do Porto (2015)

Sinteticamente, a Divisão Municipal de Trânsito como o próprio nome indica regula o tráfego da cidade, isto é desenvolve por exemplo plantas de sinalização e indica o número de lugares de estacionamento e a localização dos mesmos, entre outros. A Divisão Municipal de Gestão da Ocupação do Espaço Público trata sobretudo das autorizações dos espaços públicos, regulamenta os locais de obras da Via Pública, e também regulamenta os locais que são passíveis de ter esplanadas.

A DMOIP está diretamente interligada com a Divisão Municipal de Mobilidade, pois esta, para além de fazer, por exemplo, estudos de sinais luminosos e análise da mobilidade na cidade, desenvolve também projetos de conceção e execução na Via Pública, assim como algumas das tarefas executadas durante o estágio teve de ser realizada em sincronia e desenvolvidas com a análise e colaboração desta divisão.

Em relação à DMOIP a divisão tem uma vasta área de intervenção e sendo as principais atividades: a Fiscalização, Planeamento e Execução de Obras, contudo fica patente que visto que se encontram inseridas na Direção Municipal de Gestão da Via Pública, todas as obras em que a divisão intervém estão ligadas às infraestruturas.

A Fiscalização supervisiona tanto empreitadas, onde o dono de obra é entidade externa, mas também obras de administração direta, abertura de trincheiras no concelho e acompanha as inspeções de obras de arte da cidade como se pode ver na Figura 2.4, na Rua de Serralves com uma obra de arte para canalizar a Ribeira da Granja.



Figura 2.4 – Inspeção a Obra de Arte – Ribeira da Granja (2015)

2.2 ORGANIZAÇÃO DOS TRABALHOS DA DMOIP

O Planeamento e Execução de Obras tem duas vertentes, a primeira são as Vias 24 que são reparações urgentes em que os cidadãos informam uma situação que é de rápida resolução pelas equipas de manutenção e conservação de pavimentos. A segunda são as obras realizadas por administração direta, isto é, obras realizadas pelos operários ligados contratualmente à Instituição. Estas últimas são elaboradas consoante o projeto que é recebido da Divisão Municipal de Mobilidade, ou eventuais situações propostas pela DMOIP, sendo o orçamento e o planeamento efetuado pelos engenheiros da DMOIP. O orçamento tem sempre em conta também o controlo do estaleiro e a tentativa de reaproveitar alguns materiais de maneira a que o custo seja o menor possível.

Esta divisão conta com cerca de 100 pessoas, grande parte deles operários que se encontram divididos em equipas de 5-6 pessoas e que executam as obras por administração direta. A direção para além da localização natural, no sexto andar do edifício da Câmara, no coração da Cidade do Porto, conta também com dois estaleiros devidamente equipados, um designado como “Estaleiro do Monte Aventino “ uma vez que se encontra nesta zona da cidade, na Travessa das Antas. Este estaleiro contém armazéns com produção de serralharia, mecânica, carpintaria e ainda serviços administrativos, balneários e cantina. Algum do material mais utilizado como a brita, areia, cimento e os ligantes betuminosos são armazenados aqui e o estaleiro contém também as máquinas retro-escavadoras e outras, como auto-betoneira para além de camiões e carrinhas, como se pode ver na Figura 2.5.

Ao longo dos anos o estaleiro tem sofrido alterações com o objetivo de renovar e estar o mais atualizado possível. A especialidade de mecânica, que ainda funciona no local, é importante para resolver questões de avarias de máquinas ou veículos. A de serralharia também tem um papel fundamental uma vez que por vezes ocorrem a substituição de corrimões na cidade ou também a necessidade de fazer mais grades de proteção. Todas as obras de serralharia leve podem ser efetuadas no estaleiro sem haver a necessidade de um concurso público.



Figura 2.5 – Estaleiro do Monte Aventino (2015)

O “Estaleiro de Martins Sarmiento”, como é designado por se localizar na rua com o mesmo nome conforme se vê na Figura 2.6, é usado exclusivamente para recolha e armazenamento de materiais, encontra-se como o próprio nome indica na Rua de Martins Sarmiento, perpendicular à Rua de Monte dos Burgos, na Freguesia de Paranhos.

Neste estaleiro recebe-se os materiais que são reaproveitados de obras decorrentes na cidade, sendo ou não obras por administração direta. Para além destes materiais recebe-se também os materiais novos, diferentes tipos de brita e areia, cubos, lancis e todos os materiais que são usados no decorrer das obras da DMOIP.



Figura 2.6 – Localização Estaleiro Martins Sarmiento (Google Earth, 2015)

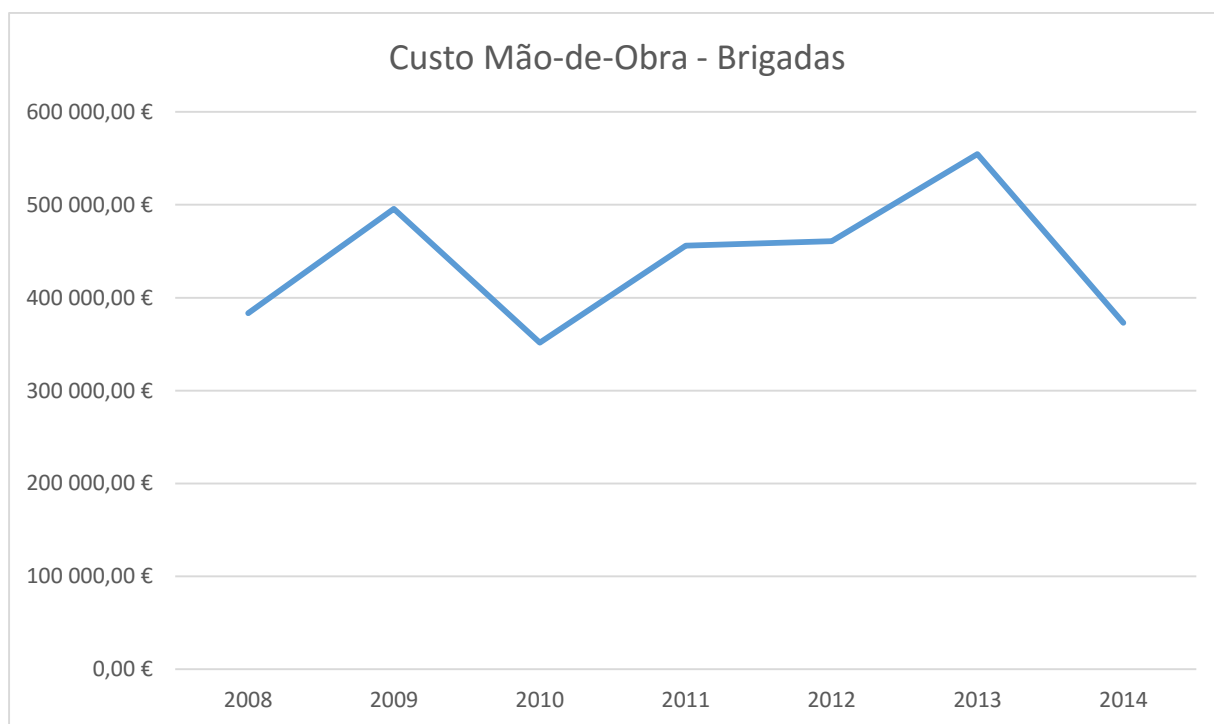
2.3 CAPACIDADE DE EXECUÇÃO DA DMOIP

Apesar de ter mão-de-obra competente e muito experiente, neste momento a DMOIP não tem capacidade para efetuar todo os tipos de pavimento. Em termos de misturas betuminosas apenas consegue efetuar as que se podem produzir em estaleiro sem perder qualidade, ou seja, as misturas betuminosas a frio, geralmente ligadas a pequenas reparações. Para além disso não tem máquinas importantes para executar pavimentos flexíveis, como a pavimentadora. Tendo em conta estas condicionantes, grande parte dos pavimentos que podem ser projetados para Obras de Administração Direta têm de obedecer a estes condicionalismos. Quando ocorrem obras de pavimentos flexíveis com misturas betuminosas a quente, estas empreitadas têm de ser entregues a empresas privadas que

contêm o equipamento necessário para efetuar com a devida qualidade, os pavimentos na cidade do Porto. A fiscalização é garantida pelos técnicos da DMOIP para que tudo corra de acordo com o projeto.

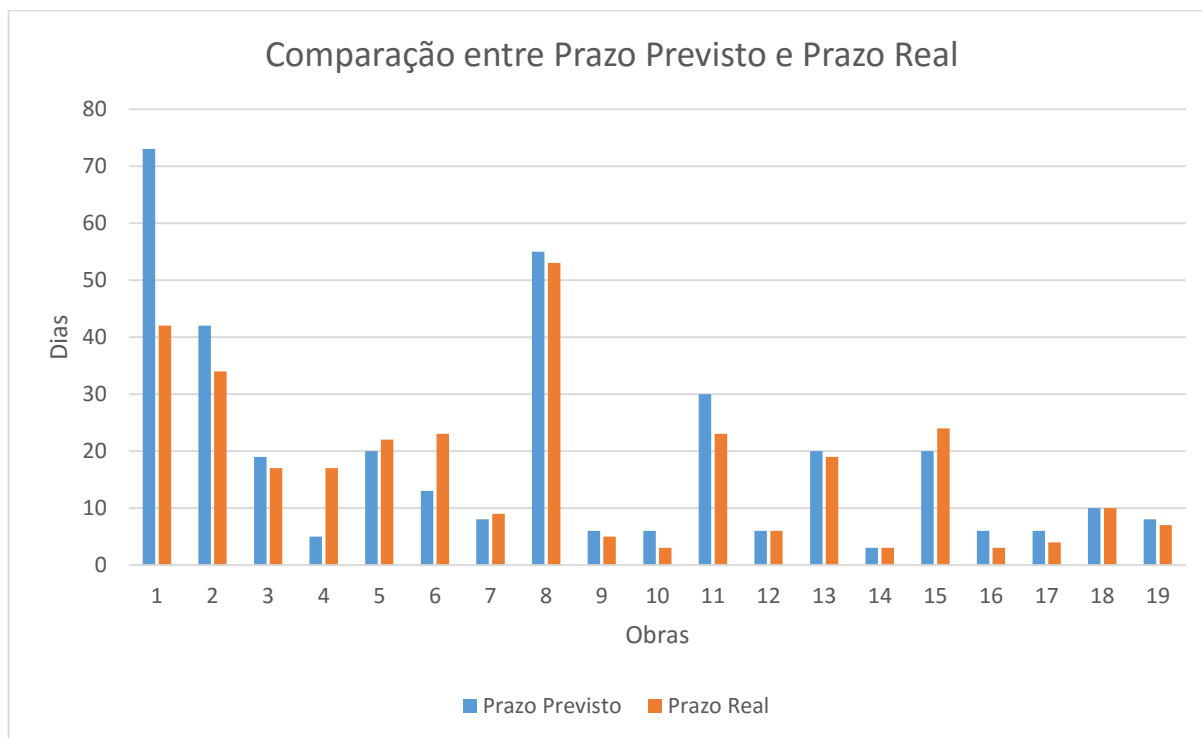
Para perceber melhor a capacidade de execução da DMOIP é necessário entender o orçamento dos mesmos, e o que têm vindo a fazer ao longo dos vários anos. No gráfico seguinte pode-se ver a variação dos valores ao longo dos anos.

Quadro 2.1 – Custo de Mão-de-obra das Brigadas ao longo dos anos (2015)



Ao longo do ano de 2015, visto o estagiário ter estado inserido desde Fevereiro, foi possível fazer uma análise mais correta do primeiro semestre em termos de custos e duração das obras. Desde Janeiro de 2015 até Julho de 2015 foram realizadas 19 intervenções em que houve estimativa e análise dos custos reais. As áreas das intervenções foram: rebaixamento de passeios, melhoria da acessibilidade, entre outras. Em baixo pode-se ver a comparação entre o prazo previsto e o prazo real, sendo possível verificar que excepto na Obra 1, todas as outras têm valores aproximados, com valores previstos geralmente maiores que os valores reais.

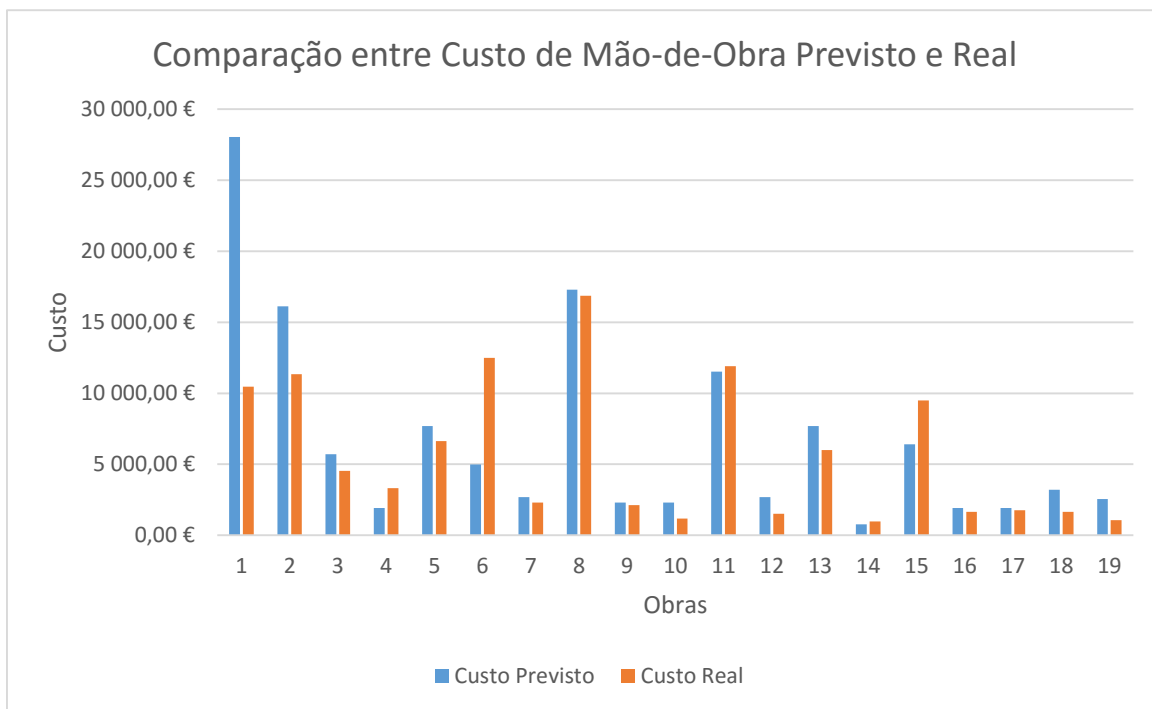
Quadro 2.2 – Comparação entre Prazo Previsto e Real (2015)



Estes valores compreendem-se porque quando é realizada uma estimativa tenta-se sempre que a mesma seja igual ou superior. Em termos de custos de mão-de-obra, está diretamente relacionada com o prazo e mantém a mesma relação entre previsto e real. Ao final de um ano, o custo nos recursos humanos é o mais importante, por essa razão a DMOIP tem focado muito do seu trabalho a tentar melhorar o rendimento e a colocar ao dispor dos operários algumas máquinas para o tempo ser o menor possível.

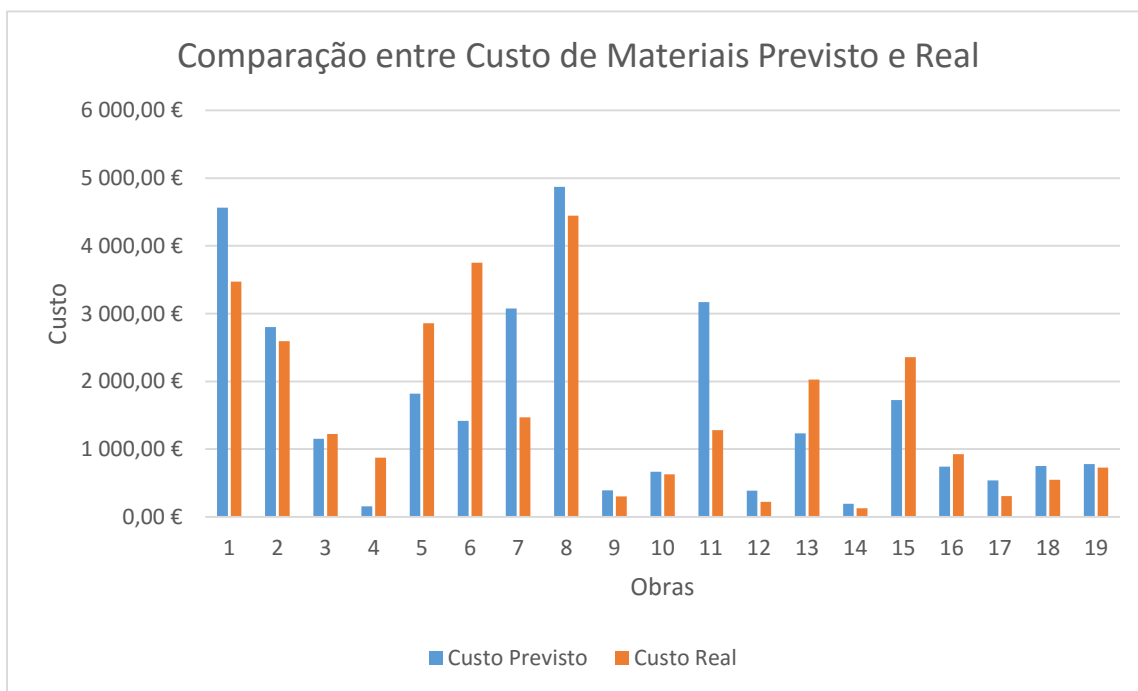
Em alguns casos o valor real supera o valor previsto, mas geralmente os valores andam aproximados. No Quadro 2.3 é possível comparar os custos, tendo em conta as diversas obras realizadas no primeiro semestre de 2015.

Quadro 2.3 – Comparação entre Custo de Mão-de-Obra Previsto e Real (2015)



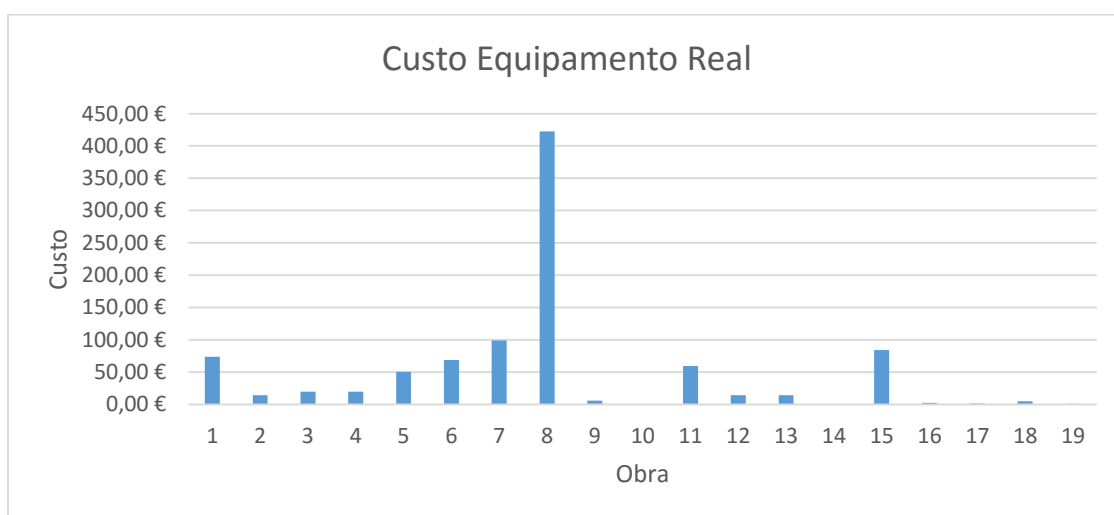
No quadro seguinte pode-se ver a comparação entre os custos previstos e reais, com os materiais.

Quadro 2.4 – Comparação entre Custo de Materiais Previsto e Real (2015)



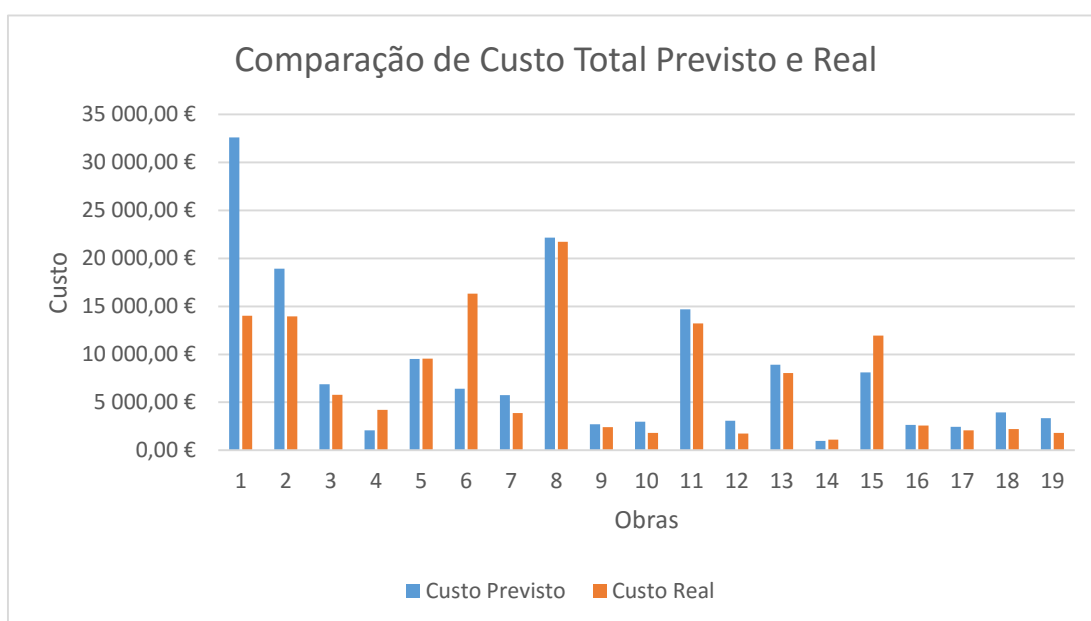
Como se vê os custos com os materiais são muito mais baixos que os custos com a mão-de-obra. Em relação ao custo dos equipamentos, estes não são estimados, mas também são no geral valores bastante baixos e difíceis de avaliar.

Quadro 2.5 – Custo Equipamento Real (2015)



Por fim, a comparação entre custos totais dá os valores do Quadro 2.6. Com estes valores percebe-se que a DMOIP apenas realiza intervenções pequenas e que o grande objetivo, para além das capacidades de execução, é realizar obras com qualidade e tentar realizar um planeamento estável e conciso.

Quadro 2.6 – Comparação de Custo Total Previsto e Real (2015)



3 DESCRIÇÃO DOS TIPOS DE PAVIMENTOS

3.1 TIPOS DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

A evolução socioeconómica dos últimos anos e o investimento feito por parte de algumas empresas do setor na inovação de novos materiais trouxe soluções cada vez mais diversas e adequadas aos diferentes tipos de situação que vão existindo a nível de solicitação de pavimentos, sendo também de salientar a renovação dos métodos de execução. Este capítulo tem como objetivo enunciar não só os métodos tradicionais, mas também os produtos inovadores e que podem ser uma mais-valia na longevidade do pavimento.

De acordo com o LNEC E1 de 1962, um pavimento é a “parte da estrada, rua, ou pista, que suporta diretamente o tráfego e transmite as respetivas solicitações à infraestrutura: terreno, obras de arte, entre outras. Pode ser constituído por uma ou mais camadas tendo, no caso geral, uma camada de desgaste e camadas de fundação. Cada uma destas camadas pode ser composta e constituída por camadas elementares”. Por outras palavras Pavimento define-se como uma estrutura laminar estratificada que se apoia continuamente sobre uma infraestrutura.

Da definição em epígrafe retira-se que um pavimento rodoviário tem como principal função oferecer uma superfície de contacto livre e o mais regular possível de maneira a permitir a circulação de veículos confortavelmente, sendo da maior importância garantir a segurança ao longo do traçado e a durabilidade do pavimento. Terá também que ser dimensionado criteriosamente caso seja para tráfego pedonal e/ou rodoviário e os principais fatores de agressividade são as ações do tráfego e as condições climatéricas.

Atualmente um pavimento comum é composto por um conjunto de multicamadas sobre a fundação do pavimento, sendo esta geralmente constituída pelo solo de fundação e por vezes pelo leito do pavimento. Na Figura 3.1 tem-se um diagrama esquemático da estrutura de um pavimento rodoviário

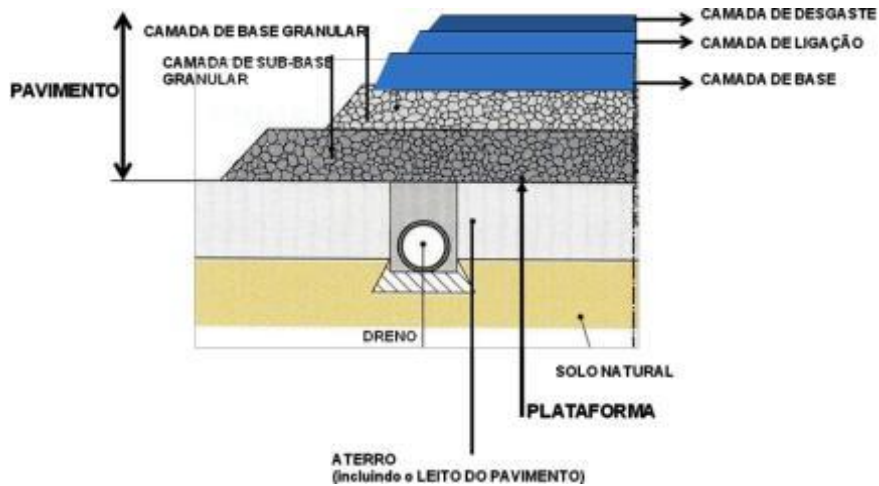


Figura 3.1 – Diagrama esquemático da estrutura de um pavimento rodoviário (INIR, 2015)

Contemplam-se duas componentes distintas: a parte superior constituída por camadas ligadas, estabilizadas por ligantes e a parte inferior constituídas por materiais maioritariamente granulares. A exposição às cargas e ao clima é irá definir a constituição de um pavimento. Na Figura 3.2 pode-se ver um esquema sobre a forma como as cargas atuam, em diferentes tipos de pavimentos.

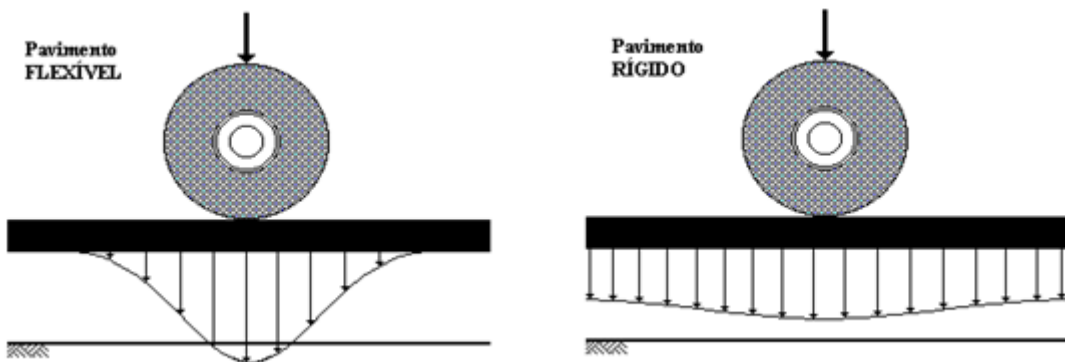


Figura 3.2 – Diferença de Exposição às Cargas em Pavimento Flexível e Rígido (Fang, 2015)

As camadas podem ser diferenciadas pela função que desempenham, por exemplo a camada superficial (“camada de desgaste”) tem a função de atribuir conforto e comodidade aos utentes e fazer a impermeabilização do corpo do pavimento. As diferentes camadas são de qualidade e resistência decrescente acompanhando assim a degradação das cargas.

Da associação das diferentes camadas, com materiais distintos resultam diferentes tipos de pavimentos, o que conduz a comportamentos diferentes. Podem-se então dividir os pavimentos em 3 grandes tipos: Flexíveis, rígidos e semirrígidos. Esta divisão, demonstrada no Quadro 3.1, acontece devido ao material ligante e ao nível de deformabilidade que cada um deles é suscetível de aceitar.

Quadro 3.1 – Diferenças entre Tipos de Pavimentos (Branco, Pereira, & Picado Santos, 2006)

| Tipo de Pavimento | Materiais | Deformabilidade | Deformação (μm) * |
|-------------------|---|-----------------|--------------------------------|
| Flexível | Hidrocarbonados e granulares | Elevada | 250 e 500 |
| Rígido | Hidráulicos e granulares | Muito Reduzida | 200 e 400 |
| Semi-rígido | Hidrocarbonados, hidráulicos e granulares | Reduzida | < 200 |

* Em bom estado de conservação submetido à ação da carga de um eixo de 130kN.

O comportamento de cada tipo de pavimento é determinado pela exposição às intempéries e pelas cargas que atuam, dependendo da frequência destas. Para evitar a degradação do pavimento existem três variáveis em que se podem alterar de forma a chegar à melhor solução possível, sendo elas: a espessura das camadas, características dos materiais e por fim a qualidade da fundação.

Em relação aos fatores de agressividade que danificam o pavimento, o principal é a aplicação de cargas, usualmente veículos pesados com poucos eixos contribuem, bem como uma velocidade lenta, para o desgaste estrutural do pavimento. As ações climáticas influenciam a durabilidade do pavimento pois a água, tanto em estado líquido como sólido, tem efeitos nefastos devido à reação que provoca nos materiais não ligados, por isso, mais à frente será mencionado o quão é importante uma drenagem eficaz do pavimento e zona adjacente. Para além da água, também a temperatura do ar influencia o dimensionamento dos pavimentos e a escolha do tipo de materiais a utilizar, neste caso mais importante nas camadas ligadas por hidrocarbonados pois a rigidez da camada diminui consoante o aumento da temperatura.

3.2 FUNDAÇÃO DO PAVIMENTO E LEITO DO PAVIMENTO

A fundação é um dos elementos mais importantes, porque os 30 a 60 cm que o pavimento costuma ter, solicitam-na, que por sua vez propaga uniformemente as cargas para a envolvente, e desta forma evita a degradação da estrutura superficial.

A fundação pode em alguns casos ser considerado como pavimentos, mas apenas em caminhos rurais que apresentem uma granulometria contínua e contenha materiais não plásticos, no entanto a maioria

das estradas contém um tráfego em que é necessário que a superfície de rolamento se mantenha com boa qualidade por períodos longos. Esta necessidade conduz então ao que teoricamente se chama estrutura do pavimento, composta por materiais mais resistentes que a fundação.

A fundação tem como objetivos:

- Ser eficaz na traficabilidade dos equipamentos em obra e assegurar a drenagem das águas da chuva, antes da construção do pavimento;
- Ainda a curto prazo, garantir uma superfície nivelada que permita a colocação da camada de base com a espessura e o grau de compactação pretendidos;
- A longo prazo, certificar a capacidade de suporte que o pavimento necessita para uma durabilidade maior e para um menor risco de ocorrerem patologias.

O Manual de Concepção de Pavimentos estabeleceu quatro classes de fundação, definida por um módulo médio nominal para o valor de cálculo da fundação, apresentado no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 – Classes de Fundação (JAE, 1995)

| Classe de fundação | Módulo da fundação (MPa) | | Classe de tráfego |
|--------------------|--------------------------|------------------|---|
| | Gama | Valor de cálculo | |
| F ₁ | > 30 a ≤ 50 | 30 | T ₃ , T ₄ |
| F ₂ | > 50 a ≤ 80 | 60 | T ₁ , T ₄ , T ₃ , T ₆ |
| F ₃ | > 80 a ≤ 150 | 100 | T ₁ , T ₂ , T ₃ , T ₄ , T ₅ , T ₆ |
| F ₄ | > 150 | 150 | T ₁ , T ₂ , T ₃ , T ₄ , T ₅ , T ₆ |

Quando a fundação não tem as características de capacidade desejadas, é sobreposta por uma camada de solo melhorada, chamada “leito do pavimento” que faz parte integrante da fundação.

Ao longo do traçado de uma estrada podem existir como é natural diferentes tipos de terrenos. Mesmo que isso não se verifique, quando existe terraplenagens, uma vez que são movimentadas terras devido aos perfis em aterro e escavação, o terreno acaba por perder algumas características. No topo do terreno verificam-se sempre solos com fraca qualidade devido à terra vegetal, no entanto em escavação profunda o terreno vai gradualmente melhorando, podendo mesmo encontrar-se terreno rochoso. Resulta daqui que a qualidade dos terrenos disponíveis para fundar terreno rochoso varia de ponto a ponto, incluindo também a profundidade.

Para diminuir a imprevisibilidade do terreno, é comum construir-se sobre a fundação o denominado “leito do pavimento”, que é a camada entre a fundação e o corpo do pavimento, com uma qualidade melhor que a dos solos disponíveis, que assegura as seguintes funções:

- Assegurar uma capacidade de fundação adequada, sempre que possível invariável ao longo do tempo, mesmo em condições extremas, caso do gelo;
- Obter a traficabilidade dos equipamentos e estabelecer algum nivelamento na fase de execução que é fundamental para uma boa realização das obras;
- Proteger ainda as terraplenagens, especialmente em perfis de aterro, dos efeitos das intempéries, sendo neste caso aconselhável usar materiais menos erodíveis, com anti contaminantes de maneira a impedir os finos dos solos de ascender às camadas granulares;
- Garantir uma drenagem eficaz, sobretudo nas escavações, devido à tendência da água ascender até às camadas inferiores do pavimento.

No nosso país o material mais frequente é o ABGE – Agregado Britado de Granulometria Extensa ou “*tout-venant*”, no entanto existem outras opções como solos selecionados cumprindo as especificações, materiais granulares não britados ou em alguns casos podem ser solos de pior qualidade, mas sendo melhorados com aglutinantes hidráulicos, frequentemente com cimento.

As especificações definidas para o leito do pavimento são idênticas às dos materiais para a sub-base, embora menos exigentes, estando representadas no Quadro 3.3.

Quadro 3.3 – Especificações Leito de Pavimento (2015)

| Variáveis | Valores (unidades) |
|--|-------------------------------|
| Dimensão máxima | 75mm |
| Percentagem de material que passa no peneiro nº 200 ASTM, máxima | 20% |
| Limite de liquidez, máximo | 25% |
| Índice de plasticidade, máximo | 6% |
| Equivalente de areia, mínimo | 30% |
| Valor de azul metileno (material de dimensão inferior a 75µm), máximo | 2.0 |
| CBR a 95% de compact. Relativa, e teor óptimo em água (Proctor Modificado), mínimo | 10% |
| Expansibilidade (ensaio CBR), máxima | 1,5% |
| Percentagem de matéria orgânica | 0% |

3.3 PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

A constituição de um pavimento flexível pode ser muito diversa, pelos fatores já referenciados no ponto 3.1. O pressuposto deste tipo de pavimento é que as camadas superiores (desgaste, regularização e base) sejam misturas betuminosas e as camadas entre estas e o leito do pavimento sejam em materiais granulares, conforme a Figura 3.3.

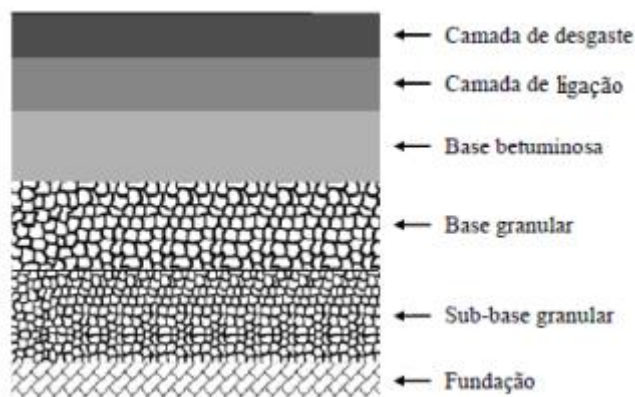


Figura 3.3 – Pavimento Flexível (Pereira, 2014)

As camadas em misturas betuminosas desde o topo do pavimento até à sub-base granular são: desgaste, regularização e base.

A camada de desgaste é a camada mais frágil do pavimento pois é a que está sujeita às solicitações de tráfego e do clima, sendo simultaneamente a que transmite o conforto e a aderência necessária ao veículo ou à pessoa que se move.

A camada de regularização, também se pode denominar por camada de ligação, sendo a camada subjacente à de desgaste, com o objetivo de regularizar a superfície e conferir um acréscimo de resistência estrutural.

A camada de base é talvez a camada mais importante de um pavimento rodoviário pois é o alicerce de toda a estrutura betuminosa, qualquer falha que haja na execução ou no dimensionamento desta camada toda a construção pode ficar em risco. O objetivo dela é absorver e degradar as cargas até à fundação.

As camadas com ligante betuminoso não são fixas, podendo a camada de regularização não existir, mas esse procedimento não é aconselhável.

A(s) camada(s) em material granular também denominada Sub-base tem por objetivo proteger, na fase construtiva, a camada do leito do pavimento e/ou fundação, e ainda garantir que o nível freático não atinga as misturas betuminosas, para isso contribui a elevada percentagem de vazios desta camada, acrescentando ainda uma eficiente drenagem à estrutura do pavimento.

As camadas descritas acima deverão estar ligadas entre si, entre a camada em material granular e a camada mais profunda de misturas betuminosas é aconselhável uma rega de impregnação que tem uma cura de 24 horas, e entre as diferentes camadas de misturas betuminosas uma rega de colagem.

3.3.1 Comportamento

O comportamento deste tipo de pavimentos varia consoante a base, como se pode ver nas Figura 3.4 e Figura 3.5, ou seja, se é em misturas betuminosas ou se têm uma base granular, neste último o topo com misturas betuminosas até 15cm.

No caso de bases em materiais granulares, esta é a camada mais resistente, no entanto devido ao número de vazios esta camada acaba por deformar na zona das rodas e este desnível nota-se naturalmente no topo do pavimento. Também quando as camadas betuminosas têm uma espessura maior que 4cm podem atingir a ruína através do fendilhamento por fadiga, pois as misturas betuminosas nesta situação ficam a trabalhar em flexão.

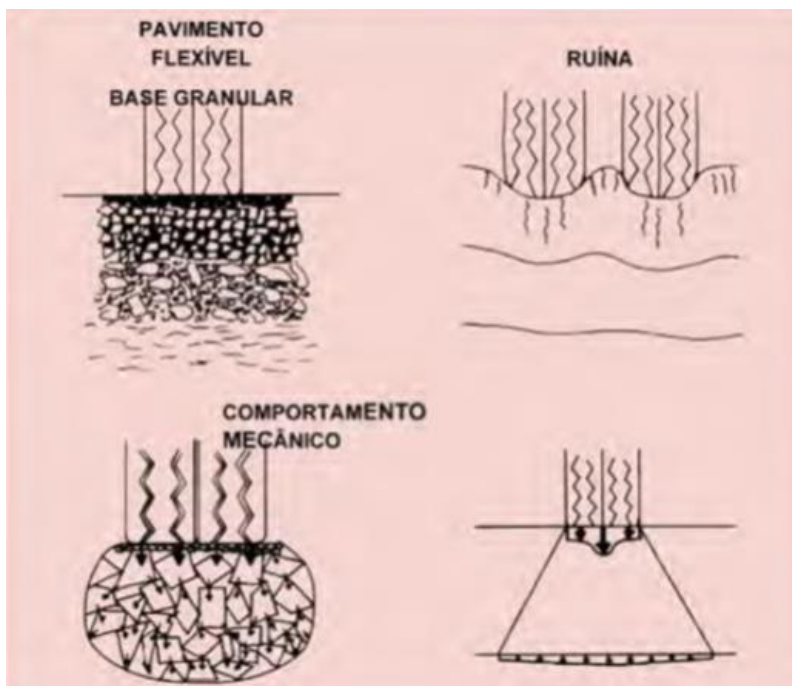


Figura 3.4 – Comportamento Pavimento Flexível – Base Granular (Jiménez, 2014)

As patologias que se encontram na estrutura com base granular são maioritariamente devido ao envelhecimento, e às cargas, que por vezes crescem ao longo do tempo e atingem valores maiores do que os dimensionados. Outra das causas destas patologias é a fraca impermeabilização e a deficiente drenagem.

No caso de bases em misturas betuminosas, a camada de base trabalha em flexão diminuindo o nível das tensões transmitidas à fundação, quando a sua rigidez é relativamente elevada, no entanto se a rigidez for menor, as tensões que passam à fundação serão mais elevadas. Na primeira situação a ruína acontece por fendilhamento por fadiga das camadas betuminosas, enquanto na segunda o estado crítico acontece por deformação excessiva à superfície, que advém do desgaste da fundação e estrutura do pavimento.

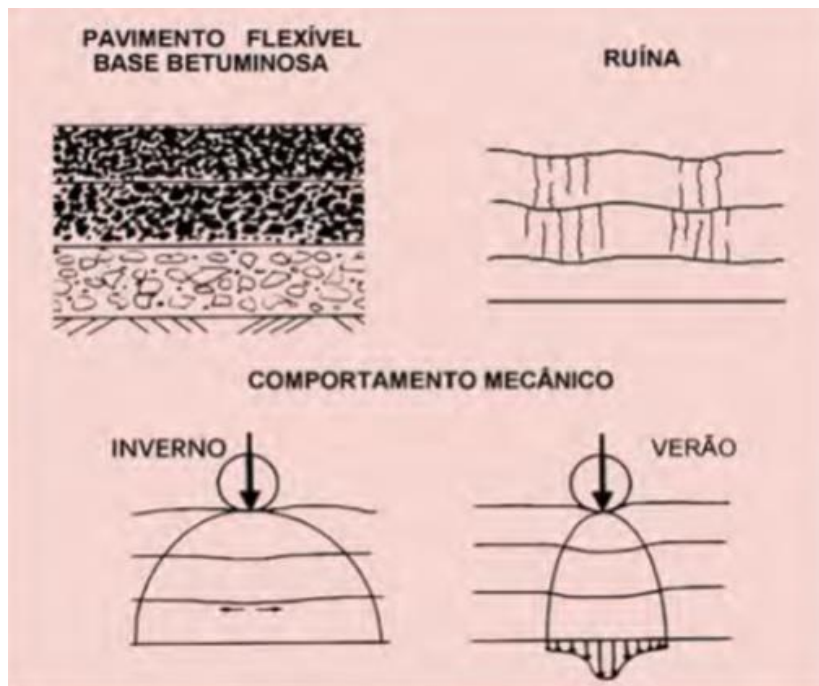


Figura 3.5 – Comportamento Pavimento Flexível – Base Betuminosa (Jiménez, 2014)

3.3.2 Materiais de Pavimentação

Os materiais das diferentes camadas dos diferentes pavimentos são o essencial para garantir o desempenho e a longevidade da obra final. As camadas não tratadas dum pavimento são, regra geral, solos selecionados ou então Agregado Britado de Granulometria Extensa (ABGE), em que estes podem constituir a sub-base ou a base.

As camadas ligadas com materiais hidráulicos, nos quais se incluem os solos reforçados com cal ou cimento, podem constituir qualquer camada de uma estrutura de um pavimento dependendo do tipo deste e da qualidade das misturas. As camadas que são compostas por misturas betuminosas, ou seja agregado e ligante, betume asfáltico, podem ser classificadas de acordo com o Quadro 3.4.

Quadro 3.4 – Diferentes Misturas Betuminosas (2015)

| Parâmetro para classificação | Tipo de Mistura | Exemplo de Mistura |
|---------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Função de agregado empregue | Argamassa | ABR |
| | Macadame | MBB; MBR; SPBF |
| | Betão | BD; MBD; AMB; BBDD; MBFB; MBBRD |
| Temperatura de execução | A quente | BD; MBD; AMB; BBDD; MBBRD; MBB; MBR; ABR |
| | A frio | MBFB; SPBF |
| % vazios na mistura (n – porosidade) | Mistura fechada $n < 5\%$ | ABR; BD; MBD; AMB; MBBRD |
| | Mistura Semi-fechada $5 \leq n < 10$ | MBB; MBR |
| | Mistura Semi-aberta $10 \leq n < 15$ | MBFB; SPBF |
| | Mistura Aberta $n \geq 15$ | BBDD |
| Granulometria | Contínuas | ABR; BD; MBD; AMB; MBBRD; MBB; MBR |
| | Descontínuas | BBDD; SPBF |

Os tratamentos superficiais cuja função é dar à camada de desgaste qualidade, não têm influência na capacidade estrutural ou regularidade. São camadas com espessuras muito reduzidas e formadas por ligante, geralmente o betume asfáltico. Podem ser classificados de acordo com a Quadro 3.5.

Quadro 3.5 – Parâmetros para Classificação dos Tratamentos Superficiais (Branco, Pereira, & Picado Santos, 2006)

| Parâmetro para classificação | Tipologias |
|--|--|
| Regas (só ligante) | Anti-pó |
| | De impregnação |
| | De colagem |
| | De cura |
| Revestimentos superficiais (ligante mais gravilha) | Simples |
| | Duplo |
| | Simples com duplo espalhamento de gravilha |
| | Inverso |
| Misturas betuminosas em camadas delgadas | Lama asfáltica |
| | Microaglomerado betuminoso a frio |

3.3.2.1 Agregados

A utilização de agregados tem como objetivo a formação de um esqueleto pétreo para resistir à ação do tráfego, isto é conseguido através do imbricamento dos grãos entre si. O agregado numa mistura betuminosa é cerca de 90 a 95% do peso, correspondendo a valores de 75 a 85% do seu volume, ou seja, é o material com a maior quota na mistura e isso faz com que tenha que haver um critério apertado em todo o processo desde a extração até à colocação em obra. Os agregados podem ser obtidos e classificados por naturais, se rolados de origem aluvionar, ou britados. Os primeiros são sedimentos que se obtêm junto a rios e ribeiros, enquanto os segundos são obtidos por processos mecânicos em estações próprias de britagem e decomposição de rochas em brita. Foi definido pelo Vocabulário de Estradas e Aeródromos (LNEC, Vocabulário de Estradas e Aeródromos, 1962) as determinações do Quadro 3.6, tendo por base o diâmetro equivalente (*)¹.

Quadro 3.6 – Diâmetro Equivalente de cada tipo de agregado (2015)

| Designação | Diâmetro equivalente |
|------------|----------------------|
| Brita | 30mm <Deq <150mm |
| Murraça | 15mm<Deq< 30mm |
| Gravilha | 5mm< Deq< 15mm |
| Finos | Deq ≤ 5mm |
| Filler | Deq<0,075mm |

Em termos práticos utiliza-se o conceito de Deq complementado pela menor e maior dimensão respetivamente, por exemplo: Gravilha 8/12 ou Brita 20/40.

3.3.2.2 Aglutinantes

Existem diferentes materiais que foram utilizados ao longo da história das infraestruturas, nomeadamente dentro do segmento de ligantes. Em termos de pavimentos, ditos flexíveis, usam-se sempre produtos derivados do petróleo bruto, ou outros como alcatrão ou asfalto, sendo que estes últimos não são já utilizados em Portugal.

¹ *Quando definido por penetração é o comprimento do lado da malha quadrada de menores dimensões através do qual passa a partícula.

O asfalto é o ligante betuminoso natural, que aparece em lagos, como acontece em Angola, na zona de Ambrizete, ou em Trinidad e Tobago. Outro aglutinante muito pouco usado e que foi um dos primeiros produtos utilizados para a pavimentação rodoviária é a Rocha Asfáltica, os principais depósitos situam-se na zona dos Alpes, entre França, Suíça e Itália, e também nas regiões de Ambriz e Ambrizete.

O alcatrão foi o principal responsável pelo surgimento das estradas, em que foi muito utilizado no Reino Unido, tendo nos últimos vinte anos reduzido drasticamente o seu uso devido a normas impostas por ser um material altamente poluente

Contudo o betume asfáltico é o ligante mais utilizado em todo o mundo para trabalhos de pavimentação rodoviária. Este é resultante da destilação do petróleo, que usualmente é pelo processo denominado direto. Como o petróleo é uma mistura complexa com massas moleculares diferentes, estas dispõem-se por ordem molecular, das mais leves para as mais pesadas. O betume como é um dos mais pesados, fica como resíduo, sendo extraído e aquecido a uma temperatura entre os 350°C e 400°C.

A cor do betume asfáltico é o preto, como se vê na Figura 3.6, e apresenta uma qualidade adesiva muito boa. Um dos fatores que dificulta a modificação deste produto é que a consistência é variável com a temperatura, sendo que quanto mais quente, mais líquido fica. É composto por cerca de 80 a 85% de carbono, 10 a 15% de hidrogénio e 2 a 3% de oxigénio, para além destes ainda existe outros componentes residuais como azoto ou níquel. Esta composição e todas as propriedades do betume continuam a sofrer alterações durante o processo de colocação em obra, devido ao contacto com oxigénio do ar e às águas da chuva. A composição química é extremamente complexa, no entanto é possível separar o betume em grupos químicos designados asfaltenos e maltenos.

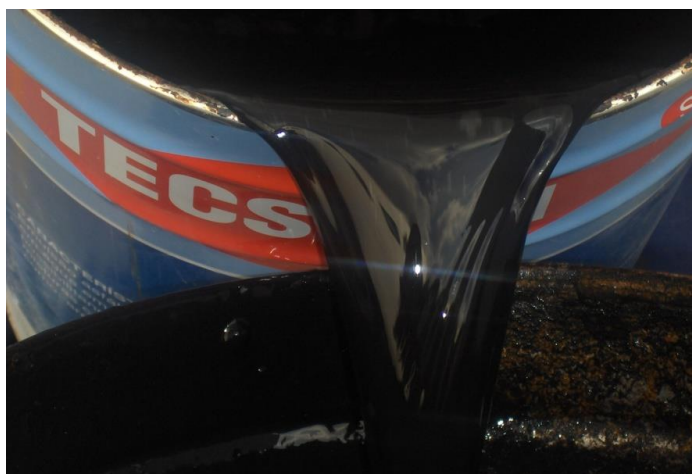


Figura 3.6 – Betume asfáltico (SOTECNISOL, 2015)

Os betumes asfálticos reagem essencialmente a duas variáveis, à temperatura e ao tempo de solitação, sendo extremamente importante padronizar as variáveis de forma a avaliar o comportamento e as características deste material. Para poder prever o comportamento é necessário existir especificações e normas aplicáveis de forma a uniformizar as regras para consequentemente tirar ilações. Em Portugal, a especificação vigente é a LNEC E-80 de 1997 que se encontra no Quadro 3.7 que se baseia essencialmente no Projeto de Norma Europeia prEN 12591 de 1996 “Produtos petrolíferos – Betumes e ligantes betuminosos – Especificações”.

Quadro 3.7 – Propriedades e métodos de ensaio de betumes de pavimentação (LNEC, LNEC E-80, 1997)

| Propriedades | | Métodos de ensaios | |
|--|--|---|--------------------------|
| Penetração, 25 °C, 5s | | ASTM D 5 (prEN 1426) | |
| Temperatura de amolecimento – Métodos de anel e bola | | ASTM D 36 (prEN 1427) | |
| Viscosidade cinemática, 135 °C | | ASTM D 2170 (prEN 12595) | |
| Solubilidade em tolueno ou xileno | | ASTM D 2042 (prEN 12592) | |
| Temperatura de inflamação em vaso aberto Cleveland | | EN 22592 (ASTM D 92) | |
| Resistência ao endurecimento | Variação de massa | RTFOT: ASTM D 2872 (prEN 12607-1) ou TFOT: ASTM D 1754 (prEN 12607-2) | — |
| | Penetração, 25 °C, 100g, 5s | | ASTM D 5 (prEN 1426) |
| | Temperatura de amolecimento anel e bola | | ASTM D 36 (prEN 1427) |
| | Aumento da temperatura de amolecimento anel e bola | | — |

Os tipos de betume de pavimentação mais conhecidos são os seguintes: 10/20, 20/30, 35/50, 50/70, 70/100, 100/150, 160/220, 250/300. Esta designação tem por base o valor de penetração a 25° C. De momento estão a ser elaboradas normas europeias para haver uma uniformização das propriedades nos diferentes países. O Quadro 3.8 apresenta algumas das características da especificação LNEC E-80 de 1997 é a que se encontra em vigor atualmente, e espera-se que quando finalizada a norma

européia, seja idêntica à elaborada pelo LNEC, ainda que com algumas novidades, como a obtenção do ponto de Fraass.

Quadro 3.8 – Especificações de betumes de pavimentação (2015)

| Propriedades | Uni. | Tipos de Betume | | | | | | | | |
|--|---|-----------------|-------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|-----|
| | | 10/20 | 20/30 | 35/50 | 50/70 | 70/100 | 100/150 | 160/220 | 250/300 | |
| Penetração a 25 °C | X 0,1mm | 10-20 | 30-45 | 35-50 | 50-70 | 70-100 | 100-150 | 160-220 | 250-300 | |
| Temperatura de amolecimento | °C | 63-76 | 55-63 | 50-58 | 46-54 | 43-51 | 39-47 | 35-43 | 30-38 | |
| Resistência ao endurecimento, a 163 °C | Varição de massa, ± | % | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,8 | 0,8 | 1,0 | 1,0 |
| | Penetração, mínima | % | 60 | 55 | 53 | 50 | 46 | 43 | 37 | 35 |
| | Temperatura de amolecimento após envelhecimento, mínima | °C | 65 | 57 | 52 | 48 | 45 | 41 | 37 | 32 |
| | Temperatura de inflamação | °C | 250 | 240 | 240 | 230 | 230 | 230 | 220 | 220 |

É importante sublinhar que os betumes têm de ser fornecidos com a marca CE, sendo que isto representa um certificado de garantia de qualidade essencial, fazendo com que todas as características sejam determinadas da maneira correta. As mais importantes do ponto de vista do utilizador são sem dúvida a penetração e a temperatura de amolecimento, pois permitem descobrir por exemplo a viscosidade e outras propriedades importantes através de cálculos.

A penetração a 25°C (pen25) é representada pela profundidade, em décimos de milímetro, que uma agulha com o peso de 100gf durante 5 segundos e à temperatura de 25°C penetra no betume. Ou seja um betume 35/50 significa que a agulha penetra entre 3,5 e 5mm no betume. Devem ser feitas pelo menos 3 medições, sendo a média desses valores o valor utilizado. O procedimento encontra-se ilustrado na Figura 3.7.

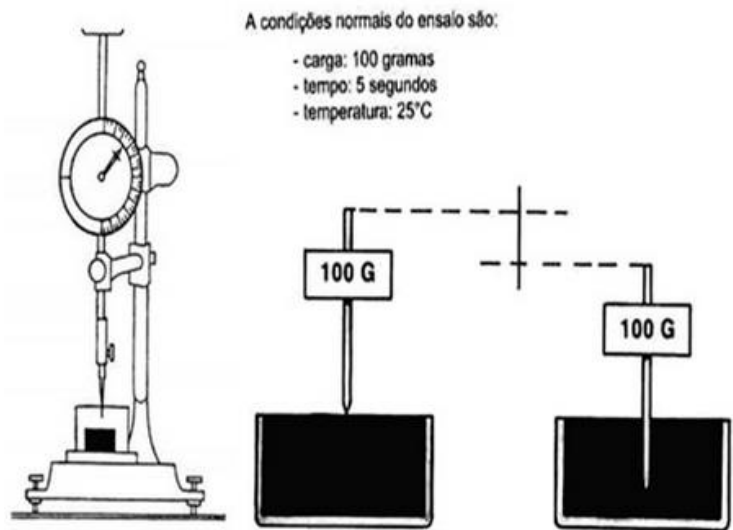


Figura 3.7 – Ensaio de Penetração de Betumes (Thomaz, 2015)

A temperatura de amolecimento determinada pelo método anel e bola, como na Figura 3.8, consiste em colocar uma esfera de aço, de peso determinado, sobre uma amostra de betume num anel de latão. O betume inicialmente encontra-se sólido, e é colocado em água que vai sendo aquecida a 5°C por minuto. O betume vai liquidificando até ao momento em que a esfera percorre os 2,5cm que vão desde o anel até ao fundo do provete. É no preciso momento em que a esfera e o betume tocam a base que tem que ser registada a temperatura, sendo sempre utilizados dois provetes em simultâneo e a temperatura de amolecimento é a média das duas temperaturas registadas.

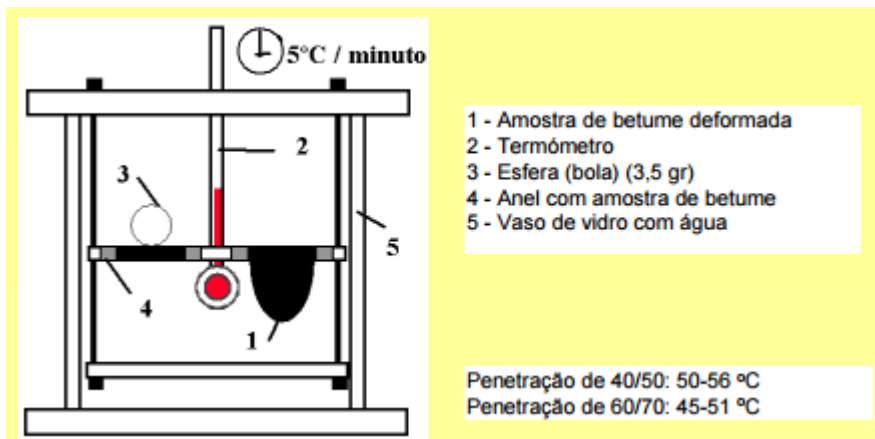


Figura 3.8 – Determinação do Ponto de Amolecimento de um betume pelo método do anel e bola (Palha, 2008)

Para certos trabalhos como a impregnação de camadas granulares ou a colagem entre misturas betuminosas, é necessário um material menos viscoso como o betume fluidificado, mas devido à libertação de solventes para a atmosfera, que intrinsecamente estão ligados à poluição ambiental e ao elevado risco de saúde para os operários, tem-se utilizado cada vez menos este tipo de materiais, até porque existem emulsões betuminosas que apresentam melhor desempenho e que os podem substituir com eficiência.

A alternativa passa então pelas emulsões betuminosas que consistem em dois líquidos imiscíveis, água e betume, mantendo-se estáveis devido ao emulsionante que mantém o sistema em equilíbrio. Para fins rodoviários existem dois tipos de emulsão, as aniónicas e as catiónicas. Esta terminologia surge devido ao tipo de cargas elétricas que envolve os glóbulos de betume, se a emulsão contiver partículas negativas designa-se aniónica, caso contrário designa-se catiónica. No entanto na prática, o que realmente importa é a rapidez de rotura, e em Portugal utiliza-se a seguinte simbologia: E para emulsão, A ou C para aniónica ou catiónica e R,M,L para rotura rápida, média e lenta, respetivamente. As emulsões aniónicas são as mais antigas e apresentam boa adesividade aos agregados calcários sendo de aplicação apenas em tempo seco, enquanto as catiónicas apresentam uma melhor adesividade aos agregados siliciosos e podem ser aplicadas em tempo seco ou húmido, sendo que se houver precipitação não é aconselhável a aplicação. Em relação à rapidez, a escolha da emulsão prende-se com o tipo de trabalho que se pretende realizar. As emulsões rápidas são geralmente utilizadas nas regas de colagem, entre camadas betuminosas, ou em caso de misturas betuminosas a frio para preenchimento de covas. As médias e lentas são para ligação de camadas que precisem de uma estabilidade mais longa, como por exemplo a rega de impregnação entre a camada de base e a sub-base.

O betume asfáltico modificado surgiu na década de 70 nos países mais industrializados, sendo utilizado em Portugal com maior frequência nos anos 90. Estes betumes surgiram devido aos diversos desafios que existem nas infraestruturas rodoviárias e para haver um leque de soluções mais ajustadas a cada situação, quer seja para aumentar a resistência ou para diminuir o ruído aquando a ação das cargas.

Os principais grupos de aditivos nos betumes modificados são:

- Elastómeros;
- Plastómeros;
- Enxofre;
- Borrachas;
- Fibras orgânicas ou inorgânicas;

- Resinas e endurecedores.

Os elastómeros como o estireno-butadieno-estireno (SBS) são aditivos acrescentados ao betume, modificando-o, aumentando assim a temperatura anel e bola e reduzindo a Pen25. Este aditivo é utilizado para aumentar a resistência à deformação permanente e para um melhor comportamento sob condições de clima extremo.

O betume modificado com adição de plastómeros, como o etileno-acetato de vinilo (EVA), aumenta a viscosidade à temperatura ambiente e quando aquecidos podem mesmo separar-se do betume. No entanto tornou-se frequente na Europa do Norte a utilização deste para em tempo frio facilitar a execução.

O Enxofre é utilizado quando surgem patologias de ninhos ou covas, esta adição torna a mistura betuminosa mais estável e trabalhável, e confere a longo prazo uma rigidez maior.

O betume modificado com borrachas aumenta a viscosidade do betume, em que quando esta adição é feita diretamente no betume, a mistura final fica mais homogênea, o que corresponde a um melhor desempenho a todos os níveis. Quando é utilizada borracha vinda de materiais reciclados como pneus pulverizados, a dispersão desta é mais difícil, apesar de ser um processo mais económico.

A adição de fibras ao betume é uma prática que tem sido cada vez mais corrente e que consiste em acrescentar fibras de origem mineral (rocha natural ou de vidro) ou orgânicas, muito curtas e finas ao betume puro. O objetivo destas é, graças à sua grande superfície e adesividade, conseguir fixar uma quantidade elevada de ligante e também devido à sua geometria alongada reforçar o mástique (betume+filer+fibra), fazendo assim um aumento significativo da resistência da mistura betuminosa.

Por fim, a adição de resinas e endurecedores, é essencialmente um suplemento de um polímero que é obtido pela mistura dos dois componentes líquidos que reagem quimicamente criando uma forte estrutura, por isso tem a vantagem de ser menos suscetível às temperaturas extremas e torna as misturas betuminosas resistentes a ataques químicos como combustíveis e óleos, sendo aconselhável usar em parques industriais ou em placas de estacionamento de aeroportos.

Em suma, os betumes modificados são utilizados, no caso de camadas de base ou de regularização para reduzir a espessura das mesmas, conferindo igual ou maior resistência, aumentando assim a vida útil do pavimento. No caso da camada de desgaste, utilizam-se alguns dos betumes modificados para melhorar a segurança, aumentando a aderência e a regularidade, o conforto, diminuindo o ruído de rolamento e ainda em alguns casos para se minimizar os efeitos do envelhecimento por ação dos agentes atmosféricos.

O envelhecimento do betume decorre do processo de endurecimento que este sofre durante o seu fabrico, transporte, aplicação e ao longo da vida de serviço, responsável pelas transformações das suas características físicas, químicas e reológicas que causam um aumento da sua consistência. No entanto é durante o processo de fabrico e aplicação em obra que ocorre perto de 60% do envelhecimento total do betume. A oxidação é o que provoca influencia mais o envelhecimento do betume, visto que a mistura betuminosa está em contacto permanente com o oxigénio da atmosfera e por isso, é susceptível a sofrer alterações nas suas propriedades.

3.3.2.3 Misturas Betuminosas

As misturas betuminosas são constituídas por um conjunto de materiais doseados, previamente ponderados e misturados numa central betuminosa sendo transportados, espalhados e compactados constituindo uma camada de pavimento. As exigências que se requerem às misturas betuminosas são: estabilidade, durabilidade, flexibilidade, resistência à fadiga, aderência, impermeabilidade e trabalhabilidade.

A estabilidade consiste em que a mistura tenha a capacidade que quando sujeita às cargas de serviço tenha uma deformação mínima, ou seja, depende essencialmente do atrito interno dos materiais e da sua coesão. O atrito advém da rugosidade do agregado e do imbricamento, que depende da forma do inerte. É de evitar uma quantidade excessiva de ligante, pois apesar de aumentar a coesão, reduz o atrito interno aumentando a deformação, como se pode verificar na Figura 3.9.

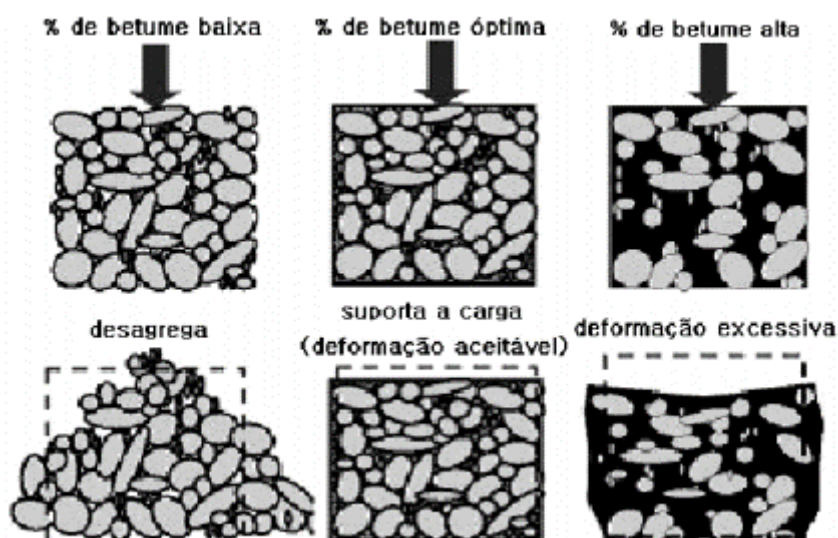


Figura 3.9 – Influência do betume na deformação (Gardete, 2006)

A durabilidade de uma mistura betuminosa é uma exigência fundamental para garantir que o pavimento tem o tempo de vida que se projetou. O betume pode sofrer oxidações ou o agregado sofrer danos por temperaturas extremas, mas pode-se prevenir isso aumentando a percentagem de betume na mistura. Uma maior quantidade de betume cria uma camada mais espessa à volta dos agregados e retarda o seu envelhecimento, além disso reduz a percentagem de vazios dificultando a entrada de ar e água que são os fatores que mais degradam o pavimento.

A flexibilidade de uma mistura está relacionada com o pavimento se adaptar às constantes mudanças que ocorrem sobre e sob ele, isto é, não sofrer um desnivelamento elevado quando o tráfego é alto ou quando ocorre um assentamento diferencial da fundação ou aterro. O aumento da percentagem de betume na mistura é proporcional ao aumento da flexibilidade da mesma.

A resistência à fadiga está interligada com a passagem repetida de veículos que induzem trações na mistura que está compactada, provocando assim extensões irreversíveis. Para satisfazer este requisito convém usar materiais bem graduados e percentagens de betume elevadas pois a resistência à fadiga é tanto maior quanto maior for a durabilidade.

A aderência é essencial em termos de segurança rodoviária, e esta característica é exigível sempre, mas é em tempo de chuva que fica mais exposta e que as condições de aderência pioram. Para cumprir os requisitos, as misturas não devem ser compostas com betume em excesso e também é importante garantir que os agregados tenham uma textura rugosa para aumentar o atrito e que a drenagem superficial do pavimento é eficaz.

A impermeabilidade do pavimento é garantia que tanto o ar como a água não afetam tanto a durabilidade do pavimento. Normalmente se a quantidade de vazios for baixa, a impermeabilidade também será maior, mas depende da forma do agregado e do imbricamento entre eles.

A trabalhabilidade é um aspeto importante porque influencia a execução. A mistura tem de ser colocada e compactada com facilidade para um decorrer de obra fluído, no entanto alguns agregados e aditivos podem levar a um menor trabalhabilidade.

Os componentes da mistura: ar, betume e agregado tem de ser todos estudados e a fórmula final tem de conferir as exigências na medida certa para o que se quer aplicar. A Figura 3.10 representa esses componentes.

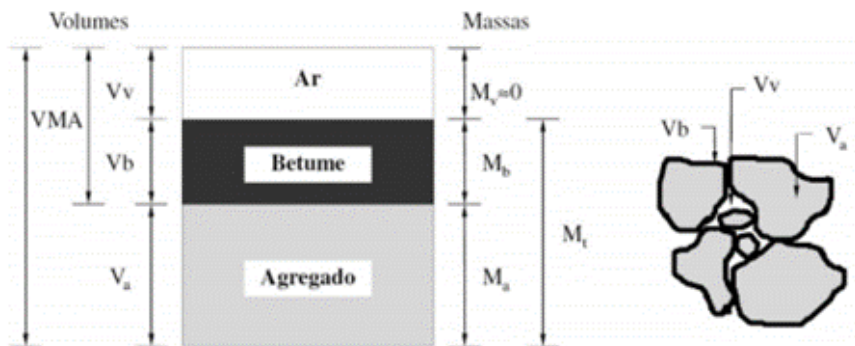


Figura 3.10 – Composição de uma amostra de mistura betuminosa compactada (Mendes, 2011)

As principais misturas betuminosas que são fabricadas a quente são efetuadas com base no que se pretende obter do pavimento. Os componentes utilizados já foram explanados anteriormente, exceto o “fíler comercial”, este é a fração granulométrica mais fina (passados no peneiro 200ASTM (0,075mm)) pois esta conjuntamente com o betume formam o mástique e fazem a ligação dos agregados. O fíler deve ser constituído por pó de calcário, cimento Portland ou cal hidráulica devidamente apagada, deve quando a realização da mistura seco e uniforme.

O macadame por penetração e por Semi-penetração existem sobretudo em estradas de pequena importância, com frequência em municípios, inclusive no Porto. Consiste apenas em camadas de material granular 20/40 ou superior sendo posteriormente regada com betume, ou, como usado em Portugal, uma emulsão catiónica de rotura rápida. Dependendo se o ligante penetra a camada toda ou em parte tem o nome de macadame por penetração ou por semi penetração, respetivamente.

Desde final da década de 80 que em Portugal se utiliza para camadas de base e regularização o denominado macadame betuminoso. É uma estrutura de agregados com uma granulometria extensa, com dimensão máxima de 37,5mm. Sendo o teor em betume 4-5% e a porosidade 4-8%.

As misturas betuminosas densas são empregues em camadas de regularização, mas apenas em locais com tráfego reduzido. Tem uma granulometria 0/20 e o betume geralmente acima de 5%, reduzindo assim a sua porosidade para valores entre os 3-5% e o VMA não inferior a 13%.

Para a realização de camadas estruturais, como a de base, quando se pretende obter um melhor desempenho, é recomendável utilizar uma mistura de alto módulo de deformabilidade. Tendo uma granulometria corrente no máximo de 0/20, esta mistura consegue ver a sua eficiência melhorada

devido ao uso de uma elevada percentagem (> 5%) de betumes duros, como o 10/20, apresentando temperaturas anel e bola entre 60-90°C. Os inconvenientes são as elevadas temperaturas a que tem de ser aquecidos para ser realizada a mistura, tornando-o mais poluente no seu fabrico, porém devido à sua elevada resistência à fadiga, torna a camada menos espessa quando comparada com as misturas tradicionais.

A mistura normalmente utilizada na camada de desgaste é o Betão Betuminoso, o agregado tem uma dimensão máxima de 10mm ou 14mm, sendo de salientar que deve incluir uma percentagem de filer calcário no mínimo de 3%. Esta mistura é mais fechada e resistente, por isso, pode também ser utilizada como camada de regularização. A percentagem de betume é das mais altas, cerca de 5-6%, enquanto a porosidade varia entre os 3-6% e o valor do VMA não deve ser inferior a 14%.

Betão Betuminoso Drenante é um derivado do tradicional betão betuminoso mas com betume aditivado com polímeros, apresentando um elevado desempenho no escoamento superficial do pavimento, uma vez que a drenagem é feita pelo interior do pavimento e não à superfície. É eficaz também ao reduzir o impacto sonoro do tráfego e devido a ter uma menor resistência ao rolamento dos pneus, sendo que os utentes da via economizam combustível. No entanto também contém desvantagens, sendo as principais o envelhecimento precoce e a contribuição para a estrutura do pavimento é cerca de metade de uma mistura tradicional. É uma mistura betuminosa aberta, com uma porosidade de 22-30%, de granulometria descontínua com um diâmetro nominal máximo do agregado de 14mm.

Uma mistura que apenas pode ser utilizada na camada de desgaste é o micro-betão betuminoso Rugoso, que contém uma espessura delgada, entre 3 a 4cm e despreza-se a sua contribuição para a resistência estrutural do pavimento. Inclui apenas agregados com granulometria muito baixa. O betume é modificado com polímeros, em geral elastómeros.

Por fim, uma mistura betuminosa a quente usada em camada de regularização quando se pretende usar espessuras até 4cm é a argamassa betuminosa, podendo servir de reperfilamento em ações de reabilitação, ou em camadas de desgaste, apenas com tráfego reduzido. Tem ainda a potencialidade de ser um tratamento superficial à propagação de fendas no pavimento, sendo a sua porosidade 3-6%.

Quando o tráfego é leve e reduzido, podem ser utilizadas Misturas Betuminosas Fabricadas a Frio. Existem duas, o Agregado Britado de Granulometria Extensa Tratado com Emulsão Betuminosa, tratando-se de um agregado 0/20 misturado com emulsões de rotura lenta e a mistura betuminosa aberta a frio em que a granulometria varia consoante a espessura da camada a realizar e o ligante é

uma emulsão de rotura média. Ambas podem ser utilizadas no reperfilamento de pavimentos existentes ou no enchimento de bermas.

3.3.3 Fabrico e Aplicação

O fabrico das misturas betuminosas a quente é efetuada em centrais que em relação à mobilidade podem ser portáteis, semi-portáteis ou fixas, enquanto em relação à produção podem ser contínuas ou descontínuas, sendo que em Portugal as mais utilizadas são as centrais fixas e descontínuas.

A colocação em obra das misturas betuminosas a quente contempla quatro operações: preparação da superfície que vai receber a mistura, o transporte da mistura para o local da execução, o espalhamento da mistura e por fim a compactação da mistura. É de salientar que por diversas razões anteriormente expostas é altamente prejudicial a execução decorrer no inverno, principalmente com precipitação.

A preparação da superfície tem como objetivo regularizar a camada de sub-base e retirar todo o material que se possa encontrar solto. Visto que a camada de sub-base é granular, tem de se proceder a uma rega de impregnação nesta camada para evitar a desagregação superficial que a mesma possa sofrer com o tráfego de obra e condições atmosféricas. Ainda sobre a rega de impregnação deve usar-se uma rega de colagem, já que se pretende que as camadas, camada granular+camada mistura betuminosa sejam solidárias.

O transporte é a segunda fase para a aplicação da mistura betuminosa. É feita em camiões basculantes que em obra descarregam a mistura para a pavimentadora como se pode ver na Figura 3.11. No entanto os camiões de transporte também têm de cumprir alguns requisitos para a mistura se conservar relativamente intata até à aplicação. A caixa de transporte deve estar limpa e deve ser envolvida com um produto que evita que a mistura se adira à caixa, durante a deslocação deve-se cobrir com lonas para que a mistura baixe pouco a temperatura.

O espalhamento da mistura é uma fase muito importante para deixar uma camada homogénea, para isso o camião tem que descarregar a mistura para o silo receptor da pavimentadora, que posteriormente a transfere para uma mesa vibradora que a mantém quente e a pré-acondiciona, depois a mistura passa para a superfície com uma pré-compactação. Em geral as pavimentadoras comuns conseguem colocar espessuras desde os 2 a 25cm, numa largura de 2 a 5 metros, e a uma velocidade de 200 a 1300metros por hora. A velocidade da pavimentadora está sempre dependente dos camiões que cheguem ao local de execução, pois caso a mistura da superfície arrefeça, quando se continua o trabalho o pavimento ficará com um vinco. Para a execução ser efetuada de acordo com o

projeto as máquinas são dotadas de sensores eletrônicos em que se insere os valores da inclinação do perfil longitudinal e da inclinação do perfil transversal.

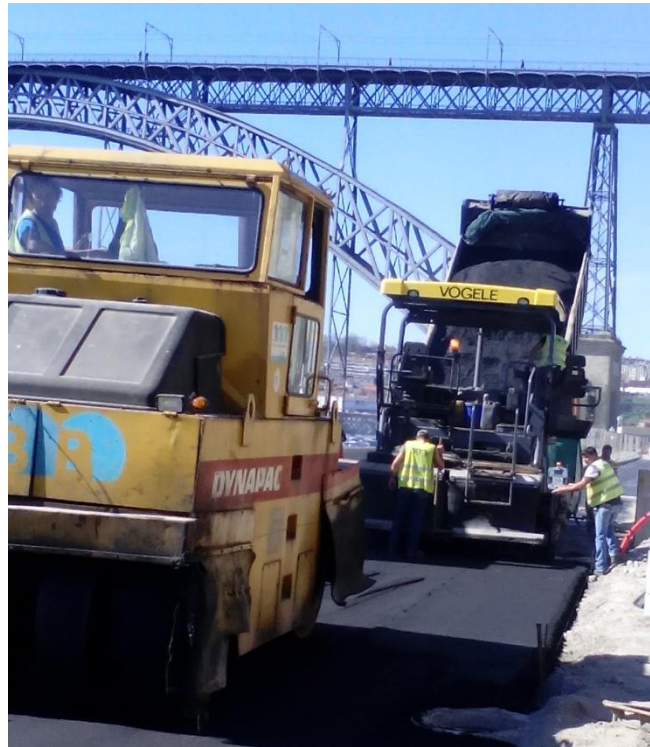


Figura 3.11 – Aplicação mistura betuminosa (2015)

Por fim a compactação tem por objetivo que a mistura tenha a densidade preestabelecida. Na construção, o recomendável e usual é começar a compactação por um cilindro de pneus introduzindo-se de seguida o cilindro de rolos. Para que a compactação ocorra da melhor maneira, a mistura tem de estar entre os 120°C e os 140°C, se a temperatura for mais elevada corre o risco do cilindro provocar deformações excessivas.

No caso de misturas betuminosas a frio, tanto a sua produção como a sua colocação é mais simples. A mistura poderá ser feita em centrais mas o que ocorre muitas vezes é que são misturadas em estaleiro. A colocação segue o mesmo padrão que as anteriores mas não existem, como é natural, todas as condições impostas devido à temperatura. Deverá haver uma boa trabalhabilidade e para isso a quantidade de emulsão terá que ser a correta.

3.4 PAVIMENTOS RÍGIDOS



Figura 3.12 – Exemplo de pavimento rígido (Associação Brasileira de Cimento Portland, 2012)

Os pavimentos rígidos têm uma constituição e modo de funcionamento bem diferentes dos anteriores. São constituídos por uma laje de betão de cimento, apoiada numa camada de sub-base granular ou em alguns casos por material estabilizado com ligante hidráulico. No caso destes pavimentos não existe diferenciação entre camadas, a laje funciona como apenas uma camada estrutural/funcional e desempenha a função quer de base quer de desgaste.

Na fundação o material deve ser homogéneo e não reativo com a água. O problema dos pavimentos rígidos é o aparecimento de fendas de retração passado pouco tempo. No entanto existem diferentes maneiras de as reduzir, como a criação de juntas. A nível superficial é necessário garantir atrito suficiente para a aderência necessária. É de destacar também a mais-valia deste tipo de pavimento, que devido à sua cor clara, como se pode ver na Figura 3.12, o que facilita a iluminação e a sinalização rodoviária.

Existem essencialmente seis tipos de pavimentos rígidos, que se diferenciam na forma como combatem a retração do pavimento.

O primeiro é o pavimento de betão não armado, com juntas, sendo um pavimento formado por betão vibrado, contendo juntas transversais de contração e juntas longitudinais formando painéis retangulares. Para não haver uma dilatação ou uma retração demasiado elevada são colocadas frequentemente barras de ligação com aço nervurado nas juntas longitudinais. Já as juntas transversais são serradas, abrindo uma ranhura que se assemelha a uma fenda. Estas têm um espaçamento de cerca de 5 metros e são realizadas para a laje fendilhar uniformemente e não heterogeneamente. O

método que se utiliza para melhorar o comportamento destas fendas é a colocação de passadores, barras lisas, aderentes apenas numa das lajes para o movimento ser restrito.

O Pavimento de Betão Armado, com Juntas é idêntico ao anterior mas as juntas de contração são colocadas com maior afastamento devido à execução de uma armadura que absorve os esforços de tração. Com isto reduzem-se os esforços nas juntas podendo por isso, ter um espaçamento maior.

O pavimento de Betão Armado Contínuo tem um custo inicial muito elevado. No entanto apresenta um custo de conservação mais reduzido, por esse motivo a longo prazo o custo inicial é justificado. É um pavimento que não tem juntas transversais, sendo estas substituídas por uma armadura contínua. São abertas fendas espaçadas de 1 a 3 metros, com uma abertura inferior a meio milímetro, impercetível aos utilizadores da via. Em alguns pavimentos a armadura é constituída por fibras de aço sintéticas espalhadas pelo betão.

Os pavimentos pré-esforçados são raros devido à impossibilidade de os instalar em zonas de traçado curvo, sendo usados por vezes em aeroportos devido ao traçado da mesma. Tem a vantagem que a laje pode ter um comprimento muito elevado, mais de uma centena de metros e a espessura é reduzida comparativamente com os outros tipos de pavimento.

Por fim o pavimento formado por elementos pré-fabricado tem a sua “camada de desgaste” constituída por blocos de betão que podem possuir algum encaixe entre si. Estes pavimentos geralmente dispõem de uma base em betão pobre sobre a qual se espalha uma camada de areia com 3-5cm para uma drenagem mais eficaz. Como se trata de um pavimento articulado são normalmente utilizados em zonas urbanas ou industriais, tanto para tráfego pedonal como automóvel, devido à sua fácil execução e manutenção.

3.4.1 Comportamento

O comportamento deste tipo de pavimento está ligado à elevada resistência, não sofrendo assim deformações acentuadas, pois as tensões distribuem-se sobre uma grande área da laje chegando à fundação uma percentagem residual da carga aplicada, conforme ilustra a Figura 3.13. Por essa razão a sub-base granular acaba por apenas ter a função de regularizar a superfície. As cargas que chegam à fundação são relativamente baixas e por isso este tipo de pavimentos não costuma ter problemas ao nível das fundações.

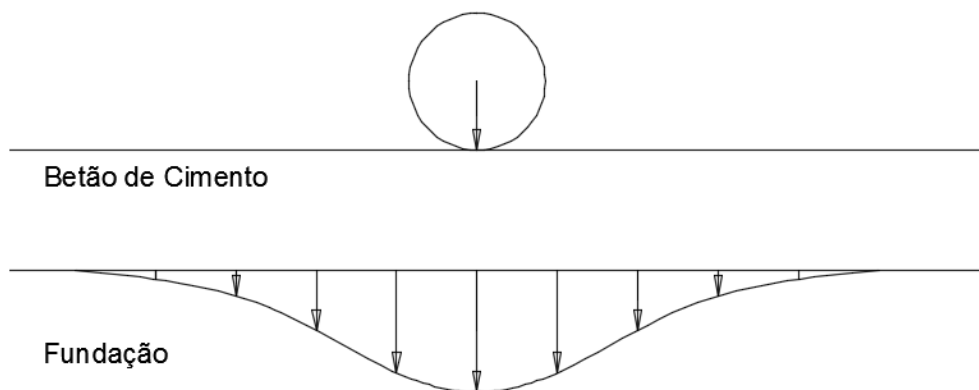


Figura 3.13 – Comportamento do pavimento rígido (2015)

3.4.2 Materiais

O principal aglutinante nos pavimentos rígidos é o cimento, um ligante hidráulico que é definido como: “material inorgânico finamente moído, que quando misturado com a água, forma uma pasta que faz presa e endurece devido a reações e processos de hidratação e que, depois do endurecimento, conserva a sua resistência e estabilidade mesmo debaixo de água”. É definida também em três classes de resistência: classe 32,5, classe 42,5 e classe 52,5. Os valores representam a resistência de referência à compressão aos 28 dias, em MPa. Os mais frequentes nos pavimentos são o cimento Portland (CEM I), da classe 42,5.

O aglutinante é uma parte importante do betão, que é a mistura de cimento, inertes grossos e finos e de água. Existem várias misturas com cimento que podem ser utilizadas em camadas de sub-base, de base ou de desgaste dependendo das características. Existem então três grupos de misturas com cimento: os betões de cimento aplicados em camada de desgaste e base de pavimentos rígidos, misturas de agregados com cimento com uma quantidade menor de ligante destinadas à camada de base e por fim misturas de solo-cimento.

Os betões de cimento para camada de desgaste mais base devem possuir uma boa característica mecânica e conter 300kg/m^3 de cimento e a razão água cimento ser inferior a 0,5.

As misturas pobres de cimento utilizam-se para camadas de sub-base ou em caso de pavimentos semirrígidos na camada de base. Estas misturas são designadas de agregado britado de granulometria extensa tratado com ligantes hidráulicos, betão pobre cilindrado ou betão pobre vibrado. A diferença

é a fração granulométrica ser 0/6, 6/ 20 e 20/40 na primeira enquanto nas restantes ser 0/4, 4/20 e 20/40.

3.4.3 Fabrico e Aplicação

Antes da execução é necessário fazer uma referência ao fabrico do betão, em que as centrais são geralmente descontínuas e devem ter uma capacidade superior a 150m³/h. A execução de um pavimento rígido envolve as seguintes etapas: preparação da superfície existente, transporte, colocação em obra e vibração do betão, acabamento da superfície e execução de juntas.

A preparação da superfície é ainda mais importante quando comparada com a dos pavimentos flexíveis porque o betão é um material mais fluído. Exige-se por isso uma boa regularidade e pouca reatividade à ação da água. Caso a camada que receba a laje também seja um material tratado com ligante hidráulico é recomendável colocar-se uma tela de plástico para fazer a separação de modo a evitar que eventuais fendas passem de uma camada para a outra.

O transporte faz-se da mesma forma como no caso das misturas betuminosas, ou seja, em camiões basculantes, ou em situações em que as intervenções sejam de menor dimensão o betão é realizado no local não necessitando de transporte.

A colocação em obra é executada por pavimentadoras de cofragens deslizantes que vibram e regularizam a mistura, estas são dotadas de dispositivos de introdução semiautomática de passadores nas juntas e de varões de ligação na junta longitudinal. O rendimento de uma pavimentadora pode chegar aos 7500m²/dia.

O acabamento da superfície tem um propósito estético mas também de resistência. É efetuado por dispositivos mecânicos que produzem um estriado geralmente transversal e após isso é espalhado um produto filmogénico que funciona de rega de cura do betão e que deve assegurar uma fina e uniforme camada.

A execução das juntas pode ser feita por moldagem no betão fresco ou por serragem com máquinas apropriadas. No segundo caso é necessário uma boa escolha do tempo de cura do betão para não danificar parte da laje.

Importa ainda evidenciar que a aplicação das misturas hidráulicas em obra deverá ocorrer quando a temperatura seja superior a 5°C, e que não haja possibilidade de formação de gelo e temperatura menor que 30°C. Caso haja precipitação os trabalhos deverão ser suspensos.

3.5 OUTROS TIPOS DE PAVIMENTOS

Existem mais tipos de pavimentos para além dos flexíveis e dos rígidos, apesar de serem todos baseados nesses. Existe ainda a classe dos pavimentos semirrígidos que geralmente são idênticos aos flexíveis mas a camada de base é substituída por uma camada de betão pobre cilindrado, aumentando assim a resistência da base que devido à sua elevada rigidez absorve grande parte dos esforços. O problema deste tipo de pavimentos é que está sujeito a patologias diversas, como por exemplo o fendilhamento na base de betão que porventura pode passar às misturas betuminosas e propagar-se, que para evitar isto, deverá ser colocado um filme de polietileno impregnados com betume ou uma argamassa betuminosa.

Existem duas estruturas dos pavimentos semi-rígidos: a direta, em que as camadas betuminosas apoiam-se diretamente na base estabilizada com ligante hidráulico, e as inversas em que existe uma camada granular não ligada entre as misturas betuminosas e as misturas de betão.

Outros pavimentos que se encontram em Portugal são:

- Pavimentos Granulares - apenas asseguram uma superfície e descrevem um trajeto que não é importante e pouco utilizado. A espessura é variável, mas superior a 15cm e o pavimento é composto apenas por ABGE, que se tenta regularizar de forma a ter um bom comportamento.
- Pavimentos em cubos ou paralelos de granito - têm uma composição idêntica a um elemento pré-fabricado. É muito utilizado no centro histórico da cidade do Porto e nas zonas mais rurais. Pode contemplar uma base de betão pobre mas normalmente tem ABGE, uma camada intermédia de almofada de areia para assentar os cubos e a superfície é em cubos ou paralelos de granito. A vantagem deste pavimento é a alta capacidade de drenagem e a fácil reparação, enquanto a elevada trepidação provoca desconforto e a possível perda de aderência após algum tempo de vida útil são algumas desvantagens.
- Pavimento em microcubos de granito - estes pavimentos são aconselháveis em locais exclusivamente pedonais pois apresentam uma resistência baixa. Têm estrutura idêntica à dos pavimentos em cubo, mas com dimensões de 5x5x5cm enquanto o cubo tem de aresta 11cm.
- O pavimento em betonilha Esquartelada é um pavimento rígido que contempla a sub-base em ABGE, base em betão de cimento e uma camada de desgaste de cerca de 2 a 4cm em betonilha de cimento. Este pavimento é frequentemente utilizado em passeios e em caso de não haver esforços elevados têm uma duração elevada.

4 PATOLOGIAS E PROCESSOS DE DIMENSIONAMENTO

4.1 TIPOS DE PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

As quatro famílias de degradações dos pavimentos flexíveis encontram-se subdivididas no Quadro 4.1

Quadro 4.1 – Famílias e tipos de degradações (2015)

| Família de Degradações | Tipos de Degradações |
|------------------------------------|---|
| Deformações | Abatimento <ul style="list-style-type: none"> • Longitudinal <ol style="list-style-type: none"> I. Bermas II. Eixo • Transversal |
| | Deformação Localizada |
| | Ondulação |
| | Rodeira <ul style="list-style-type: none"> • Grande raio (camadas inferiores) • Pequeno raio (camadas superiores) |
| Fendilhamento | Fendas <ul style="list-style-type: none"> • Fadiga • Longitudinais <ol style="list-style-type: none"> I. Eixo II. Berma • Transversais • Parabólicas |
| | Pele de Crocodilo <ul style="list-style-type: none"> • Malha fina ($\leq 40\text{cm}$) • Malha larga ($> 40\text{cm}$) |
| Desagregação da camada de desgaste | Desagregação superficial |
| | Cabeça de gato |
| | Pelada |
| Movimento de Materiais | Ninhos(covas) |
| | Exsudação |
| | Subida de Finos |

4.1.1 Deformação

A degradação por deformação é dividida como é indicado no quadro anterior. O abatimento é uma deformação que pode ocorrer longitudinal ou transversalmente, junto à berma ou ao longo do eixo da

faixa de rodagem. Um abatimento indica geralmente falta de capacidade de suporte, associado ao fendilhamento que pode provocar que a água se infiltre e danifique as camadas inferiores.

A deformação localizada verifica-se numa pequena área do pavimento geralmente acompanhada de rotura do pavimento.

A ondulação (ver Figura 4.1) é uma deformação transversal que se repete com uma determinada frequência ao longo do pavimento. Ocorre em caso de deficiente distribuição do ligante na camada de desgaste ou em camadas de betão betuminoso por excessiva deformação plástica causada pela ação do tráfego. É de salientar que quando um pavimento é corretamente dimensionado e executado este tipo de patologia não se verifica.



Figura 4.1 – Exemplo de deformação excessiva (Farina, 2015)

As rodeiras são deformações longitudinais que se formam através da passagem dos pneus dos veículos, abatendo assim o pavimento no local da passagem das rodas e desnivelando-o em relação ao eixo de cada via.

4.1.2 Fendilhamento

Este tipo de degradação é a mais frequente neste tipo de pavimentos, causada grande parte das vezes pela fadiga dos materiais devido à elevada frequência dos esforços de tração por flexão. São de fácil deteção porque geralmente são visíveis a “olho nu” e podem ser isoladas ou ramificadas, sendo que quando formam uma malha têm a denominação de pele de crocodilo.

Existem fendas por fadiga, fendas longitudinais, fendas transversais e as fendas parabólicas. Estas últimas aparecem junto à zona de passagem dos pneus, apontando problemas na camada de desgaste.

No entanto as fendas mais comuns são as por fadiga do pavimento, estas resultam maioritariamente de problemas nas camadas betuminosas sob a camada de desgaste, estando orientadas no sentido longitudinal quando se encontram isoladas.

O fendilhamento tem um leque de causas vasto, mas geralmente está associado a deficiências no processo de execução e agressividade do tráfego pesado. É agravada quando a isto se juntam temperaturas elevadas ou temperaturas muito baixas, colocando as camadas em retração térmica.

O mais grave fendilhamento é o denominado pele de crocodilo que resulta da evolução das fendas ramificadas, como na Figura 4.2. Tendo em conta a sua fase de desenvolvimento quanto à abertura da malha pode classificar-se em malha estreita ($\leq 40\text{cm}$) ou malha larga ($>40\text{cm}$). Esta patologia leva a uma perda de capacidade substancial não só pela fadiga, mas também pelo diferencial de temperaturas e fraca qualidade do solo de fundação, correspondendo a um estado hídrico desfavorável. Assim a camada de base fica submetida a elevados esforços de tração favorecendo o fendilhamento tanto na face superior como inferior, sendo que estas fendas propagam-se de camada para camada.



Figura 4.2 – Exemplo Pele de Crocodilo (Pinto, 2010)

4.1.3 Desagregação da camada de desgaste

É o resultado da falta de estabilidade da ligação entre os materiais da mistura betuminosa. Esta patologia resume-se a uma perda qualitativa da camada de desgaste, quando ocorre a perda da componente mais fina, os agregados grossos ficam mais salientes resultando na chamada “cabeça de gato”. Uma consequência desta é o aumento do nível de ruído que o tráfego provoca e aumenta também o desgaste nos pneus, por outro lado a capacidade drenante do pavimento é aumentada. É provocada por um desgaste rápido do mástique que envolve os agregados grossos, estando a sua origem ao nível da adesividade “agregado-betume” ou a uma deficiente dosagem do betume. Quando os agregados grossos, numa fase mais avançada se desagregam da camada ocorre a desagregação superficial representada na Figura 4.3.



Figura 4.3 – Desagregação da camada de desgaste (2015)

Outra patologia desta família designa-se por “pelada” correspondendo a uma descamação de pequenas placas da camada de desgaste que advém de uma espessura reduzida da mesma camada, da deficiente ligação entre camadas ou da falta de estabilidade da camada de desgaste.

O desenvolvimento da “pele de crocodilo” da família das degradações por fendilhamento conduz à última patologia deste grupo, denominada “ninhos ou covas”. Estes têm um efeito severo sobre os veículos sofrendo ao mesmo tempo maiores cargas por parte destes acelerando a patologia. Por vezes quando esta patologia não resulta da “pele de crocodilo” pode resultar de uma zona sobre um bolsa de argila, que advém de uma drenagem deficiente ou então um defeito na execução ou no fabrico da camada de desgaste ou de base.

4.1.4 Movimento de Materiais

Esta família de degradações é típica em pavimentos com problemas de drenagem que resulta em água no interior do pavimento e no solo de fundação. Com a passagem dos veículos e consequente compressão, a água faz o movimento inverso para vir à superfície, esta água transporta normalmente finos, designando-se esta situação por “subida de finos”. Isto apenas acontece quando um pavimento já tem as suas camadas betuminosas fendilhadas e o nível freático é elevado.

Em relação à exsudação resulta de uma deficiente formulação da camada superficial e ainda pode ser associada a condições severas de tráfego e a temperaturas elevadas. Esta patologia caracteriza-se por manchas brilhantes espelhadas no pavimento, como na Figura 4.4, que não são mais do que excesso de ligante reduzindo assim a macro textura da mistura.



Figura 4.4 – Exemplo de Exsudação (Maia, 2012)

4.1.5 Reabilitação

Quando o pavimento se encontra em estado degradado é recomendável reabilitá-lo para adquirir as características originais. Geralmente ligado à camada de desgaste as camadas que se irão colocar têm de repor principalmente: a segurança, o conforto e a impermeabilidade do pavimento. As técnicas de reabilitação mais usuais são: Revestimentos superficiais, Microaglomerado betuminoso a frio, Lama Asfáltica, Microbetão betuminoso rugoso e argamassa betuminosa. O revestimento betuminoso superficial é o que oferece melhor relação custo/benefício e permite conjugar várias estruturas possíveis, apresentado na Figura 4.5:

- (1) revestimento simples (LA);
- (2) revestimento simples com dupla aplicação de agregado (LAa);
- (3) revestimento simples com aplicação prévia do agregado ou "Sandwich" (ALa);
- (4) revestimento duplo (LALa);
- (5) revestimento duplo com aplicação prévia de agregado (ALALa);
- (6) revestimento triplo (LALALa).

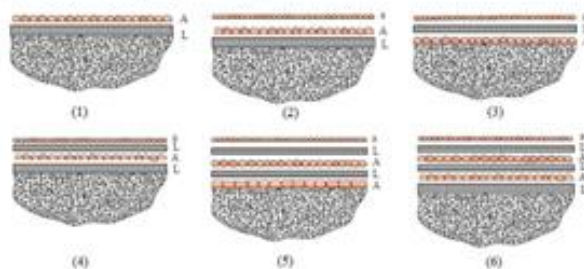


Figura 4.5 – Estruturas possíveis de revestimento de betuminoso superficial (Francisco, 2012)

A Lama asfáltica é uma técnica que já foi bastante utilizada em Portugal, esta técnica é idêntica ao microaglomerado a frio, diferindo na granulometria usada, que neste caso é de 0/4. Isto faz com que esta mistura se assemelhe a um mástique betuminoso mas tem a vantagem de ser de fácil espalhamento e tem um rendimento elevado, no entanto apresenta baixa rugosidade e por isso tem sido a ser descontinuada.

Apresentam-se agora os Quadro 4.2 e Quadro 4.3, que resumidamente caracterizam cada técnica.

Quadro 4.2 – Vantagens e desvantagens das técnicas de reabilitação (Branco, Pereira, & Picado Santos, 2006)

| Problemas que surgem no fabrico e execução | Técnica utilizada | | | | |
|--|--------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|------------------------------|
| | Revestimento Superficial | Microbetão a frio | Termorregeneração | Betão betuminoso drenante | Microbetão betuminoso rugoso |
| Condições climáticas | 0 | ++ | 0 | + | + |
| Dificuldade de execução | ++ | ++ | + | + | + |
| Incómodo ao utente | 0 | + | + | ++ | ++ |
| Risco de Rejeição dos agregados | 0 | + | ++ | ++ | ++ |

Onde, 0: Ponto fraco; +: médio; ++: ponto forte

Quadro 4.3 – Características das técnicas de reabilitação (Branco, Pereira, & Picado Santos, 2006)

| Características de aplicação | Técnica utilizada | | | | |
|------------------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|------------------------------|
| | Revestimento superficial | Microbetão a frio | Termorregeneração | Betão betuminoso drenante | Microbetão betuminoso rugoso |
| Espessura utilizada | <1 | <1.5 | 2 a 4 | 3 a 4 | 2 a 3 |
| Custo relativo | 1 | 2.5 a 3 | 3.5 a 4 | 3 a 3.5 | 2.5 a 3 |
| Domínios de aplicação | | | | | |
| Auto-estradas e vias rápidas | 0 | 0 | + | ++ | ++ |
| Vias de tráfego elevado | + | + | + | ++ | ++ |
| Vias de tráfego ligeiro | ++ | + | 0 | 0 | + |
| Vias urbanas | 0 | ++ | 0 | ++ | ++ |

Onde: 0: técnica mal aplicada; +: técnica aceitável; ++ técnica bem adaptada

Existe também uma parte da reabilitação muito importante que são as técnicas anti-fendas, em que estas devem ser usadas quando há um número de fendas elevado e que se preveem piorar, ou seja é uma técnica que atrasa a degradação do pavimento. A camada a utilizar é conhecida como SAMI (*Stress Absorbing Membrane Interlayer*), esta faz com que a fenda se divida em múltiplas microfendas com movimentos muito menores e como é uma camada elástica, absorve as tensões e não fendilha. O problema desta técnica prende-se com a elevada quantidade de betume modificado com elastómeros aumenta o custo da mesma.

Outra alternativa anti-fendas é o uso de geotêxteis impregnados com betume modificado com polímeros que resulta numa superfície sem dobras, rugas ou ondulações, o que é bastante difícil de conseguir. Esta opção também implica custos elevados.

4.1.6 Modelo de Dimensionamento

Para o dimensionamento dos pavimentos flexíveis existem dois componentes que são fundamentais conhecer: o tráfego e a temperatura das misturas betuminosas. É o tráfego que aplica as cargas ao pavimento e a temperatura da mistura betuminosa reflete-se na rigidez da mesma e na capacidade de defletir mais ou menos com a frequência do tráfego.

O tráfego é constituído por diversos tipos de veículos, desde os velocípedes aos autocarros, passando pelos tratores agrícolas e pelos camiões de transporte. No dimensionamento dos pavimentos apenas o tráfego de veículos pesado é contabilizado, sendo contabilizado, em Portugal, pelo Decreto-lei nº 133/2014 os pesos máximos dos veículos, como mostra o Quadro 4.4.

Quadro 4.4 – Pesos máximos para diversos veículos pesados

| Tipo de veículo | Peso máximo (toneladas-força) |
|--|----------------------------------|
| A motor | |
| De 2 eixos | 19 |
| De 3 eixos | 26 |
| De 4 ou mais eixos | 32 |
| Autocarros articulados de 3 eixos | 28 |
| Autocarros articulados de 4 ou mais eixos | 32 |
| Conjunto tator – semi-reboque | |
| De 3 eixos | 29 |
| De 4 eixos | 38 |
| De 5 ou mais eixos | 40 |
| De 5 ou mais eixos transp. um contentor ISSO de 40 pés | 44 |
| Conjunto motor-reboque | |
| De 3 eixos | 29 |
| De 4 eixos | 37 |
| De 5 ou mais eixos | 40 |
| Reboques | |
| De 1 eixo | 10 |
| De 2 eixos | 18 |
| De 3 ou mais eixos | 20 |

O Decreto-lei define também o peso máximo para diferentes tipos de eixo, sendo que depois na contabilização todos os veículos terão que ser aproximados a eixos simples para serem somados. Existem três tipos de eixos: o eixo simples que tem um rodado em cada extremidade, o eixo tandem que tem dois rodados próximos e o eixo tridem que contem três rodados próximos.

Em Portugal é geralmente utilizado o eixo padrão de 80kN mas, noutros países, como em França, utilizam o eixo-padrão de 130kN. Para obter o número de eixos a passar em determinado local é necessário fazer contagens nos pontos de rede mais críticos. Com base nisso foi elaborado uma estimativa do número e das cargas médias dos eixos para cada volume de tráfego.

Para as previsões do tráfego futuro para além do existente é necessário estudar a ocupação do solo, as características socioeconómicas da população e principalmente as infraestruturas de transportes da região e a previsível evolução da mesma. Para tal a expressão (4.1) conjuga os dados necessários para o cálculo do número de eixos.

$$N = TMDA \times \frac{(1+t)^p - 1}{t} \times 365 \tag{4.1}$$

Em que:

TMDA-Tráfego Médio Diário Anual

t-taxa de crescimento

p-tempo de vida útil do pavimento (flexível 20 anos)

Acontece que o conhecimento total da via é muito difícil de obter por isso no MACOPAV foram definidas classes com que se caracteriza o trafego.

Quadro 4.5 – Elementos relativos ao tráfego (JAE, 1995)

| Classe | (TMDA)p | Taxa de crescimento médio (t) | Pavimentos flexíveis | | Pavimentos Rígidos | |
|--------|-------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|
| | | | Factor de agressividade (α) | N 80 (20 anos) | Factor de agressividade (α) | N 130 (20 anos) |
| T7 | <50 | Estudo específico | | | | |
| T6 | 50 – 150 | 3 | 2 | 2×10^6 | 0,5 | 5×10^5 |
| T5 | 150 – 300 | | 3 | 8×10^6 | 0,6 | 2×10^6 |
| T4 | 300- 500 | 4 | 4 | 2×10^7 | 0,7 | 4×10^6 |
| T3 | 500 – 800 | | 4,5 | 4×10^7 | 0,8 | 7×10^6 |
| T2 | 800 – 1200 | 5 | 5 | 7×10^7 | 0,9 | 10^7 |
| T1 | 1200 – 2000 | | 5,5 | 10^8 | 1,0 | 2×10^7 |
| T0 | > 2000 | Estudo específico | | | | |

$$N = TMDA \times 365 \times C \times p \times \alpha \tag{4.2}$$

$$C = \frac{(1 + t)^p - 1}{p \times t} \tag{4.3}$$

Sendo o α o fator de agressividade descrito no Figura 4.5.

O outro fator que interfere no dimensionamento é a temperatura de serviço porque influencia as características essenciais das misturas betuminosas.

A temperatura é obtida em função da espessura do pavimento e da temperatura média mensal do ar. Witzack (1972) desenvolveu a expressão com que se obtém a temperatura de serviço e que é a base do “Asphalt Institute Thickness Design Manual”.

$$T_{mb} = (T_{mma} + 17,778) \left(1 + \frac{1}{39,37 \cdot z + 4} \right) - \frac{18,889}{39,37 \cdot z + 4} - 14,444 \quad (4.4)$$

Onde:

T_{mma} – temperatura média mensal do ar(°C);

z - profundidade medida a partir da superfície da superfície do pavimento(m);

Existem também outros métodos: tanto por método de cálculo como com recurso a ábacos, como ilustra a Figura 4.6.

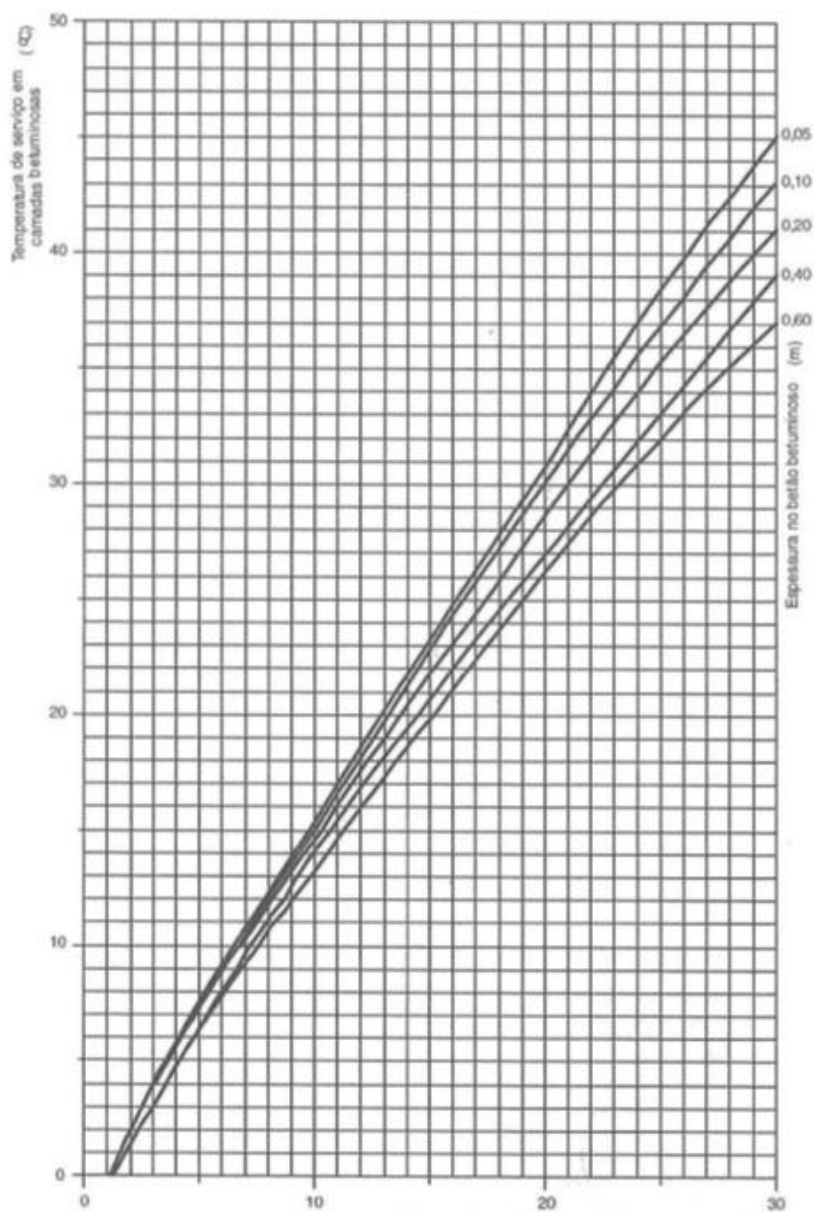


Figura 4.6 – Ábaco Shell (Shell, 1977)

Para além deste existe ainda o processo PATED (Processo de Distribuição de Temperatura Equivalente) a modelação é efetuada por distribuição horária, trata-se de um método que consegue representar bem o comportamento da mistura, mas que em termos de dimensionamento se torna complicada de usar pois são necessários alguns dados que por vezes são difíceis de obter.

Então foi simplificado para:

$$T_{mb(a)} = 6,846 \times z^{0,111} \times T_{mma(a)}^{0,297} \tag{4.5}$$

$$T_{mma(a)} = 0,1835 \times T_{m \text{ máx.}} + 0,8165 \times T_{m \text{ min.}} \tag{4.6}$$

em que:

$T_{mb(a)}$ – temperatura de serviço (°C), no betão betuminoso, à profundidade z ;

z – profundidade medida a partir da superfície do pavimento (mm);

$T_{mma(a)}$ – temperatura média mensal do ar (°C);

$T_{m \text{ máx.}}$ – média das temperaturas máximas anuais com pelo menos 20 anos de tempo de recorrência (°C);

$T_{m \text{ min.}}$ – média das temperaturas mínimas anuais com pelo menos 20 anos de tempo de recorrência (°C).

No entanto o MACOPAV harmonizou e dividiu o país em três zonas climáticas com o objetivo de indicar qual o tipo de betume que se deve utilizar. Para cada classe de tráfego e para cada classe de fundação existem tabelas com as temperaturas de serviço a utilizar.

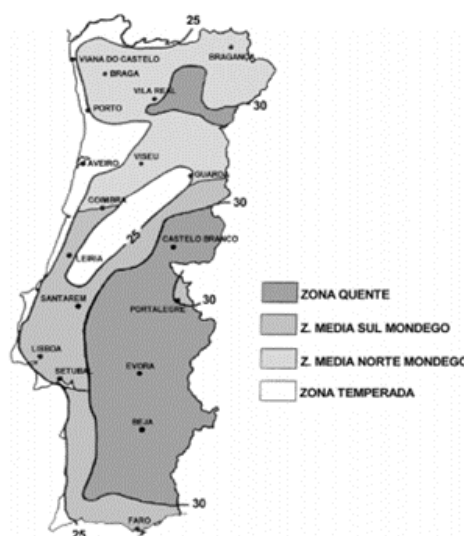


Figura 4.7 – Zonas climáticas de Portugal (JAE, 1995)

Existem muitos métodos para o dimensionamento de pavimentos, no entanto podemos dividi-los em dois grandes grupos: os métodos empíricos-mecanicista e os métodos expeditos.

O método empírico é o que utiliza cálculos com base na observação de consequências e retira as ilações das experiências. Partindo da fundação é possível caracterizar mecanicamente através de:

Para o dimensionamento é aconselhável utilizar as expressões (4.7) e (4.8).

$$E_f = 17,6 \times CBR^{0,64} \quad (4.7)$$

Para o módulo do solo de sub-base a expressão utilizada é a seguinte:

$$E_s = E_f \times (0,2 \times h_s^{0,45}) \quad (4.8)$$

em que:

h_s – espessura da camada de sub-base (mm);

CBR – California Bearing Ratio (%);

E_s – Módulo de solo de sub-base (MPa);

E_f – Módulo de solo de fundação (MPa).

Para o coeficiente de Poisson da fundação têm sido propostos valores entre 0,35 a 0,45, sendo que o MACOPAV no seu procedimento adoptou 0,40.

A expressão da sub-base pode ser aplicada em qualquer camada granular e o coeficiente de Poisson deve varia entre 0,30 e 0,40, sendo que o MACOPAV adotou o valor de 0,35.

De uma maneira geral os métodos empíricos-mecanicista incluem expressões de previsão dos módulos de deformabilidade. Para as mesmas é necessário o conceito de rigidez do betume (S_b) introduzido por Van der Poel em 1954. Inicialmente definido pelo ábaco da Figura 4.8.

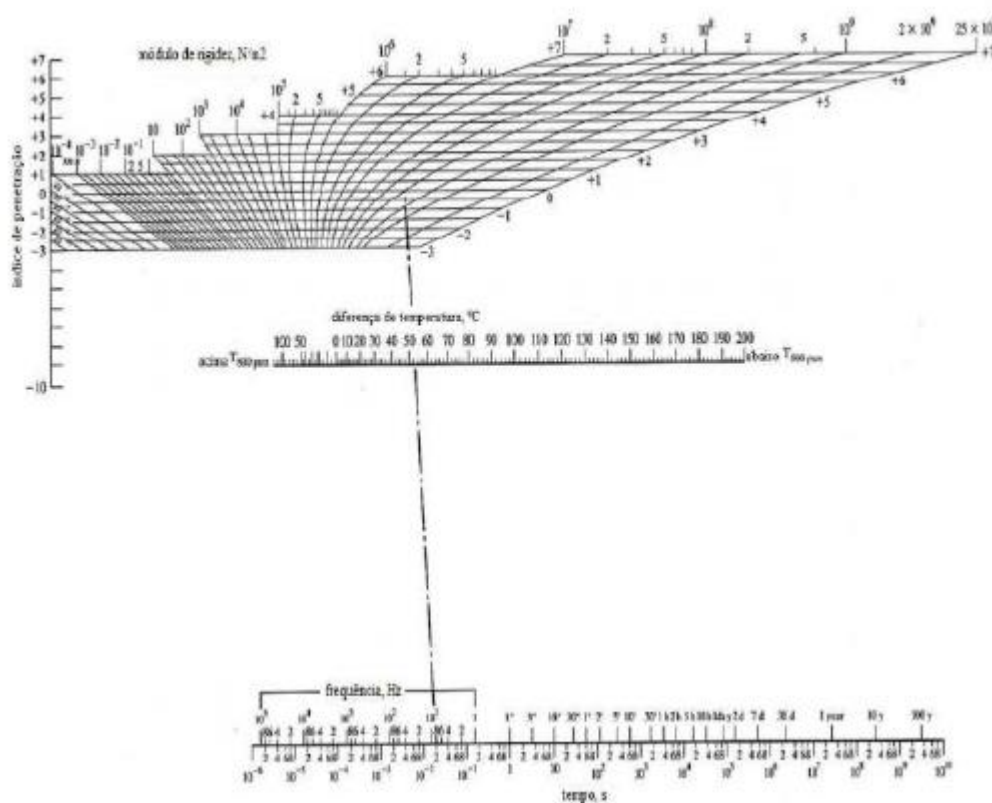


Figura 4.8 – Ábaco de Van der Poel (Simões, 2013)

No entanto o ábaco tem a grande desvantagem de ser impreciso quando consultado, por isso Ullidtz e Peatti (Branco, Pereira, & Picado Santos, 2006) desenvolveram a expressão (4.9):

$$S_b = 1,157 \times 10^{-7} \times t_c^{-0,368} \times 2,718^{-IPENr} \times (T_{AB} - T)^5 \quad (4.9)$$

$$t_c = \frac{1}{V} \quad (4.10)$$

Em que:

S_b – rigidez do betume (MPa);

t_c – tempo de carga (s);

V – velocidade base (Km/h);

$IPEN$ – índice de penetração do betume.

Este IPEN pode ser calculado pela expressão (4.11), desenvolvida por Pfeiffer e Van Dormal:

$$IPENr = \frac{20 \times T_{AB}r + 500 \times \text{Log}(PEN_{25}r) - 1951,55}{T_{AB}r - 50 \times \text{Log}(PEN_{25}r) + 120,15} \quad (4.11)$$

$$T_{ABr} = 99,13 - 26,35 \times \text{Log}(PEN_{25r}) \quad (4.12)$$

$$PEN_{25r} = 0,65 \times PEN_{25} \quad (4.13)$$

em que:

T_{AB} – temperatura de amolecimento (°C) pelo método de anel e bola, que é uma medida empírica, indireta, da viscosidade do betume;

T_{ABr} – temperatura anel de bola revista (°C);

PEN_{25} – penetração (10^{-1} mm) do betume a 25 °C, que também é uma medida empírica viscosidade do betume;

PEN_{25r} – penetração (10^{-1} mm) do betume a 25 °C revista;

$IPENr$ – índice de penetração revisto.

O método mais utilizado é o da Shell, baseado nos ábacos com medidas britânicas e traduzido para o sistema internacional nas expressões (4.14) a (4.19):

$$Sm108 = 8 + 5,68 \times 10^{-3} \times Va + 2,135 \times 10^{-4} \times Va^2 \quad (4.14)$$

$$Sm3109 = 10,82 - \frac{1,342 \times (100 - Va)}{Va + Vb} \quad (4.15)$$

$$S68 = 0,6 \times \log \frac{1,37 \times Vb^2 - 1}{1,33 \times Vb - 1} \quad (4.16)$$

$$S89 = 1,12 \times \frac{(Sm3109 - Sm108)}{\log(30)} \quad (4.17)$$

$$A = \frac{S89 + S68}{2} \times (\log(Sb) - 8) + \frac{S89 - S68}{2} \times |\log(Sb) - 8| + Sm108 \quad (4.18)$$

$$Em = 10^A \quad (4.19)$$

Em que:

E_{mb} – módulo de deformabilidade das misturas betuminosas (Pa);

v_a – Percentagem volumétrica do agregado (%);

v_b – Percentagem volumétrica do betume (%);

Quando se pretendem calcular misturas betuminosas de alto módulo terá de utilizar o método do (Capitão & Picado Santos, 2006) em que chega ao módulo de deformabilidade com recurso à expressão (4.20) e (4.21):

$$Vbv = \frac{Vb * \rho_{mistura}}{\rho_{vol.betume}} \quad (4.20)$$

Em que:

ρ – Massa específica (kg/m³);

v_b – Percentagem volumétrica do betume (%)

$$Em = 30231 - 2151,1 \times tc - 331,9 \times T - 853,5 \times Vbv - 16,94 \times \varepsilon_t adm + 6,33 \times Sb \quad (4.21)$$

Em que:

E_m – módulo de deformabilidade das misturas betuminosas (MPa);

S_b – rigidez do betume (MPa);

t_c – tempo de carga (s);

T – Temperatura de serviço (°C);

$\varepsilon_t adm$ – extensão admissível ($\times 10^{-6}$).

Após calcular todos os módulos de deformabilidade o dimensionamento é feito através de métodos iterativos, recorrendo, por exemplo, a programas de cálculo, como o BISAR ou o ALIZE-LCPC. Estes métodos calculam as tensões a que o pavimento estará sujeito, ou seja, as extensões verticais e horizontais, quando introduzido os valores de espessura e módulo de deformabilidade.

Para o pavimento estar corretamente dimensionado, as extensões reais terão que ser maiores que as extensões teóricas dada pelo programa de cálculo.

As extensões, no método da Shell são calculadas através das expressões (4.22) e (4.23):

$$\varepsilon_t = (0,856 \times v_b + 1,08) \times E_{mb}^{-0,36} \times N_{80}^{-0,2} \quad (4.22)$$

Em que:

v_b – percentagem volumétrica de betume (%);

ε_t – extensão de tracção ($\times 10^{-6}$);

N_{80} – número de eixos padrão de 80 kN;

E_{mb} – módulo de deformabilidade das misturas betuminosas (Pa);

$$\varepsilon_v = k_s \times N_{80}^{-0,25} \quad (4.23)$$

Em que:

ε_v – extensão vertical ($\times 10^{-6}$);

N_{80} – número de eixos padrão de 80 kN;

k_s – Coeficiente que depende da probabilidade de sobrevivência do pavimento.

É fundamental garantir sempre uma margem de segurança para o cálculo das extensões, isto é, o valor da extensão real ser cerca de 80% do valor da extensão admissível.

Em relação ao método expedito de dimensionamento de pavimentos flexíveis, este baseia-se no procedimento explicados como o anterior. Serve, acima de tudo, como indicação ou pré-dimensionamento. O método do MACOPAV indica as estruturas de pavimento através das classes de tráfego e da classe de fundação, conforme o Quadro 4.6.

Quadro 4.6 – Definição das classes de fundação segundo JAE (JAE, 1995)

| Classe de fundação | Módulo da fundação, E_f (MPa) | | Classes de tráfego |
|--------------------|---------------------------------|------------------|-------------------------------------|
| | Gama | Valor de cálculo | |
| F_1 | $30 < E_f \leq 50$ | 30 | $T_5 \ T_6$ |
| F_2 | $50 < E_f \leq 80$ | 60 | $T_3 \ T_4 \ T_5 \ T_6$ |
| F_3 | $80 < E_f \leq 150$ | 100 | $T_1 \ T_2 \ T_3 \ T_4 \ T_5 \ T_6$ |
| F_4 | $E_f > 150$ | 150 | $T_1 \ T_2 \ T_3 \ T_4 \ T_5 \ T_6$ |

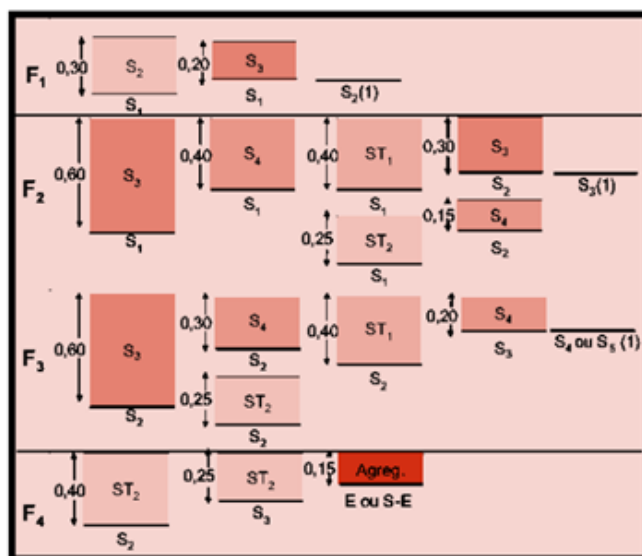
Neste método é preciso, em primeiro lugar para escolher a fundação, caracterizar o solo com recurso ao Quadro 4.7. Para isso é necessário ensaios em laboratório ou como recurso, ter cartas geotécnicas que caracterizem os solos por zona. Com este quadro também é possível retirar o valor médio de CBR consoante o tipo de solo.

Quadro 4.7 – Classificação dos solos (Jiménez, 2014)

| Classe | CBR (%) | Tipo de solo (ASTM D2487) | Descrição |
|----------------|---------------|---------------------------|---|
| S ₀ | < 3 | OL | Siltos orgânicos e siltos argilosos orgânicos de baixa plasticidade |
| | | OH | Argilas orgânicas de plasticidade média a elevada; siltos orgânicos |
| | | CH | Argilas inorgânicas de plasticidade elevada; argilas gordas |
| | | MH | Siltos inorgânicos; areias finas micáceas; siltos micáceos |
| S ₁ | 3 ≤ CBR < 5 | OL | Siltos orgânicos e siltos argilosos orgânicos de baixa plasticidade |
| | | OH | Argilas orgânicas de plasticidade média a elevada; siltos orgânicos |
| | | CH | Argilas inorgânicas de plasticidade elevada; argilas gordas |
| | | MH | Siltos inorgânicos; areias finas micáceas; siltos micáceos |
| S ₂ | 5 ≤ CBR < 10 | CH | Argilas inorgânicas de plasticidade elevada; argilas gordas |
| | | MH | Siltos inorgânicos; areias finas micáceas; siltos micáceos |
| | | CL | Argilas inorgânicas de plasticidade baixa a média; argilas com seixo, argilas arenosas; argilas siltosas e argilas magras |
| | | ML | Siltos inorgânicos e areias muito finas; areias finas, siltosas ou argilosas; siltos argilosos de baixa plasticidade |
| | | SC | Areia argilosa; areia argilosa com cascalho |
| S ₃ | 10 ≤ CBR < 20 | SC | Areia argilosa; areia argilosa com cascalho |
| | | SM | Areia siltosa; areia siltosa com cascalho |
| | | SP | Areias mal graduadas; areias mal graduadas com cascalho |
| S ₄ | 20 ≤ CBR < 40 | SW | Areias bem graduadas; areias bem graduadas com cascalho |
| | | GC | Cascalho argiloso; cascalho argiloso com areia |
| | | GM-U | Cascalho siltoso; cascalho siltoso com areia |
| S ₅ | ≥ 40 | GP | Cascalho mal graduado; cascalho mal graduado com areia |
| | | GW | Cascalho bem graduado; cascalho bem graduado com areia |

Após a classificação da fundação, com o auxílio do Quadro 4.8, escolhe-se uma das estruturas.

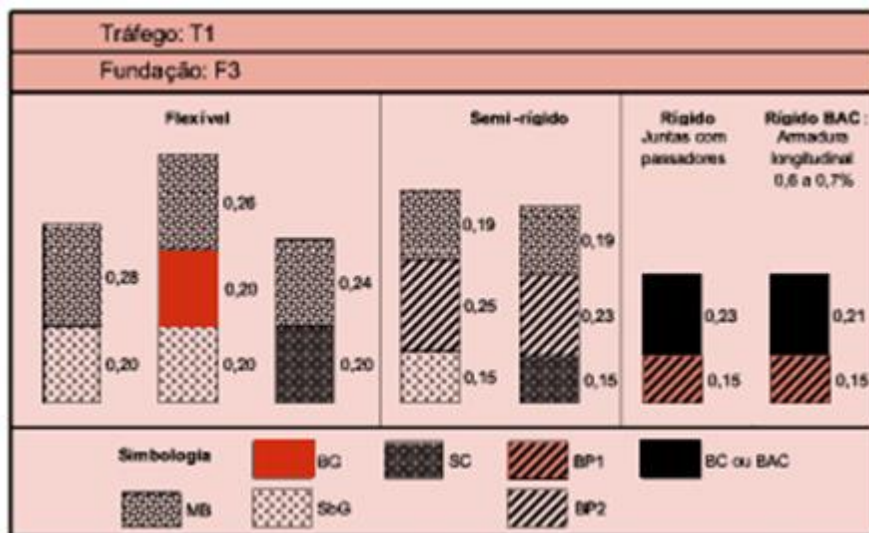
Quadro 4.8 – Materiais a aplicar segundo classes de fundação e tipo de solo (JAE, 1995)



E – Enrocamento (aterro); SE – Solo-enrocamento (aterro)
 (1) Em escavação, o solo deve ser escarificado e recompatado, por forma a garantir uma espessura final de 0,30 m bem compactada

Por último, e consoante o tipo de fundação e a classe de tráfego o MACOPAV tem estruturas de pavimentos já pré-concepcionadas como as que se apresenta no Quadro 4.9.

Quadro 4.9 – Estruturas de pavimentos para a classe T1/F3 (JAE, 1995)



4.2 TIPOS DE PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS RÍGIDOS

As principais degradações que ocorrem nos pavimentos rígidos são: fendilhamento das lajes, desagregação superficial e escalonamento das lajes. Apesar de ser mais resiliente que os pavimentos flexíveis, as patologias geralmente são mais agressivas e mais difíceis de reparar.

4.2.1 Fendilhamento

O fendilhamento das lajes pode ocorrer por: fadiga, sendo a repetição das tensões a principal causa mas que só se justifica, num pavimento bem dimensionado e executado, no final da vida útil. Pode também ocorrer por retração devido à temperatura, mas a mais grave origem é o encurvamento das lajes, isto acontece quando a temperatura tem um diferencial considerável em ambas as faces da laje e quando existe falta de contacto entre a laje e a sub-base. Sinteticamente o que acontece, é que durante o dia quando a temperatura é superior no topo da laje, a mesma sofre um encurvamento para o exterior enquanto durante a noite a situação inverte-se. Pode-se limitar esta última causa com barras de transferência de carga.

4.2.2 Desagregação superficial

A desagregação superficial pode acontecer em dois locais distintos: ao longo das juntas ou na laje. Nas juntas ocorre por estas serem demasiado estreitas ou por deficiente selagem que pode provocar a entrada de materiais que posteriormente esmagam o betão por ação mecânica dos pneus. Outra possibilidade é devido à ação do gelo, que no entanto em Portugal essa situação não é comum. Na laje pode ocorrer também desagregação superficial devido a um elevado tráfego ou então a materiais de qualidade deficiente.

4.2.3 Escalonamento

Por fim, o escalonamento das lajes é um processo muito específico e é preciso reunir duas condições para acontecer: a camada inferior à laje ser erodível e a proteção das juntas insuficiente. A Figura 4.9 representa o funcionamento do escalonamento, o pneu passa na laje anterior e os finos são transportados para a parte inferior da laje posterior, quando o pneu passa na laje posterior o material fino volta à laje anterior formando assim uma cavidade que danifica e cria assentamentos nos pavimentos rígidos.

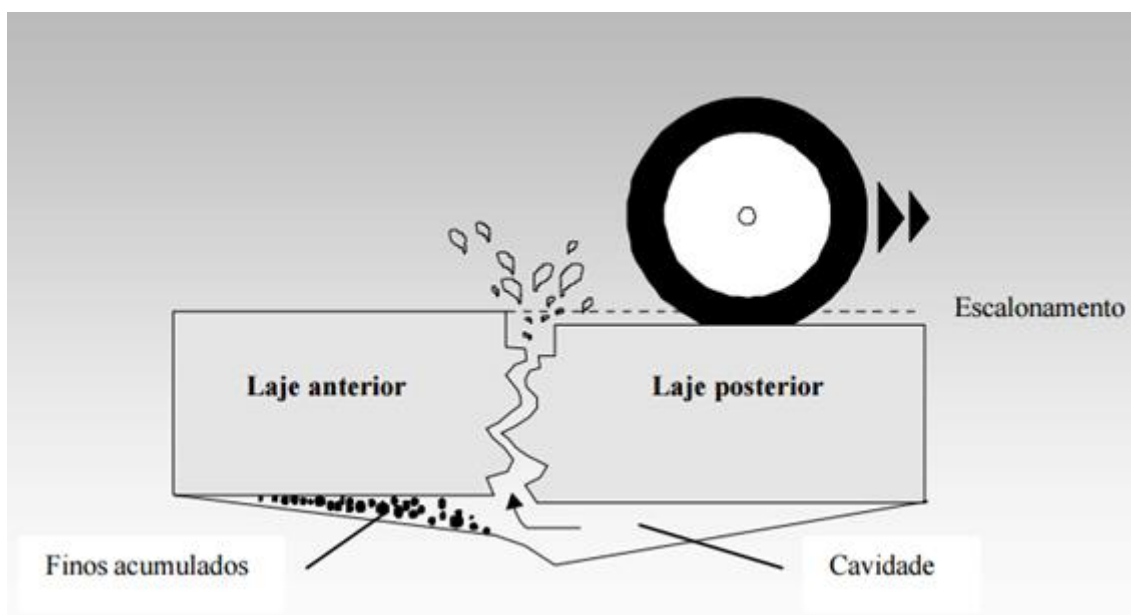


Figura 4.9 – Representação do escalonamento da laje (RODRIGUES, 2011)

4.2.4 Reabilitação

As degradações mais frequentes como foi explanado anteriormente estão ligadas a problemas nas juntas ou então a perda de atrito na superfície do pavimento. Para o tratamento de juntas, os materiais aplicados aquando da execução são geralmente de duração reduzida, sendo por isso necessário uma manutenção periódica. No caso de haver fendilhamento ou zonas de betão deterioradas, essas devem ser cortadas e substituídas por betão novo.

A reabilitação estrutural está geralmente associada ao fendilhamento extremo das lajes ou então ao escalonamento, devendo a solução de reabilitação ser estudada consoante as condições da fundação e do estado dos transmissores de carga.

O reforço da fundação passa por injeções de calda de cimento e obras de drenagem para evitar a erosão da fundação. Pode também reabilitar-se o pavimento com o reforço de uma camada betuminosa ou com betão com malha de aço ou fibras. Quando a laje tem uma fratura demasiado grande para as soluções anteriores, tem de ser realizada a demolição das partes afetadas e uma reconstrução das mesmas.

4.2.5 Modelo de Dimensionamento

Os pavimentos rígidos em termos de dimensionamento seguem o método de categoria igual ao dos flexíveis, ou seja, um dimensionamento mecanicista. Este dimensionamento não é muito utilizado até porque na rede nacional rodoviária estes pavimentos correspondem a menos de 5%, por isso irá ser demonstrado sucintamente o método PCA, da Portland Cement Association.

Os critérios usados para dimensionar são a fadiga e a erosão do apoio das lajes. Apresenta-se de seguida a folha de cálculo, no Quadro 4.10.

Quadro 4.10 – Verificação estrutural do pavimento rígido (Método PCA)

Projecto _____

Espessura considerada _____ (mm) Barras de transferência: sim não
 Módulo de reacção do solo (K) _____ (MPa/m) Bermas: sim não
 Tipo e espessura da sub-base _____ (mm) Período de vida: _____ (anos)
 Módulo de reacção global (K) _____ (MPa/m)
 Tensão de rotura por tracção de flexão (MR) _____ (MPa)
 Coeficiente de segurança (LSF) _____

| Cargas por eixo (kN) | Multiplicadas por LSF (kN) | Repetições previstas | Análise à Fadiga | | Análise ao Desgaste | |
|----------------------|----------------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|
| | | | Repetições admissíveis | Percentagem de fadiga | Repetições admissíveis | Percentagem de desgaste |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Eixos simples 8. Tensão equivalente _____ 10. Factor de desgaste _____
 9. Factor de tensão _____

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Eixos tandem 11. Tensão equivalente _____ 13. Factor de desgaste _____
 12. Factor de tensão _____

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Eixos tridem 14. Tensão equivalente _____ 16. Factor de desgaste _____
 15. Factor de tensão _____

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|---------------------|-----------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | Total fadiga | Total desgaste |

O módulo de reação do solo pode ser obtido através do índice CBR com um ábaco incluído no método PCA, de seguida tem de se obter o módulo de reação global que traduz a resistência oferecida dos materiais por baixo da laje e depende da espessura e do tipo de camada da sub-base (tratada com ligantes ou não tratada), também estas tabelas estão incluídas no método PCA.

A tensão característica de rotura por tração na flexão aos 28 dias é o que mais influencia a análise à fadiga. O procedimento PCA inclui nas tabelas e ábacos um coeficiente de variação de 15% para a utilização daquele valor que significa o assumir que haverá um razoável ou um bom controlo de qualidade da execução em obra.

O coeficiente de segurança pode tomar valores entre 1,0 (tráfego leve) e 1,2 (tráfego intenso), em caso de condições especiais pode-se justificar um coeficiente de 1,3.

Em relação ao período de vida útil para um pavimento rígido o indicado será considerar entre 30 a 40 anos, justificando-se o elevado investimento inicial quando comparado com os outros tipos de pavimentos.

O tráfego deve ser calculado por tipo de eixo estimando o número de repetições de cada um durante a vida útil, sendo a carga dos eixos triplos divididos por 3 e tratados como simples.

A análise realizada à fadiga é baseada nas tensões máximas previsíveis para o bordo longitudinal junto à berma e o método PCA usa duas tabelas diferentes, uma para bermas em betão e outra sem bermas de betão que dependem do módulo de reação global e da espessura da laje.

Após a tensão equivalente ser conhecida é necessário conhecer o Factor de Tensão que consiste em dividir a tensão equivalente pela tensão característica de rotura do betão, e com estes dados, ir ao ábaco do método PCA e descobrir o número de repetições admissíveis.

A análise ao desgaste segue o mesmo padrão, sendo a análise feita junto aos bordos transversais e longitudinais, por isso, é necessário decidir se têm ou não barras de transferência de carga e se as juntas são ou não impermeabilizadas. Existem tabelas para as quatro combinações que resultam da combinação das condições em cima anunciadas.

Escolhendo a tabela indicada, com a espessura da laje e o módulo de reação global, retirar-se-á o valor do fator de desgaste que em ábacos adequados permitirá retirar o valor das tensões admissíveis.

Para o pavimento estar corretamente dimensionado o somatório das repetições previstas sobre o número de repetições admissíveis terá que ser menor que 1, ou em percentagem, menor que 100%, tanto na análise à fadiga como ao desgaste.

O MACOPAV contém também o método expedito para o seu dimensionamento em que apenas com a classe de fundação e a classe do tráfego chega-se a um valor da espessura da laje em cm, Figura 4.10. No entanto este método é pouco preciso e deve servir apenas para um pré-dimensionamento.

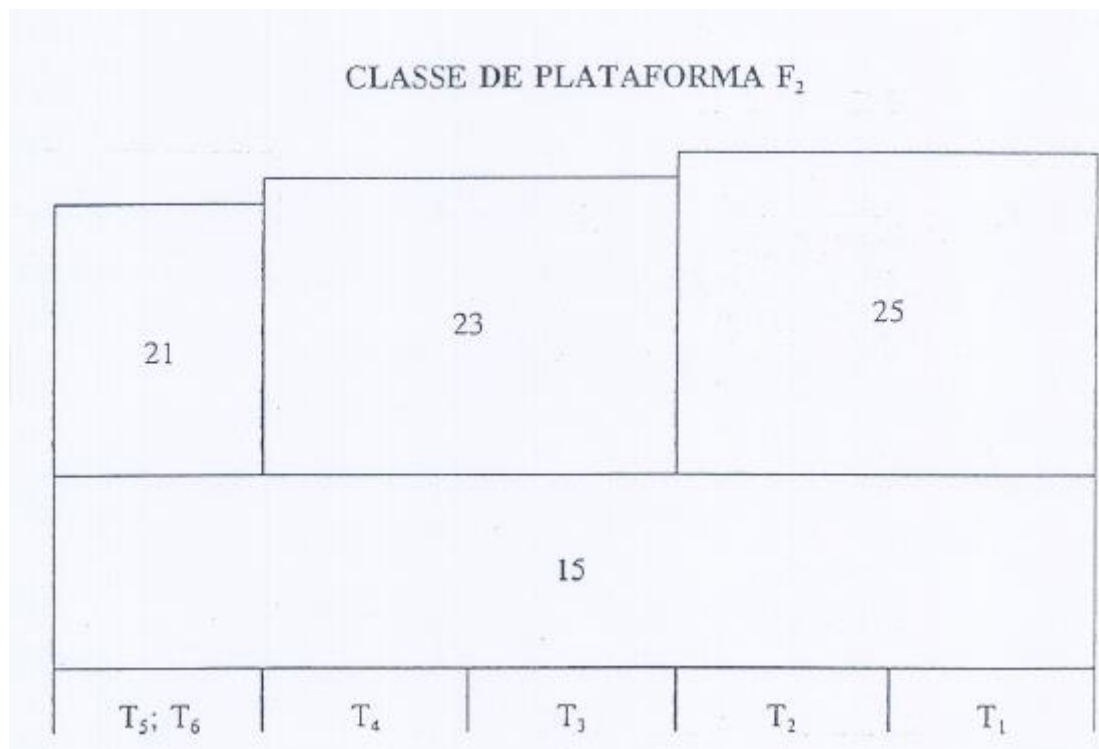


Figura 4.10 – Estruturas de pavimentos para a classe F2 segundo MACOPAV (JAE, 1995)

5 BASES DE TRABALHO

5.1 CONSIDERAÇÕES DE PROJETO E MOBILIDADE

5.1.1 Regras de concepção

Uma estrada urbana tem diferentes características em relação a outro tipo de vias, tanto no movimento como em relação aos alinhamentos que deve seguir. Nestes casos é necessário ter em conta, não só a faixa de rodagem, como os caminhos pedestres e também as ciclovias quando existem condições para a existência das mesmas.

Em termos arquitetónicos, as estradas estão limitadas pela expansão das cidades e pelas zonas e topografia que existente. Em locais de uso comercial, os veículos usados, a intensidade do tráfego e os horários em que tem maior número de passagens é completamente diferente de uma zona maioritariamente residencial.

Enquanto por exemplo em auto-estradas o volume de tráfego é o critério geométrico mais importante, em estradas urbanas o tráfego perde importância, pela diversidade de opções que o automobilista tem para circular dentro de uma cidade. Regra geral, as estradas urbanas têm duas vias, uma em cada sentido, mas dependendo do objetivo da mesma pode ser necessário outro tipo de soluções.

Os alinhamentos são uma parte importante da infraestrutura viária, pois através de lancis, pinturas ou outro tipo de sinalização, ou em alguns casos de objetos implantam limites de via, limites de estacionamento, entre outros. Definem a trajetória que os veículos devem fazer. Estes alinhamentos têm de ser estudados para uma sincronia perfeita com a envolvente e com a topografia.

Em termos de dimensões, cada via deve ter entre 3,0 e 3,6m, sendo que o aconselhável em zonas residenciais é o valor intermédio de 3,3m e em zonas urbanas devido ao tráfego de pesados ser maior e absorver grande parte do espectro as vias devem ter a largura de 3,6m. Nestes o lugar de estacionamento deve compreender o valor de 2,1m de largura.

As interseções são locais onde o tráfego é mais intenso e onde há colisão de trajetórias, sendo aconselhável um ângulo de 90° entre estradas. São de evitar ângulos de interseção com valores abaixo do 60° porque coloca em perigo os intervenientes e geralmente leva a espaços com pouca visibilidade. Nas interseções há dois raios distintos que devem ser considerados: o raio efetivo da trajetória do veículo e o raio da curva do passeio. O raio efetivo do veículo é o raio mínimo com que a viatura consegue passar da estrada de abordagem para a estrada de receção, este depende do tipo de veículo e do raio da curva do passeio, conforme representa a Figura 5.1.

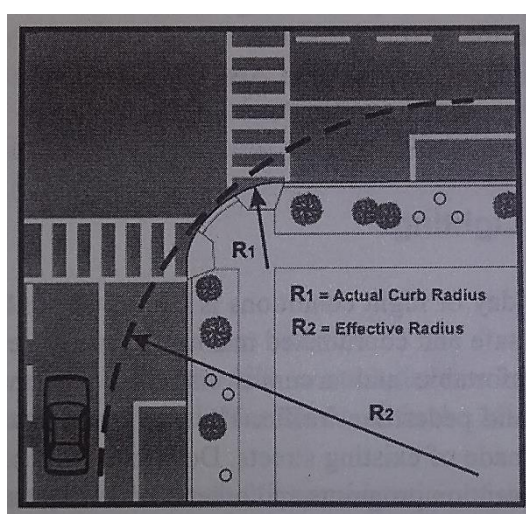


Figura 5.1 – Representação da viragem à direita numa interseção (AASHTO, 2011)

Quanto ao raio da curva do passeio, não deve ser superior ao valor do raio efetivo e no mínimo deverá ser 1,5m para as máquinas de limpeza de rua conseguirem ser eficazes. Em caso de serem zonas industriais o valor mínimo deverá ser de 10m.

Para se conseguir determinar a trajetória dos veículos em movimentos de curva à direita, é necessário estudar o conceito de manobrabilidade, que contempla os diferentes raios de viragem das viaturas. Conhecer estes raios é indispensável para um correto dimensionamento de qualquer infraestrutura viária, principalmente em zonas urbanas em que o espaço é mínimo.

Os veículos mais condicionantes na vertente urbana são os veículos pesados de transporte público, sendo estes que ajudam a definir os alinhamentos das estradas e como se pode ver na Figura 5.2 a trajetória está dependente do local de destino, em que no caso de uma inversão de marcha o veículo necessita de uma distância lateral de 1,46m.

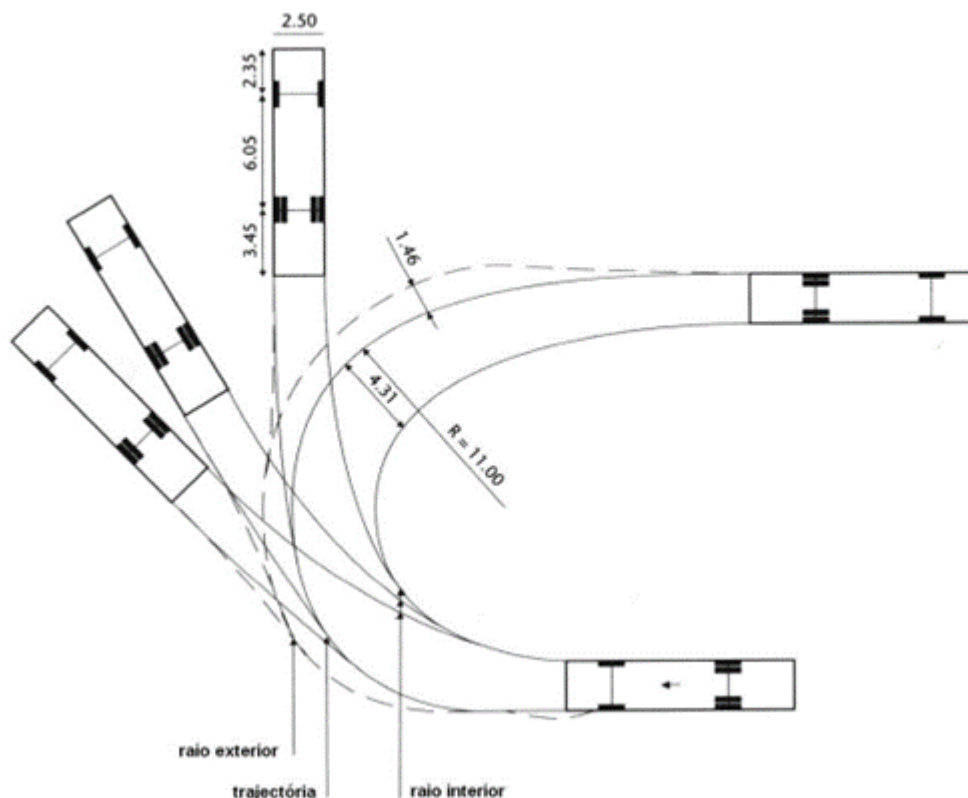


Figura 5.2 – Análise das trajetórias de um veículo pesado (Costa & Macedo, 2015)

O ângulo máximo de viragem das rodas depende de critérios de fabrico do veículo. O raio exterior de viragem pode ser calculado em função do raio interior, da largura do veículo e da distância entre a parte da frente do veículo e o seu eixo traseiro com base na equação (5.1) (Costa & Macedo, 2015),

$$R_{ext} = \sqrt{R_{int}^2 + 2 \times R_{int} \times b + b^2 + d^2} \quad (5.1)$$

Em que:

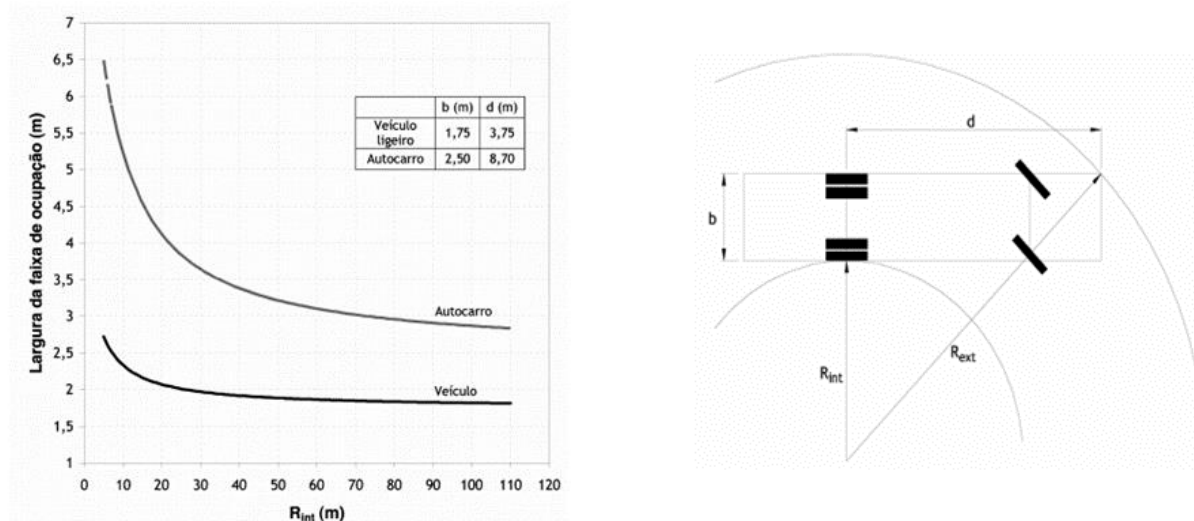
R_{ext} – Raio exterior da curva (m);

R_{int} – Raio interior da curva (m);

b - Largura do veículo (m);

d – Distância entre a parte da frente do veículo e o seu eixo traseiro (m).

Esta expressão é válida apenas no caso de veículos rígidos de dois eixos com duas rodas direcionais à frente, sendo que isto contempla grande parte dos veículos. A largura da ocupação é dada pela diferença do raio exterior pelo raio interior, como se pode ver na Figura 5.3.



a) R_{int} em função do veículo b) Esquema da análise da largura de ocupação

Figura 5.3 – Análise da largura de ocupação (Costa & Macedo, 2015)

Existem ainda programas informáticos que já têm uma base de dados alargada de veículos pré-definidos e ainda contempla a função de dimensionamento do veículo que se pretende e assim é possível estudar as trajetórias que as viaturas podem elaborar, mas isso será aprofundado mais à frente.

5.1.2 Princípios de mobilidade

Os passeios são essenciais para a circulação e segurança das pessoas. É necessário garantir não só a livre circulação das pessoas, mas também não desprezar a fluidez do trânsito que é importante na dinâmica da cidade. Para perceber melhor o sistema pedonal é necessário compreender as características e as capacidades do ser humano. Estas dependem muito da idade, sexo e condição física, mas existem também outros fatores de que o tráfego pedonal depende, como o motivo da deslocação e as condições climatéricas.

Uma vez que o sistema pedonal tem que ser acessível a todos, importa destacar alguns grupos especiais como: crianças que podem ser caracterizadas como de comportamento imprevisível, os idosos que em geral têm piores reflexos e que têm uma locomoção mais lenta. Por fim o grupo dos peões com mobilidade reduzida, onde se incluem pessoas com reduzida capacidade motora, mental ou sensorial. Cerca de 6% da população em Portugal possui condicionantes, sendo que 1,6% são portadores de dificuldades visuais e 1,5% de dificuldades físicas (INE,2002).

Para este último grupo é fundamental garantir um espaço de circulação maior que para os restantes cidadãos, como ilustra a Figura 5.4, porque muitas vezes fazem-se acompanhar de dispositivos auxiliares de marcha, como é o caso da cadeira de rodas.

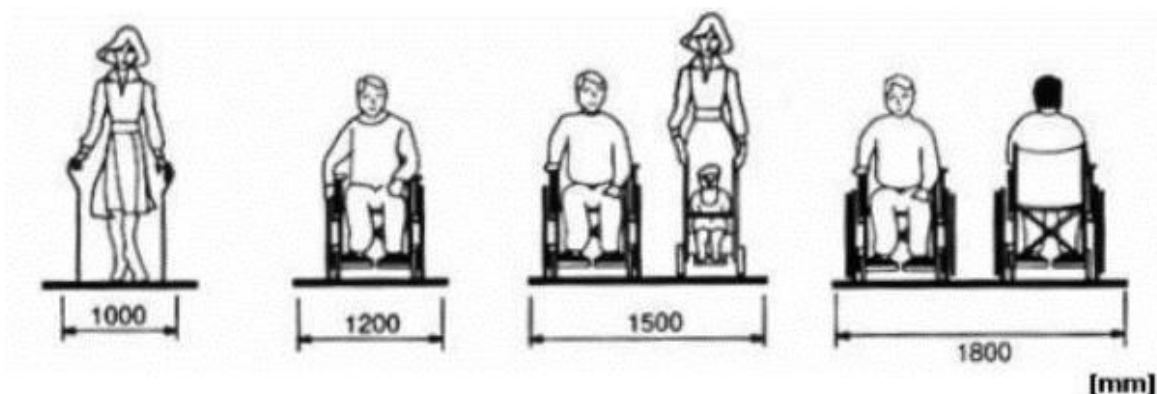


Figura 5.4 – Largura mínima do passeio para circulação (Costa & Macedo, 2015)

As infraestruturas num sistema pedonal podem ser divididas em três grupos: Espaços reservados a peões (Ex: passeios), atravessamentos de via rodoviária e zona de interface modal.

Dos três grupos o mais preocupante é o atravessamento, pois é onde se cruzam as trajetórias do peão com os veículos. Na organização e implantação do sistema pedonal é necessário garantir: segurança, comodidade, rapidez, coerência e atratividade. Para conseguir esses cinco propósitos é fundamental fazer uma separação entre o sistema viário e o pedonal, definir prioridades nos diferentes locais, criar redes pedonais capazes de ligar os pontos mais importantes com um trajeto o mais curto possível e conseguir soluções de maneira a garantir a comodidade e segurança de todos os utentes bem como a interface entre todos os tipos de transportes. Garantindo todos estes princípios, pode-se chegar à conclusão que se tem um sistema pedonal integrado e funcional.

Para elaborar um projeto de circulação de peões é necessário conhecer a diferença entre largura útil e largura bruta dos passeios. A largura bruta é a largura total e a útil é a largura bruta retirando a dimensão dos obstáculos que se encontram no caminho. No decreto-lei nº 163/2006 introduziu-se então este conceito e está definido que a largura livre deverá ser no mínimo 1,5m em vias principais e distribuidoras, sendo que nas restantes o valor mínimo é 0,9m. Algumas soluções passam por maximizar a largura útil disponível para circulação pedonal ou então colocar os obstáculos, como por exemplo caldeiras das árvores intercaladas com espaços de estacionamento.

As travessias pedonais são locais muito importantes na rede viária de uma cidade como já foi referido. O principal objetivo tem de ser proteger o peão e reduzir ao máximo a exposição do peão ao trânsito

automóvel. Mas logo a prioridade seguinte terá de se tornar estes locais viáveis para todo o grupo de pessoas e para isso os passeios devem estar rebaixados e em caso de a estrada ter dois sentidos e mais de 4 vias deve ser colocado um refúgio. Em relação a isto, o Decreto-Lei nº 163/2006, no capítulo 1, secção 1.6 enuncia:

“Secção 1.6. Passagens de peões de superfície

1.6.1 A altura do lancil em toda a largura das passagens de peões não deve ser superior a 0,02m.

1.6.2. O pavimnto do passeio na zona imediatamente adjacente à passagem de peões deve ser rampeado, com uma inclinação não superior a 8% na direção de passagens de peões e não superior a 10% na direção do lancil do passeio ou caminho de peões, quando este tiver uma orientação diversa de passagem de peões, de forma a estabelecer uma concordância entre o nível do pavimento do passeio e o nível do pavimento da faixa de rodagem.

1.6.3. A zona de inteceção das passagens de peões com os separadores centrais das rodovias deve ter, em toda a largura das passagens de peões, uma dimensão não inferior a 1,2m e uma inclinação do piso e dos seus revestimentos não superior a 2%, medidas na direção do atravessamento fdos peões.

1.6.4. Caso as passagens de peões estejam dotadas de dispositivos semafóricos de controlo de circulação, devem satisfazer as seguintes condições:

1) Nos semáforos que sinlaizam a travessia de peões de accionamento manual, o dispositivo de accionamento deve ser localizado a uma altura do piso compreendida ente 0,8m e 1,2m;

2) O sinal verde de travessia de peões deve estar abeto o tempo suficiente para permitir a travessia, a uma velocidade de 0,4m/s, de toda a largura da via ou até ao separador central, quando ele exista;

3) Os semáforos que sinalizam a travessia de peões instaladas em vias com grande volume de tráfego de veículos ou intensidade de uso por pessoas com deficiência visual devem ser equipados com mecanismos complementares que emitam um sinal sonoro quando o sinal estiver verde para os peões.

1.6.5. Caso estejam realizadas obras de construção, reconstrução ou alteração, as passagens de peões devem:

1) Ter os limites assinalados no piso por alteração da textura ou pintura com cor contrastante;

- 2) Ter o início e o fim assinalados no piso por alteração da textura ou pintura com cor contrastante;
- 3) Ter os sumidouros implantados a montante das passagens de peões, de modo a evitar o fluxo de águas pluviais nesta zona.”

Uma condição necessária ao local da travessia é que esta deve ser atrativa para o peão. Caso a travessia esteja demasiado afastada do trajeto mais curto o peão vai preferir passar por uma situação insegura, que não é o pretendido.

Existem diferentes tipos de travessias, as de nível e as desniveladas. As primeiras são as mais comuns e por isso é a que terá o principal foco. As marcas rodoviárias para assinalar as travessias de nível são as representadas na Figura 5.5.

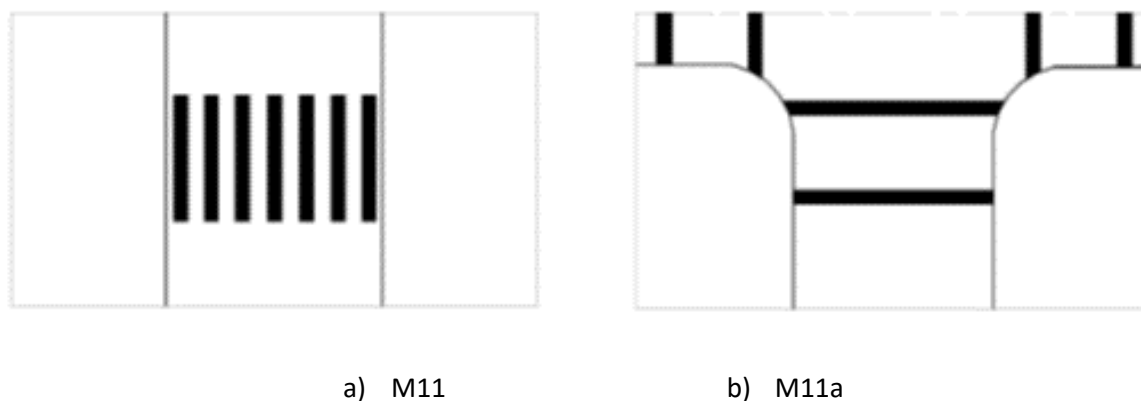


Figura 5.5 – Marcas rodoviárias M11 e M11a (DR - 22 - A, 1998)

Para além destas marcas é necessário tentar ajudar o peão e fornecer-lhe as condições para fazer o atravessamento em segurança. A redução do raio das curvas é uma das soluções de acalmia para que os veículos reduzam a velocidade e diminuindo também o local de atravessamento.

Outra solução passa pelo prolongamento do passeio construindo as chamadas “orelhas” que diminuem a travessia de peões e ainda construir uma delimitação física dos lugares de estacionamento.

A elevação das superfícies de atravessamento é uma solução indicada para zonas com pouco tráfego de peões e serve para chamar a atenção dos veículos, forçando a redução da velocidade automóvel.

5.2 FERRAMENTA CAD

O AutoCAD é um *software* mais utilizado do tipo CAD — *computer aided design* ou *desenho auxiliado por computador* - desenvolvido pela Autodesk, Inc. desde 1982. É aproveitado principalmente para a composição de peças de desenho técnico em duas dimensões (2D) e para criação de modelos tridimensionais (3D). O seu ambiente de trabalho actual está representado na Figura 5.6.

Todos os anos é disponibilizado uma nova versão do software e além dos desenhos técnicos, o AutoCAD vem disponibilizando vários recursos para visualização. É usado em diversas engenharias como civil, mecânica, eletrotécnica, arquitetura, entre outros. Este software é comercializado para Microsoft Windows e MAC OS sendo gratuito para os estudantes e professores de ensino superior.

Outra característica marcante do AutoCAD é o uso de uma programação consolidada em *linguagem interpretada*, conhecida como AutoLISP ou uma variação do Visual Basic que permitem personalizações de rotinas e comandos. Alguns dos comandos base são a *line*, que desenha linhas, o *offset* que copia o objeto para uma distância que se define, entre outros. É um programa que tanto pode ser usado para desenhos muito simples, como para mais complexos, até desenhos tridimensionais.

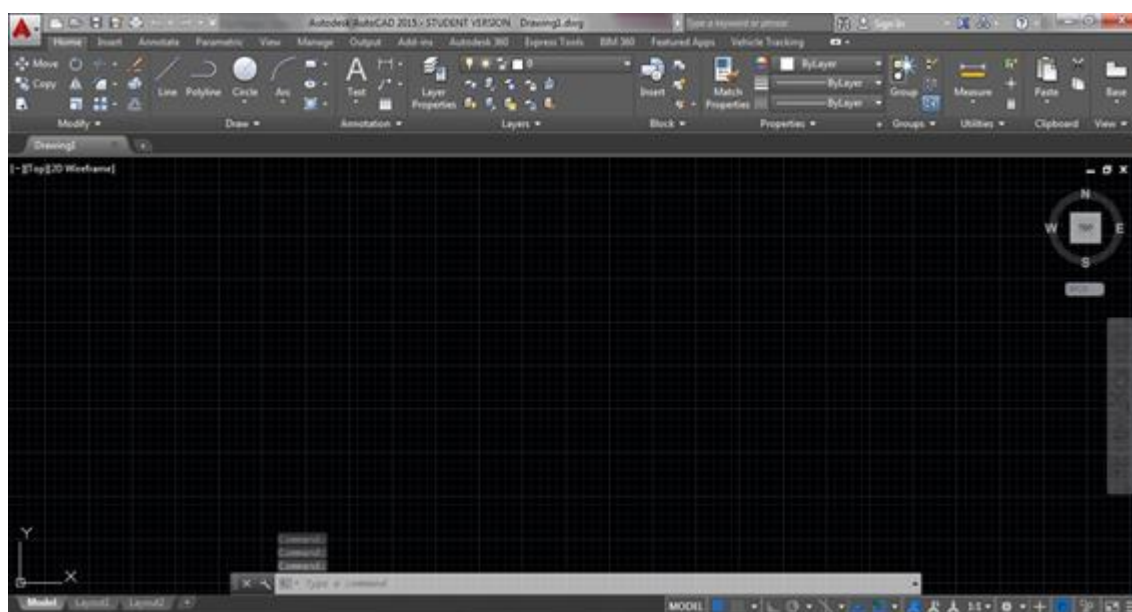


Figura 5.6 – Ambiente de trabalho AutoCAD (2015)

Tem também várias opções em termos de impressão e de gravação de ficheiros que possibilita uma infindável exploração do programa. Por essa razão é utilizado em imensas áreas da engenharia e de desenho/arquitetura.

O facto de ser possível abrir ficheiros em CAD que foram realizados em *MicroStation* permitiu à Câmara do Porto ter uma plataforma restrita, denominada GeoPorto, em que a cidade do Porto se encontra dividida cartograficamente, por letras de A-L e números de 1-16, formando assim diferentes retângulos. Estes retângulos encontram-se em blocos possíveis de usar em AutoCAD divididos por: Planimetria, Altimetria, Números de Polícia, Toponímia e ainda sinalização. Estes blocos encontram-se georreferenciados e quando se adicionam à ferramenta de desenho através do comando *Insert* escolhe-se o desenho pretendido, e carrega-se. Para os desenhos apresentarem a disposição correta, o valor de *UCSFOLLOW* tem de ter o valor de 1 e o valor do comando *INSUNITS* deve ser zero, para todos os blocos apresentarem as mesmas unidades unitárias.

As Figura 5.7 a Figura 5.9 mostram o resultado final do procedimento descrito em epígrafe.



Figura 5.7 – Cartografia F6 com todos os componentes (2015)

É possível juntar as várias peças e formar áreas abrangentes como se pode ver na Figura 5.8. Com estes desenhos consegue-se ter uma ideia realista da cidade e assim poder desenvolver os projetos de maneira correta.



Figura 5.8 – Cartografia F6 e F7 (2015)

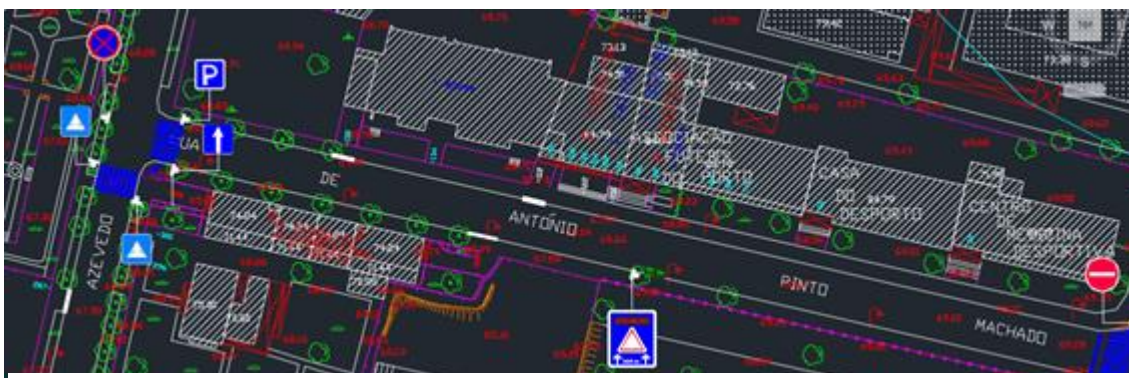


Figura 5.9 – Pormenor da cartografia (2015)

Um dos complementos que é possível adicionar ao AutoCAD é o Autoturn, um software extremamente avançado na análise de manobras de veículos, sendo desenvolvido pela empresa *Transoft Solutions* e que veio preencher uma lacuna que havia na análise dinâmica nos projetos de vias de comunicação. Tem uma enorme biblioteca de veículos segundo as normas dos EUA (AASHTO), Canadá (TAC); Austrália (AustroRoads); Europa, entre outros. Permite realizar simulações de trajetórias de veículos, considerando a velocidade do mesmo. A desvantagem deste software é o seu preço tendo apenas uma versão de livre utilização que não preenche os requisitos necessários, sendo possível utilizar apenas um veículo.

Uma alternativa viável a este é o Vehicle Tracking da AutoDesk que ainda se encontra na 3ª edição e por isso ainda está numa fase embrionária, no entanto para estudar as trajetória dos veículos é suficiente. Tem ainda a vantagem de ser gratuito para estudantes durante 3 anos, e assim pode-se usar todas as suas potencialidades.

Apresenta uma biblioteca muito extensa e contempla não só veículos terrestres, mas também aéreos (aviões).

Permite ainda dimensionar e estudar os locais de estacionamento e as interseções rodoviárias.

Na Figura 5.10 encontra-se representado um exemplo de uma trajetória de um veículo pesado com o perfil do mesmo.

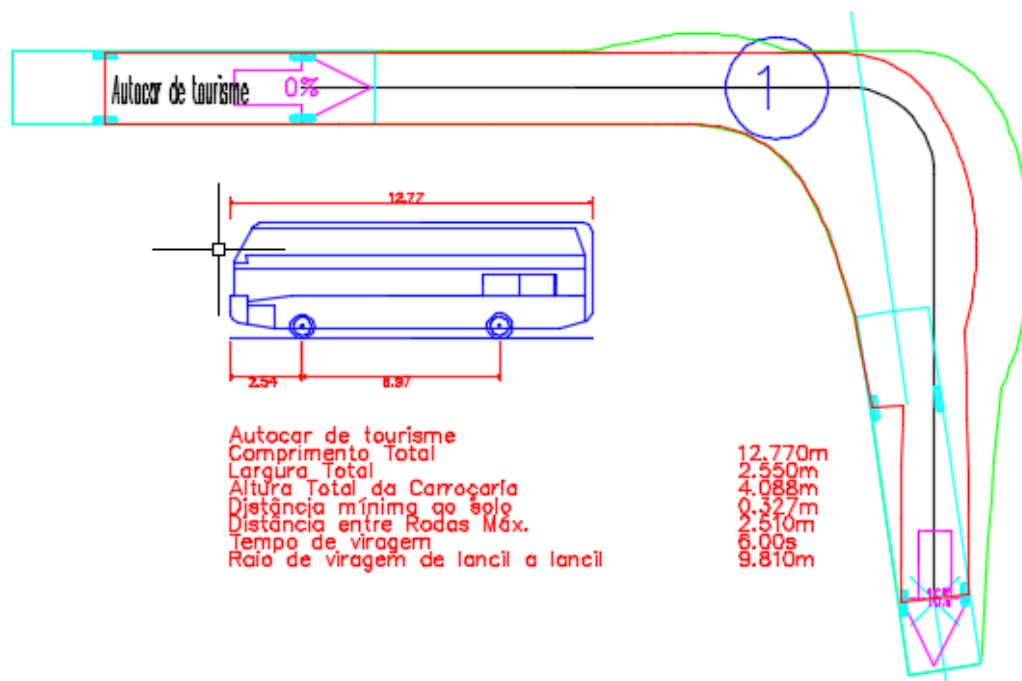


Figura 5.10 – Exemplo de trajetória de um veículo pesado (2015)

5.3 EXCEL – VBA

O Excel é um software desenvolvido pela Microsoft integrado no pacote Office. Foi criado em 1987, tendo-se desenvolvido cada vez mais. Este programa de computador é líder do mercado uma vez que grande parte dos computadores usam o *Microsoft Windows*, com o Office integrado. Tem-se revelado uma ferramenta fundamental tanto a nível profissional como doméstico porque permite ao utilizador trabalhar com folhas de cálculo, gráficos, tabelas, entre outros.

Com todas as ferramentas que o programa tem, é possível controlar custos, gerir recursos humanos, analisar dados e mais importante que tudo é trabalhar com os dados, isto é, poder programar as folhas de cálculo para automaticamente calcular um valor quando se insere outros dados e fazer uma série de escolhas que o programa já tem definido.

No entanto para um uso mais complexo, o Excel permite trabalhar em parceria com o *Visual Basic Application* que é um software de programação que só funciona dentro de outros, estando o seu layout representado na Figura 5.11, como os do pacote Office e o AutoCAD. O VBA consegue substituir e estender as capacidade das macros da aplicação anfitriã e através de códigos informáticos pode manipular automaticamente menus e barras de ferramentas, como os formulários que o utilizador pode construir.

O VBA é muito diversificado e extremamente flexível, mas tem também algumas limitações em termos de programação.

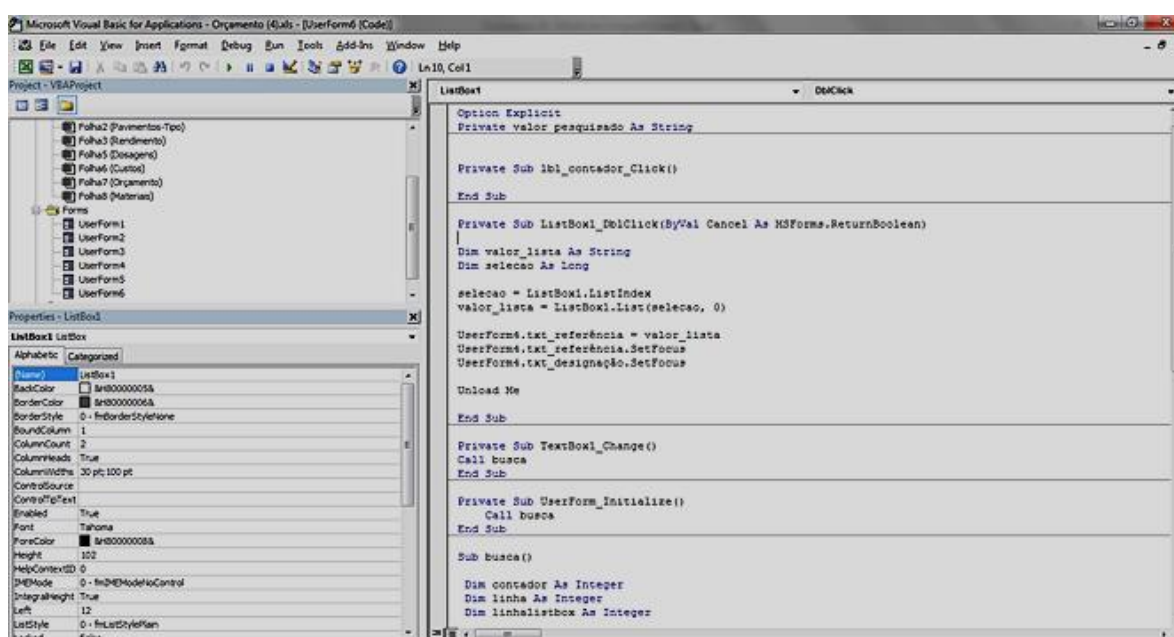


Figura 5.11 – Ambiente de trabalho VBA (2015)

5.4 CADERNO DE ENCARGOS

O caderno de encargos é um documento de um projeto no qual se explicita as obrigações de cada parte e as condições técnicas para a execução da obra.

A Divisão Municipal de Mobilidade elaborou um caderno de encargos em que são definidas as condições técnicas para a execução de todas as obras, tanto para empreiteiros gerais como para obras por administração direta. As condições técnicas gerais têm por base o Caderno de Encargos Tipo Obra (CETO), ex - Estradas de Portugal, e definem o controlo de qualidade, as características que o material deverá ter e os métodos construtivos.

Este caderno de encargos está disponível em: <http://balcaovirtual.cm-porto.pt/Conteudo/Documents/CTGJulho2013.pdf>

Tendo sido revisto pela 4ª vez em Julho de 2013, estando atualizado em termos de técnicas de execução e controle de qualidade.

Para se perceber a dimensão deste documento é de salientar que contempla três grandes capítulos: Controlo de Qualidade, Características dos materiais e métodos construtivos, tal como o CETO.

Relativamente ao controlo de qualidade, o documento exige a obrigatoriedade da marcação CE, ou seja, exige a evidência dada pelo fabricante de que os produtos estão conforme com os requisitos estabelecidos por directivas comunitárias. Faz ainda referência às propriedades que é necessário avaliar, tanto em solos, como em misturas de cimento ou betuminosas. Este capítulo acaba na frequência de ensaios, ou seja define a periodicidade e os momentos de obra em que devem ser elaborados.

O capítulo II é denominado Características dos materiais e este é onde se denota que teve por base a referência nacional da ex- Estradas de Portugal, o CETO. Define todos os parâmetros, começando nos aterros, rochosos ou não, passando pelo leito de pavimento e geotêxteis. Em relação à Pavimentação explora os lancis, os passeios e ainda as misturas betuminosas ou as misturas com ligante hidráulico, definindo as especificidades dos solos, agregados, ligantes das camadas ligadas ou não ligadas. Outras secções deste capítulo são a sinalização horizontal e vertical e as obras de contenção.

Por fim, e talvez o capítulo mais importante, é o capítulo dos métodos construtivos. Faz referência aos trabalhos preparatórios, às terraplenagens, pavimentação, sinalização horizontal e vertical, obras de contenção e o último ponto refere-se a diversos casos que são habituais encontrar nas obras de arruamentos, mas que não se encaixam em nenhum dos pontos anteriores como a sinalização de carácter temporário, os desvios de trânsito e o nivelamento de tampas e tetos móveis.

É de salientar que este documento é essencial para o acompanhamento e fiscalização de obra.

Para além deste ficheiro também é possível encontrar na página <http://balcaovirtual.cm-porto.pt/Conteudo/Modelos%20Requerimento/Condi%C3%A7%C3%B5es%20t%C3%A9cnicas%20gerais%20de%20interven%C3%A7%C3%A3o%20em%20arruamentos.pdf> as estruturas de pavimentos e as peças de cantaria tipo.

5.5 CADASTRO VIÁRIO

O cadastro viário é uma plataforma de uso exclusivo do Departamento Municipal de Gestão da Via Pública - DMGVP que se encontra definido em base de dados Microsoft Access, tendo já cerca de oito anos. Conta com uma grande base de dados, em que caracterizam todas as ruas ao pormenor e que é fundamental no decorrer dos trabalhos da DMOIP. Este Cadastro tem de sofrer constantemente atualizações pois por motivos de pequenas reparações de entidades externas ou modificações gerais na rua, o mesmo pode não estar de acordo com a realidade. Conta com uma variedade de opções que ajudam a construir uma ideia da rua, praça ou parque sem sair do computador. Quando as obras são de administração direta ou têm fiscalização da câmara, a atualização do cadastro é automaticamente feita no final das mesmas.

Como se pode ver na Figura 5.12 o Cadastro Viário contém a Freguesia, a extensão, o início e o término, da rua. Contém ainda oito abas com as diversas informações acerca da Rua que se está a consultar.

| LÍMITES | | SENTIDO DE CIRCULAÇÃO | EXTENSÃO (m) | PISO | | | ESTADO CONSERV. | ESTACIONAMENTO AUTORIZADO | |
|--|--|-----------------------|--------------|---------|------|----------|-----------------|---------------------------|-----|
| (entre arruamentos e/ou nº's de polícia) | | | | LARGURA | ÁREA | MATERIAL | | IMPAR | PAR |
| Praça da República - Rua de Augusto Luizo | | | 800 | 7,8 | 6240 | 9 | R | | LP |
| Rua de Augusto Luizo - Avenida da Boavista | | | 90 | 10 | 900 | 9 | R | LP | LP |

Figura 5.12 – Cadastro viário (2015)

Os marcadores que estão mais desenvolvidas e utilizadas devido à sistemática utilização e modificação do mesmo são o marcador acerca do passeio e o marcador dos acessos mobilidade reduzida em que se tem a informação a respeito das travessias rodoviárias. Para caracterizar os materiais e outro tipo de informações como o estado de conservação e o tipo de material são utilizados códigos como: R-Razoável; PR-Passeio Rebaixado, entre outro.

6 APERFEIÇOAMENTO DO ORÇAMENTO E PLANEAMENTO

6.1 ANÁLISE DO MÉTODO ANTERIORMENTE UTILIZADO

A DMOIP, para além das obras, também realiza os orçamentos das obras por administração direta, isto é, as obras desenvolvidas desde o projeto à execução realizadas por funcionários da CMP. Neste caso particular não se prevê nenhuma espécie de lucro ou de margem, o objetivo é sempre reduzir custos ao máximo e tentar realizar com o máximo de qualidade. Um dos grandes objetivos deste estágio passou por melhorar a estimativa de custos já existente. O orçamento realizado no final da obra é confrontado com os valores reais que são assumidos num programa informático que reúne todos os custos, tanto de materiais como de mão-de-obra. Uma estimativa orçamental pode ser bastante incerta, porque existem um enorme número de variáveis são difíceis de controlar. Começando logo pela mão-de-obra, que dentro da mesma obra, o número de pessoas pode não ser constante, o rendimento não é transversal a todas as equipas e as máquinas, apesar de terem um peso em termos de custo menor que 1% geralmente, têm influência indireta no rendimento dos trabalhadores.

O orçamento não só tem a função de previsão do custo das obras ao longo do tempo, mas também tem a função de controlar os gastos no estaleiro, definir compras e de fazer um controlo dos materiais que são utilizados para cada tarefa. Para os materiais mais utilizados como o cimento, a emulsão betuminosa ou a brita 20/40, existem contratos de fornecimento contínuo com a duração total de 3 anos.

As estimativas realizadas em Fevereiro de 2015 tinham por base uma tabela de Excel desenvolvida pela Eng^a Laura Fisteus que contemplava o seguinte, dividido por folha de cálculo interligadas:

- Pavimentos Tipo;
- Rendimentos;
- Orçamento.

Os denominados pavimentos tipo são os pavimentos que estão descritos nas condições técnicas gerais e que tinham uma referência associada, exemplificando: AL20, Assentamento Lancil com base 20cm, enquanto EB, execução de betonilha, sendo referências fáceis de memorizar e que simplificam a construção de fórmulas para interligar folhas de cálculo.

Quadro 6.1 – Pavimentos tipo – consumo de materiais (Fisteus, 2011)

| PAVIMENTOS TIPO - CONSUMO DE MATERIAIS | | |
|---|------------------|------|
| Assentamento/ Rebaixamento de lancil por ml (AL20/RL2) | | |
| Fundação lancil (0,20*0,25*0,35) - betão C16/20 | Cimento(sacos) | 0,4 |
| | Meia areia(Kg) | 87 |
| | Brita 6/14 (Kg) | 53 |
| Execução de betonilha por m2 (EB) | | |
| sub-base(0,10) | Brita 20/40(Kg) | 150 |
| base (0,10) betão C16/20 | Cimento(sacos) | 0,44 |
| | Meia areia(Kg) | 100 |
| | Brita 6/14 (Kg) | 60 |
| camada de desgaste (0,02) | Cimento(sacos) | 0,18 |
| | Meia areia(Kg) | 28 |

Como se pode ver para além das camadas, o Quadro 6.1 tem os componentes e as quantidades que são necessárias para cada um. Estas dosagens são provenientes do Estaleiro do Monte Aventino, onde se faz a mistura dos diferentes componentes e apresentam margens de erro relativamente baixas.

Relativamente aos rendimentos estão descrito no Excel todos os componentes possíveis, com a duração em destaque, e que serve de apoio à pagina final de orçamento.

No Quadro 6.2 a folha de cálculo do orçamento apresenta os dados da obra, isto é o Nud (número do processo) e o local. Para chegar aos valores totais na linha 3 a partir da coluna C é necessário colocar uma das referências dos pavimentos-tipo e depois a fórmula, exemplificando a célula D3, como:

$$[=SE(D\$3="ECCG";D\$4*Rend!$C9;0)+SE(D\$3="ECPG";D\$4*Rend!$D9;0)+...+SE(D\$3="EBBF";D\$4*Rend!$Y9;0)]$$

Sendo que na coluna do Total, está a ser realizada uma soma dos valores das referências utilizadas, em cima, ou seja da linha 8 à 17 estão as quantidades de materiais, sendo que da linha 19 à 27 estão os valores em euros com IVA, multiplicando o valor das quantidades pelo preço unitário.

Para completar a estimativa é necessário conhecer o número de homens, o preço homem-dia e o número de dias. Cada equipa é geralmente constituída por 6 homens, sendo a média homem-dia de 8€/h, trabalhando 8h/dia dando um total e 64€ por dia, por homem.

Quadro 6.2 – Orçamento exemplificativo (Fisteus, 2011)

| | A | B | C | D | E | F | G |
|----|----------------------------|-------------------------------|------------------------|----------|----------|--------------------------|------------------|
| 1 | Nud | | 10001/15 | | | | |
| 2 | Local | | Rua dos Abraços | | | | |
| 3 | Tipo de intervenção | | AL20 | RB | EBLP | AL20 | TOTAL |
| 4 | Unidade: ml/m2 | | 20 | 70 | 165 | 20 | |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | Duração (Dias) | | | | | | 15,0 |
| 7 | | | | | | | |
| 8 | Meia areia | Kg | 1 740,0 | 5 460,0 | 5 115,0 | 1 740,0 | 14 055,0 |
| 9 | Massa betuminosa | Kg | | | | | |
| 10 | bita 4/6 | Kg | | | 6 187,5 | | 6 187,5 |
| 11 | Bitá 6/14 | Kg | 1 060,0 | 2 100,0 | | 1 060,0 | 4 220,0 |
| 12 | Bitá 14/20 | Kg | | | | | |
| 13 | Bitá 20/40 | Kg | | 5 250,0 | 12 375,0 | | 17 625,0 |
| 14 | Cimento | un | 8,0 | 25,2 | 41,3 | | 74,5 |
| 15 | Emulsão | Kg | | | | | |
| 16 | Lancil betão | ml | 20,0 | | | | 20,0 |
| 17 | | | | | | | |
| 18 | | Preço Unitário com IVA | | | | | |
| 19 | Meia areia (ton) | 13,47 € | 23,44 € | 73,54 € | 68,89 € | 23,44 € | 189,30 € |
| 20 | massa betuminosa(ton) | 64,08 € | | | | | |
| 21 | Bitá 4/6 (ton) | 10,00 € | | | 61,88 € | | 61,88 € |
| 22 | Bitá 6/14 (ton) | 10,27 € | 10,89 € | 21,57 € | | 10,89 € | 43,34 € |
| 23 | Bitá 14/20 (ton) | 10,00 € | | | | | |
| 24 | Bitá 20/40 (ton) | 10,00 € | | 52,50 € | 123,75 € | | 176,25 € |
| 25 | cimento | 4,37 € | 34,96 € | 110,12 € | 180,26 € | | 325,36 € |
| 26 | Emulsão | 430,50 € | | | | | |
| 27 | Lancil betão | 7,37 € | 147,40 € | | | | 147,40 € |
| 28 | | | 216,68 € | 257,73 € | 434,78 € | Total materiais | 943,5 € |
| 29 | | | | | | | |
| 30 | preço homem-dia | nº de homens * dias | | | | | |
| 31 | 64 | 48,00 | | | | Total mão de obra | 3 072,0 € |
| 32 | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | |
| 34 | | | | | | Total | 4 015,5 € |

Denota-se no entanto que estas folhas de cálculo têm algumas limitações, sendo que por exemplo, todos os materiais que não façam parte da composição das referências e que são fundamentais têm que ser inseridos manualmente. Para atualizar os pavimentos ou modificar as composições de betão teria de ser calculado manualmente e inserido no Excel.

6.2 PLANEAMENTO

Como é conhecido o planeamento de obra é fundamental, especialmente na DMOIP devido não só a um controlo de fundos muito rígido, mas também ao número de homens que se tem para coordenar.

Como tal quando se faz um orçamento de uma obra, uma das questões fundamentais é o número de dias que a mesma vai demorar, e para saber isso foram estudadas com maior precisão todas as obras do 4º trimestre de 2014 elaboradas pela DMOIP.

Para todas as obras, a DMOIP elabora uma ficha diária, conforme exposto na Figura 6.1, preenchida pelo encarregado, que relata o que se fez no dia, as máquinas que trabalharam, e o número de horas de cada homem. Estas fichas são utilizadas para se inserir na OAD o número de horas de mão-de-obra, que em conjunto com os materiais que saem do estaleiro faz o custo total da obra.

SERVIÇO DIÁRIO

ADÃO FERREIRA

DIA: 27 MÊS: 11 ANO: 2014 LOCAL: Praça do Aljezur N.º OBRA: 0033

Freguesia: Beja SERVIÇO: Revisão passiva CENTRO DE CUSTOS: 00752202008

| N.º MEC | NOME | CATEGORIA | PRESENÇA | HORA | SERVIÇO REALIZADO |
|---------|----------------------------------|-----------|----------|------|-------------------|
| 26011 | Adão Agostinho Oliveira Ferreira | | Presente | 8 | |
| 61845 | José da Rocha Martins | | Presente | 8 | |
| 26420 | Alvaro Gonçalves Rodrigues | | Presente | 8 | |
| 47585 | António Fernando Ferreira Rocha | | Presente | 8 | |
| 57780 | Manuel Luis Ferreira da Cunha | | Presente | 8 | |
| 57885 | Rui Miguel Moreira Costa | | Presente | 8 | |

48

| MÁQUINAS | HORAS | ENTRADA DE MATERIAIS | MATERIAIS GASTOS | MEDIÇÃO DIÁRIA |
|---------------|-------|----------------------|------------------|----------------|
| 2 - M - 00008 | H | | | |
| 2 - M - 00027 | H | | | |
| | H | | | |
| | H | | | |
| | H | | | |
| | H | | | |
| | H | | | |
| | H | | | |

M.O.D. 27/11/14 Data: - - - - - M.A.O. 27/11/14 Data: - - - - - Data: - - - - - Data: - - - - -

Figura 6.1 – Ficha de obra (2015)

Foram fornecidos os dados preliminares, as fotos de cada obra e as fichas de obra diária. Estas últimas por vezes condicionaram o estudo do rendimento devido ao mau preenchimento por parte dos operários e também devido à dificuldade em contemplar diversas tarefas difíceis de quantificar.

É necessário na análise da duração da obra ter em conta os seguintes factores:

- Condições meteorológicas;
- Local da obra;
- Qualidade dos materiais;
- Qualidade/Especialização da mão-de-obra;
- Tipo de trabalhos a efetuar;

- Máquinas utilizadas.

Foram então analisadas as 10 obras realizadas no 4º trimestre de 2014, elaborando-se o Quadro 6.3 para cada obra. Os quadros incluem os dias em que ocorreram trabalhos e as horas por equipa por dia. As tarefas variam consoante as obras e foram todas avaliadas separadamente.

Quadro 6.3 – Quadro de análise dos rendimentos (2015)

| Dias | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | Total | |
|---------------------------------|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|----|----|----|----|-------|---|
| Tarefas | Horas/Unidades | 40 | 40 | 48 | 48 | 32 | 44 | 48 | 48 | 44 | 53 | 40 | 48 | 48 | 41 | 40 | 40 | 38 | 740 | |
| Colocar Sinalização | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Remover lancil | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | 0 | |
| Fundação betão lancil | | | | | | | 20 | | | | | | | | | | | | 20 | |
| Nivelar lancis | | | 12 | 38 | 33 | 31 | | 20 | 20 | 4 | | 30 | 16 | | | | 2 | | 206 | |
| Fundação passeio betão | | 30 | 15 | | | | | | | | 50 | | 102 | | 33 | 25 | | | 255 | |
| Reparação pav. calçada | | | | | | | | | | | | | 15 | | | | | | 15 | |
| Reparação pav. Basalto | | | | | | | | | | | | | | | 3 | | | | 3 | |
| Reparação pav. Calcário | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | |
| Reparação micro-cubo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tomar juntas/rematar juntas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | |
| Reparação pav.betonilha | | | | | | | | | | | | | | 102 | 39 | 55 | 32 | | 228 | |
| Assentar sifão/construção caixa | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 | |
| Reparação sarjetta | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | |
| Abrir trincheira | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | |
| Colocar lages | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | |
| Abrir vala | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | |
| Nivelar lageado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | |
| Reparação caixa e grelha | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | |
| Pavimento Betuminoso | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Outros | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | 0 |
| Remover cubos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | |
| tubo pvc | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | 2 | |

Na tabela onde se encontra um “x” deve-se à falta de informação na ficha de obra.

Para além das fichas, foi também consultada a opinião de engenheiros, técnicos de engenharia civil, fiscais de obra e também dos próprios trabalhadores, para se tentar aproximar ao máximo a média dos valores obtida pelo quadro ajustado à realidade. Todos os rendimentos são para um dia de trabalho, ou seja 8h, podendo ser consideradas cerca de 6h30 a 7h efetivas, uma vez que a viagem estaleiro-obra-estaleiro no início e final de cada dia não pode estar contemplada nos rendimentos. Com esta análise, que na DMOIP já tinha sido feita, mas estava muito desatualizada, chegou-se aos valores do Quadro 6.4.

Quadro 6.4 – Comparação de rendimentos (2015)

| Refª | Designação | Unidades | Rendimento | Rendimento Revisto |
|------|--------------------------------------|----------------|------------|--------------------|
| EB | Execução betonilha | m ² | 20 | 30 |
| RB | Reparação betonilha | m ² | 12 | 50 |
| EBL | Execução betão liso | m ² | 60 | 50 |
| EBLP | Execução betão liso provisório | m ² | 60 | 60 |
| EC | Execução passeio calcário | m ² | 9 | 10 |
| EG | Execução passeio micro-cubo granito | m ² | 9 | 10 |
| RC | Reparação passeio calcário | m ² | 6 | 15 |
| RG | Reparação passeio micro-cubo granito | m ² | 6 | 15 |
| ECG | Execução calçada granito - F.R. | m ² | 20 | 30 |
| RCG | Reparação calçada granito - F.R. | m ² | 20 | 30 |
| AL8 | Assentamento lancil 0,08 | m | 10 | 12 |
| AL12 | Assentamento lancil 0,12 | m | 10 | 12 |
| AL20 | Assentamento lancil 0,20 | m | 10 | 12 |
| AL30 | Assentamento lancil 0,30 | m | 10 | 12 |
| AL40 | Assentamento lancil 0,40 | m | - | 12 |
| ALE1 | Assentamento lancil Especial 1 | m | - | - |
| ALE2 | Assentamento lancil Especial 2 | m | - | - |
| ALE3 | Assentamento lancil Especial 3 | m | - | - |
| EBBF | Execução betão betuminoso a frio | m ² | 300 | 300 |
| EL | Execução de Lajeado | m ² | - | - |
| EPM | Execução de Pedra-Mosaico/Lajetas | m ² | - | - |
| EPC | Execução de Pedra de Chão | m ² | - | - |
| EPE | Execução de Pavé Especial | m ² | - | - |
| RAP | Rede de Águas Pluviais | - | - | - |
| OT | Outros | - | - | - |

Como se pode ver em grande parte das tarefas, o rendimento aumentou. Isto deve-se ao facto dos trabalhadores estarem mais experientes e treinados. Outro fator que ajudou a diminuir a duração do tempo de trabalho é a melhor utilização das máquinas à disposição dos operários. A única tarefa que diminuiu o rendimento é a execução de betão liso, devido aos trabalhos serem de pequena dimensão e mais pormenorizados (minuciosos).

As tarefas que não têm duração são as que dependem da espessura, ou ainda não têm um espectro fiável para realizar a avaliação do rendimento.

6.3 APERFEIÇOAMENTO DO ORÇAMENTO

Explicado o método anterior, passa-se agora a explicar o que se conseguiu evoluir com a colaboração da Engenheira Laura Fisteus.

Considera-se que o método de orçamentação implica diferentes perspetivas, e por isso é importante estar completo com todas as informações possíveis. Com essa finalidade começou-se a trabalhar na mesma base, melhorando e atualizando o Excel já existente, até porque qualquer programa especializado de orçamentação teria custos para a instituição, e era de todo o interesse manter o aspeto o mais idêntico possível de forma a quem autoriza superiormente a estimativa continuar a ter uma perceção fácil e rápida de todos os custos e materiais envolvidos.

Criaram-se sete folhas de cálculo, cada uma com a sua função que interligadas através de fórmulas pré-definidas do Excel e programação VBA conseguem construir facilmente o orçamento, sendo que todos os códigos utilizados estão no anexo B. As folhas são: Menu, dosagens, custos, Pavimentos-Tipo, Rendimento, Orçamento, Materiais.

Para reunir todas as informações necessárias começou-se por contactar os dois estaleiros geridos pela DMOIP para atualizar as composições das misturas com ligante hidráulico, os custos e quantidades de todos os materiais em estaleiro.

Quadro 6.5 – Composição do betão no estaleiro (2015)

| BETONILHA PARA ACABAMENTO PASSEIO EM ESQUARTELADO/LISO | | | | | | | |
|---|----------|--|--|--|--|--|--|
| Material para uma auto-betoneira, com cerca de 2,500m ³ | | | | | | | |
| Areia | 3.000kg | | | | | | |
| Cimento | 28 sacos | | | | | | |
| Sensivelmente 2,200m ³ de betão, na ordem de 400kg/m ³ | | | | | | | |
| BETÃO PARA FUNDAÇÃO | | | | | | | |
| Material para uma auto-betoneira, com cerca de 2,500m ³ | | | | | | | |
| Areia | 2.000kg | | | | | | |
| Brita 6/14 | 2.000kg | | | | | | |
| Cimento | 12 | | | | | | |
| Sensivelmente 2,300m ³ de betão, na ordem de 200kg/m ³ | | | | | | | |
| ACABAMENTO EM BETÃO LISO | | | | | | | |
| Material para uma auto-betoneira, com cerca de 2,500m ³ | | | | | | | |
| Areia | 3.000kg | | | | | | |
| Brita 4/6 | 1.000kg | | | | | | |
| Cimento | 22 | | | | | | |
| Sensivelmente 2,300m ³ de betão, na ordem de 200kg/m ³ | | | | | | | |
| Nota: são valores aproximados que habitualmente usamos nos nossos trabalhos (Atualizado em 09-02-2015) | | | | | | | |

Através dos valores apresentados no Quadro 6.5 são calculadas as dosagens, sempre por m³, de forma a ser o mais linear e homogéneo possível. Este ficheiro permite que a alteração das dosagens quando

realizada altere as composições dos pavimentos-tipo automaticamente, uma vez que estão dependentes dos valores que se encontram no Quadro 6.6.

Quadro 6.6 – Dosagens (2015)

| Sub-base | | | |
|---------------------------------------|----------|------------|--------|
| Material(uni.) | Unidades | m3 | uni/m3 |
| Brita 20/40 | 1500 | 1 | 1500 |
| Betão de fundação | | | |
| Material(uni.) | Unidades | m3 | uni/m3 |
| Cimento(kg) | 480 | 2,5 | 192 |
| Meia areia(kg) | 2000 | 2,5 | 800 |
| Brita 6/14(kg) | 2000 | 2,5 | 800 |
| Betão Liso | | | |
| Material(uni.) | Unidades | m3 | uni/m3 |
| Cimento(kg) | 880 | 2,5 | 352 |
| Meia areia(kg) | 3000 | 2,5 | 1200 |
| Brita 4/6(kg) | 1000 | 2,5 | 400 |
| Betonilha - Camada de desgaste | | | |
| Material(uni.) | Unidades | m3 | uni/m3 |
| Cimento(sacos) | 1120 | 2,5 | 448 |
| Meia areia(kg) | 3000 | 2,5 | 1200 |
| Argamassa de assentamento - traço 1:4 | | | |
| Material(uni.) | Traço | uni/m3 | |
| Cimento(kg) | 1 | 1200 | |
| Meia areia(kg) | 4 | 1860 | |
| Refechamento de juntas - traço 1:2 | | | |
| Material(uni.) | Traço | uni/m3 | |
| Cimento(kg) | 1 | 1200 | |
| Meia areia(kg) | 2 | 1860 | |
| Betão Betuminoso - Desgaste | | 1650 Kg/m3 | |

Os custos dos materiais de fornecimento contínuo foram atualizados e o Quadro 6.7 apresenta os mesmos com os contratos vigentes em Fevereiro de 2015.

Quadro 6.7 – Custo do material de fornecimento contínuo (2015)

| Material | Unidade | Preço Global | Contrato | Preço c/ iva | Preço Unitário c/ iva |
|--|--------------|--------------|---------------|--------------|-----------------------|
| Areia Fina | 1000 | 10,95 € | CP/18/11 | 13,4685 | 0,013 |
| Meia Areia | saco | 3,55 € | CP/26/11 | 4,37 € | 4,37 € |
| ABGE | 1000 | 6,30 € | CP/19/11 | 7,75 € | 0,00775 € |
| Gravilha 4/6 | 1000 | 8,90 € | CP/19/11 | 10,95 € | 0,011 € |
| Brita 6/14 | | 8,35 € | | 10,27 € | 0,010 € |
| Brita 14/20 | | 8,10 € | | 9,96 € | 0,010 € |
| Brita 20/40 | | 7,60 € | | 9,35 € | 0,009 € |
| Massa Betuminosa | 1000 | 52,10 € | CP/15/11 | 64,08 € | 0,06 € |
| Emulsão Asfáltica | | 350,00 € | CP/2/11 | 430,50 € | 0,43 € |
| Tapa Buracos | | 270,00 € | ADG/12/12/DMC | 332,10 € | 0,33 € |
| Lancil reto 0,20m | Metro Linear | 15,00 € | ADG/55/10/DMC | 18,45 € | 18,45 € |
| Lancil reto 0,20m tipo enterrado | | 18,75 € | | 23,06 € | 23,06 € |
| Lancil reto 0,30m | | 18,00 € | | 22,14 € | 22,14 € |
| Lancil reto 0,40m | | 24,00 € | | 29,52 € | 29,52 € |
| Lancil reto tipo 1/2 fio c/ 0,12m | | 10,50 € | | 12,92 € | 12,92 € |
| Lancil reto tipo 1/2 fio c/ 0,12m tipo enterrado | | 9,00 € | | 11,07 € | 11,07 € |
| Lancil curvo 0,20m | | 17,00 € | | 20,91 € | 20,91 € |
| Lancil curvo 0,20m tipo enterrado | | 24,00 € | | 29,52 € | 29,52 € |
| Lancil curvo 0,30m | | 20,00 € | | 24,60 € | 24,60 € |
| Lancil curvo 0,40m | | 28,00 € | | 34,44 € | 34,44 € |
| Lancil curvo tipo 1/2 fio com 0,12m | | 24,00 € | | 29,52 € | 29,52 € |
| Lancil curvo tipo 1/2 fio com 0,12m tipo enterrado | | 22,00 € | | 27,06 € | 27,06 € |

Em relação aos Pavimentos-Tipo manteve-se a base do documento anterior, mas aumentando-se o número de pavimentos descritos consoante as necessidades. Colocou-se cada camada dos pavimentos em função da espessura, exceto alguns materiais, como a emulsão betuminosa ou a areia para o refechamento de juntas, uma vez que estes não dependem da espessura, mas sim da área, exemplificado no Quadro 6.8. Esta ideia surgiu, porque a DMOIP efetua muitas obras de reabilitação de pavimentos em que não há necessidade de fazer uma demolição total do antigo, ou que por vezes existe a necessidade de reforçar determinadas áreas, alterando a espessura, sendo que os valores seguintes alteram automaticamente, assumindo o valor modificado. Manteve-se, ou em alguns casos, simplificou-se as referências de cada intervenção de forma a quem utilizava o ficheiro poder continuar a trabalhar sem relevante tempo de adaptação.

Quadro 6.8 – Exemplo de pavimentos tipo (2015)

| Execução de betonilha por m2 (EB) | | | |
|--|----------------------|-------------------------|-----------------|
| Camada | Espessura (m) | Materiais (uni.) | Dosagens |
| sub-base (0,10) | 0,1 | Brita 20/40(Kg) | 150 |
| base (0,10) betão C16/20 | 0,1 | Cimento(kg) | 19,2 |
| | | Meia areia(Kg) | 80 |
| | | Brita 6/14 (Kg) | 80 |
| camada de desgaste (0,02) | 0,02 | Cimento(kg) | 8,96 |
| | | Meia areia(Kg) | 24 |
| Assentamento/ Rebaixamento de lancil por ml (AL20) | | | |
| Camada | Volume (m3) | Materiais (uni.) | Dosagens |
| Fundação lancil (0,20*0,25*0,35) Betão C16/20 | 0,0875 | Cimento(kg) | 16,80 |
| | | Meia areia(Kg) | 70,00 |
| | | Brita 6/14 (Kg) | 70,00 |

Na página dos Rendimentos inicial existe o Quadro 6.9, onde se pode acrescentar outras intervenções. Para isso basta atribuir uma referência, uma designação, as unidades e o Rendimento caso haja conhecimento sobre as mesmas. O Rendimento vem em unidades/dia válido para uma equipa de trabalho.

Quadro 6.9 – Rendimentos (2015)

| Refª | Designação | Unidades | Rendimento |
|------|--------------------------------------|----------------|------------|
| EB | Execução betonilha | m ² | 30 |
| RB | Reparação betonilha | m ² | 50 |
| EBL | Execução betão liso | m ² | 50 |
| EBLP | Execução betão liso provisório | m ² | 60 |
| EC | Execução passeio calcário | m ² | 10 |
| EG | Execução passeio micro-cubo granito | m ² | 10 |
| RC | Reparação passeio calcário | m ² | 15 |
| RG | Reparação passeio micro-cubo granito | m ² | 15 |
| ECG | Execução calçada granito - F.R. | m ² | 30 |
| RCG | Reparação calçada granito - F.R. | m ² | 30 |
| AL8 | Assentamento lancil 0,08 | m | 12 |
| AL12 | Assentamento lancil 0,12 | m | 12 |
| AL20 | Assentamento lancil 0,20 | m | 12 |
| AL30 | Assentamento lancil 0,30 | m | 12 |
| AL40 | Assentamento lancil 0,40 | m | 12 |
| ALE1 | Assentamento lancil Especial 1 | m | - |
| ALE2 | Assentamento lancil Especial 2 | m | - |
| ALE3 | Assentamento lancil Especial 3 | m | - |
| EBBF | Execução betão betuminoso a frio | m ² | 300 |
| EL | Execução de Lajeado | m ² | - |
| EPM | Execução de Pedra-Mosaico/Lajetas | m ² | - |
| EPC | Execução de Pedra de Chão | m ² | - |
| EPE | Execução de Pavé Especial | m ² | - |
| RAP | Rede de Águas Pluviais | - | - |
| OT | Outros | - | - |

Para além desta há uma tabela idêntica ao Quadro 6.9, que apresenta a composição discriminada de cada referência.

Os materiais que não sejam essenciais para a formulação das misturas compostas (como por exemplo os lancis, a fundação pode ser nova, mas os lancis serem aproveitados) foram colocados na folha de cálculo “Materiais” que também pode ser atualizada e é possível adicionar novos materiais. O código colocado é o código de identificação do produto, e todas as outras informações são de fácil perceção, como apresenta o Quadro 6.10.

Quadro 6.10 – Materiais (2015)

| CÓDIGO | DESIGNAÇÃO | UN | PREÇO S/IVA | PREÇO/TON. | PREÇOS C/IVA |
|------------|--|-----|-------------|------------|--------------|
| 1524010001 | Aduela Betão Maciço 0,40 X 0,20 X 0,20 MT | UN | 1,35 | | 1,66 € |
| 1525010001 | Agregado Granulometria Extensa (Tout-Venant) | KG | 0,0088 | 6,8 | 8,12 € |
| 1518010008 | Areia Fina | KG | 0,011 | 11 | 13,53 € |
| 0308080021 | Baliza de Posição Cilíndrica Flexível - 0,75 m | UN | 82,5 | | 76,88 € |
| 1527010001 | Barrote Eucalipto 3 MT | UN | 5,52 | | 6,79 € |
| 1527020001 | Barrote Pinho 3 MT | UN | 5,82 | | 7,16 € |
| 1528060001 | Basalto (Preto) | KG | 0,3 | 300 | 369,00 € |
| 1524030001 | Bloco Betão 0,40 X 0,20 X 0,15 MT | UN | 1,0184 | | 1,25 € |
| 1524030002 | Bloco Betão 0,40 X 0,20 X 0,20 MT | UN | 1,35 | | 1,66 € |
| 1529020008 | Brita 14/20 | KG | 0,0084 | 8,4 | 10,33 € |
| 1529020009 | Brita 20/40 | KG | 0,008 | 8 | 9,84 € |
| 1529020007 | Brita 6/14 | KG | 0,0085 | 8,5 | 10,46 € |
| 1528070001 | Calcário (Vidraço) | KG | 0,2316 | 231,6 | 284,87 € |
| 1520010004 | Cimento Normal 40 Kg | SAC | 4,3426 | | 5,34 € |

Após terem sido reunidas todas as informações acima descritas elaborou-se um pequeno menu em VBA que com a simplicidade de um botão digital dirige-nos para a página pretendida. Carregando no botão onde está escrito “Menu” aparecem diferentes opções, como se pode verificar na Figura 6.2.



Figura 6.2 – Menu (2015)

A próxima e última página a ser descrita será o orçamento, sendo a página onde se obtêm os valores finais pretendidos, tanto em quantidades como em custos. Inicialmente a página encontra-se conforme o Quadro 6.11.

Quadro 6.11 – Mapa de quantidade e orçamento por preencher (2015)

| Nud | | | |
|----------------------------|--------------|---------------------|---------|
| Local | | | |
| | | Mapa de Quantidades | |
| Referência da intervenção | | | TOTAL ▾ |
| Duração(m²/dia) | | | |
| Dimensão | | | |
| Materiais | Unidades | | |
| Meia areia | Kg/m2 | | |
| Brita 4/6 | Kg/m2 | | |
| Brita 6/14 | Kg/m2 | | |
| Brita 20/40 | Kg/m2 | | |
| A.G.E. | kg/m2 | | |
| Cimento | kg/m2 | | |
| Micro-cubo basalto | Kg/m2 | | |
| Micro-cubo granito | Kg/m2 | | |
| Micro-cubo calcário | Kg/m2 | | |
| Emulsão | Kg/m2 | | |
| Betão betuminoso | Kg/m2 | | |
| | | | |
| | Preço c/ iva | Orçamento | |
| Meia areia(ton.) | 13,47 € | | |
| Brita 4/6(ton.) | 10,95 € | | |
| Brita 6/14(ton.) | 10,27 € | | |
| Brita 20/40(ton.) | 9,35 € | | |
| A.G.E.(ton.) | 7,75 € | | |
| Cimento(kg.) | 0,11 € | | |
| Micro-cubo basalto(ton.) | 369,00 € | | |
| Micro-cubo granito(ton.) | 74,42 € | | |
| Micro-cubo calcário(ton.) | 284,87 € | | |
| Emulsão(ton.) | 430,50 € | | |
| Betão betuminoso(ton.) | 64,08 € | | |
| | | | |
| Total intervenções | | | |
| Total Materiais | | | |
| Preço Homem-Hora(€) | | Equipa(H) | |
| 8 | | 6 | |
| Duração(dias) | | Total Horas | |
| | | | |
| Total Mão de Obra | | | |
| Custo Total da Obra | | | |

Quando escolhido o botão “Orçamento”, presente na folha de cálculo com o mesmo nome, é dado a conhecer ao utilizador o restante menu com seis botões como na Figura 6.3.

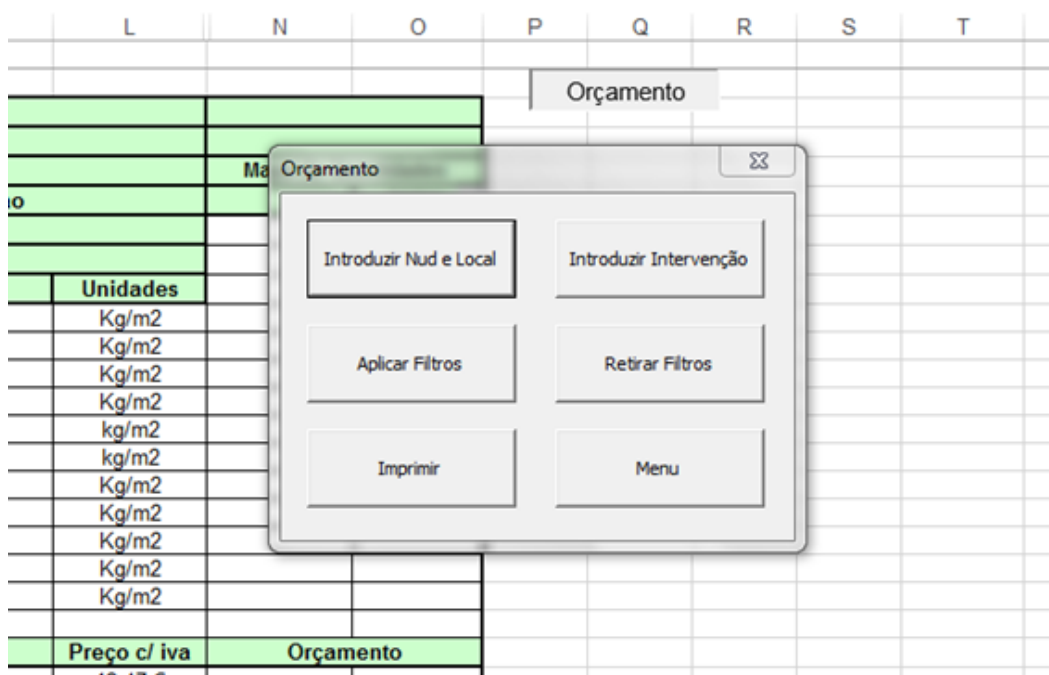


Figura 6.3 – Botão orçamento (2015)

O botão “Introduzir Nud e Local” serve para colocar na tabela a Referência e o Local da mesma, bastando para isso selecionar o botão “Adicionar”, como apresenta a Figura 6.4.

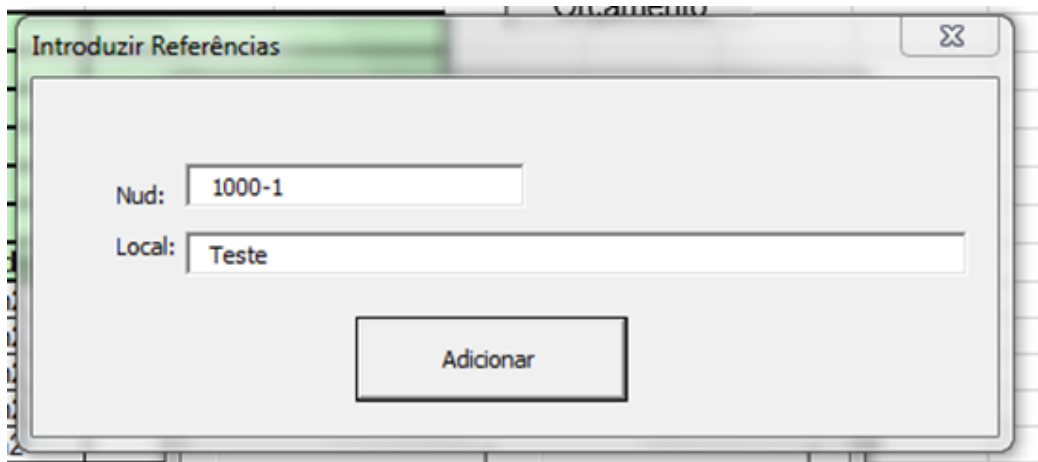


Figura 6.4 – Botão introduzir Nud e Local (2015)

Para a realização automática do orçamento basta pressionar o botão “Introduzir Intervenção” que aparece o formulário representado pela Figura 6.5:

Figura 6.5 – Formulário introduzir intervenção (2015)

Sabendo a Referência que se pretende insere-se a mesma no campo correto. A designação, as unidades e a duração, ou seja o rendimento, irão aparecer automaticamente. Caso não se saiba a referência, basta seleccionar o botão “...” permitindo ver todas as intervenções que se encontram no Quadro 6.9, presente na página dos Rendimentos, e na Figura 6.6. Seleccionando duas vezes a Referência passa para o formulário principal.

| Código | Designação |
|--------|--------------------------------------|
| EB | Execução betonilha |
| RB | Reparação betonilha |
| EBL | Execução betão liso |
| EBLP | Execução betão liso provisório |
| EC | Execução passeio calcário |
| EG | Execução passeio micro-cubo granito |
| RC | Reparação passeio calcário |
| RG | Reparação passeio micro-cubo granito |
| ECG | Execução calçada granito - F.R. |

25 Registros encontrados

Figura 6.6 – Lista de intervenções (2015)

Para adicionar a intervenção ao Orçamento é sempre necessário inserir o valor da dimensão e carregar no botão “Adicionar Intervenção”, caso contrário é gerada uma janela como a Figura 6.7 apresenta.

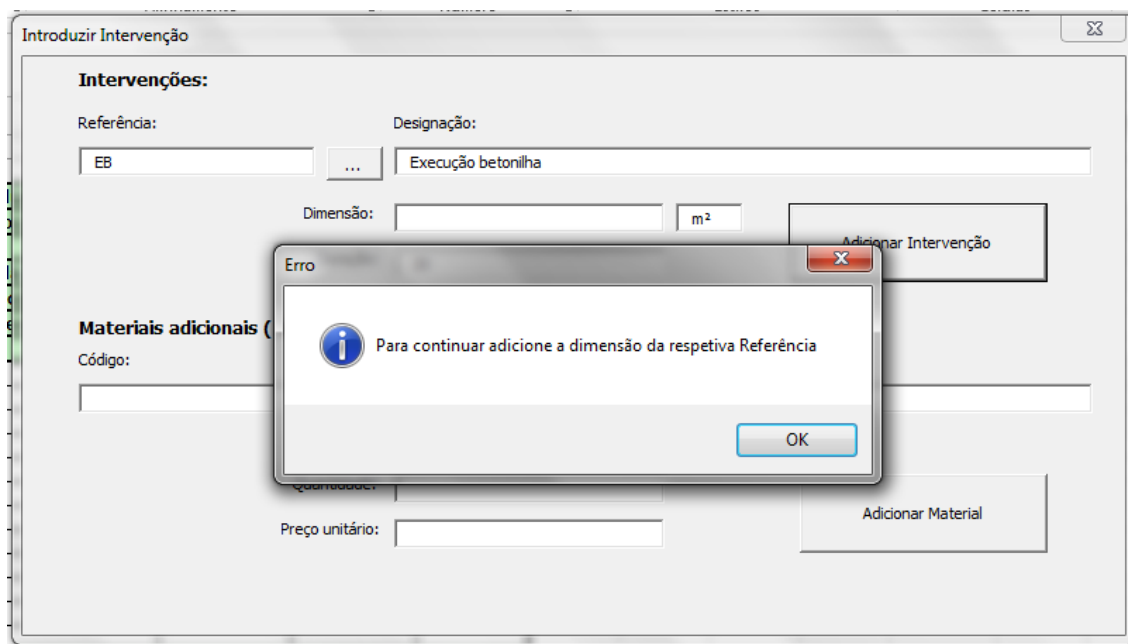


Figura 6.7 – Janela erro (2015)

Para adicionar os materiais que se encontram na página com o mesmo nome, o processo é idêntico. A intervenção é adicionada ao longo da quarta linha, e os materiais são colocados nas linhas após o último material existente na coluna referente aos mesmos. Todos os outros campos são preenchidos automaticamente o que permite saber as quantidades necessárias e os custos de cada material e por cada intervenção. Tomando como exemplo o Quadro 6.12, o “AL20”, assentamento de lancil de 20, representa uma intervenção onde se construiu 10m de fundação, em que apenas 5m de lancil é material novo.

Quadro 6.12 – Mapa de quantidades e orçamento (2015)

| Nud | | 1000-1 | | |
|----------------------------------|--------------------|---------------------|----------------|-----------------|
| Local | | Teste | | |
| | | Mapa de Quantidades | | |
| Referência da intervenção | | AL20 | EB | TOTAL |
| Rendimento (m ² /dia) | | 12 | 30 | |
| Dimensão | | 10 | 10 | 20,00 |
| Materials | Unidades | ml | m ² | |
| Mela areia | Kg/m ² | 700,00 | 1040,00 | 1.740,00 |
| Brita 4/6 | Kg/m ² | | | |
| Brita 6/14 | Kg/m ² | 700,00 | 800,00 | 1.500,00 |
| Brita 20/40 | Kg/m ² | | 1500,00 | 1.500,00 |
| A.G.E | Kg/m ² | | | |
| Cimento | Kg/m ² | 168,00 | 281,60 | 449,60 |
| Micro-cubo basalto | Kg/m ² | | | |
| Micro-cubo granito | Kg/m ² | | | |
| Micro-cubo calcário | Kg/m ² | | | |
| Emulsão | Kg/m ² | | | |
| Betão betuminoso | Kg/m ² | | | |
| Lancil Betão 0,20 MT | M | 5,00 | | 5,00 |
| | | | | |
| | Preço c/ iva | Orçamento | | |
| Mela areia (ton.) | 13,47 € | 9,43 | 14,01 | 23,44 € |
| Brita 4/6 (ton.) | 10,95 € | | | |
| Brita 6/14 (ton.) | 10,27 € | 7,19 | 8,22 | 15,41 € |
| Brita 20/40 (ton.) | 9,35 € | | 14,02 | 14,02 € |
| A.G.E. (ton.) | 7,75 € | | | |
| Cimento (kg) | 0,11 € | 18,34 | 30,74 | 49,08 € |
| Micro-cubo basalto (ton.) | 369,00 € | | | |
| Micro-cubo granito (ton.) | 74,42 € | | | |
| Micro-cubo calcário (ton.) | 284,87 € | | | |
| Emulsão (ton.) | 430,50 € | | | |
| Betão betuminoso (ton.) | 64,08 € | | | |
| Lancil Betão 0,20 MT | 9,07 € | 45,33 | | 45,33 € |
| | | | | |
| Total Intervenções | | 80,28 € | 66,99 € | 147,27 € |
| Total Materiais | | | | 147,27 € |
| | | | | |
| Preço Homem-Hora(€) | Equipa(H) | | | |
| 8 | 6 | | | |
| | | | | |
| Duração(dias) | Total Horas | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| Total Mão de Obra | | | | |
| | | | | |
| Custo Total da Obra | | | | 147,27 € |

Seguidamente com os valores que estão definidos no Rendimento é necessário colocar um número de dias, sendo possível modificar o número de Homens por equipa, para se saber o custo da mão-de-obra. Feito isto, o orçamento está concluído apresentando o valor final associado à intervenção.

Após isso pode utilizar-se o botão “Aplicar Filtros” que retira todas as linhas em que na coluna do Total apresente o valor zero, extraindo assim todos os componentes que não são necessários na obra, enquanto o botão “Retirar Filtros” coloca as linhas novamente.

Para a opção “Imprimir” ser executada é necessário seleccionar as células que o orçamento ocupa ou o que se pretende imprimir, e seleccionar apenas uma vez no botão “Imprimir” para ser impresso a selecção.

O botão “Menu” presente na folha de cálculo “Orçamento” é igual ao que está exposto na Figura 6.2, dando então para mudar para as diferentes páginas.

É aconselhável que para cada obra se trabalhe num ficheiro diferente, porque dada a inexistência da função *Callback* no VBA, quando se quer fazer alterações às áreas introduzidas ou retirar intervenções ou materiais adicionados, tem que ser feito manualmente.

orçamento-v.4.1.teste.pdf - Adobe Reader

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Abrir 1 / 1 85%

| Nud | | 1000-1 | | |
|----------------------------|----------|---------------------|--------------------|-----------------|
| Local | | Teste | | |
| | | Mapa de Quantidades | | |
| Referência da intervenção | | AL20 | EB | TOTAL |
| Rendimento (m²/dia) | | 12 | 30 | |
| Dimensão | | 10 | 10 | 20,00 |
| Materiais | Unidades | ml | m² | |
| Meia areia | Kg/m2 | 700,00 | 1040,00 | 1.740,00 |
| Brita 6/14 | Kg/m2 | 700,00 | 800,00 | 1.500,00 |
| Brita 20/40 | Kg/m2 | | 1500,00 | 1.500,00 |
| Cimento | Kg/m2 | 168,00 | 281,60 | 449,60 |
| Lancil Betão 0,20 MT | M | 5,00 | | 5,00 |
| | | Preço c/ iva | Orçamento | |
| Meia areia(ton.) | | 13,47 € | 9,43 | 23,44 € |
| Brita 6/14(ton.) | | 10,27 € | 7,19 | 15,41 € |
| Brita 20/40(ton.) | | 9,35 € | 14,02 | 14,02 € |
| Cimento(kg.) | | 0,11 € | 18,34 | 49,08 € |
| Lancil Betão 0,20 MT | | 9,07 € | 45,33 | 45,33 € |
| Total intervenções | | 80,28 € | 66,99 € | 147,27 € |
| Total Materiais | | | | 147,27 € |
| Preço Homem-Hora(€) | | 8 | Equipa(H) | |
| | | | 6 | |
| Duração(dias) | | 2 | Total Horas | |
| | | | 96,00 | |
| Total Mão de Obra | | | | 768,00 € |
| Custo Total da Obra | | | | 915,27 € |

297 x 210 mm

Figura 6.8 – Modelo de impressão (2015)

7 ESTUDO DE CASOS

Sendo a DMOIP, a divisão ligada à execução, considerou-se necessário para completar todas as áreas que este relatório abrange, ter a colaboração de desenhadores, técnicos e engenheiros ligados à DMM para conseguir uma melhor orientação na fase de conceção e projeto. Foram realizados diferentes projetos que irão estar enumerados no anexo C. De seguida apresentam-se quatro casos que permitem demonstrar o quão abrangente foi o trabalho desenvolvido ao longo dos meses de estágio, bem como as oportunidades de interagir em diferentes áreas das infraestruturas.

7.1 ANÁLISE DE MOBILIDADE – TRAVESSIAS

7.1.1 Avaliação das travessias não acessíveis

Grande parte do trabalho da DMOIP passa por reabilitar pavimentos, mas também por criar melhores condições em termos de mobilidade. Desde a execução de travessias onde elas são essenciais à colocação de corrimões em locais de fraca acessibilidade. Um trajeto do peão é altamente influenciável pelas travessias e pelas acessibilidades que tem e o trabalho da divisão tem-se focado muito no peão e nas acessibilidades do mesmo, visto que, o Porto é uma cidade com desníveis elevados é importante que as pessoas quando circulam o façam por locais próprios e o mais confortável possível.

Surgiu a ideia de se elaborar um estudo através do Cadastro Viário para identificar situações de possível intervenção, tendo-se dado prioridade aos locais em que os acessos às travessias só estivessem rebaixados de um dos lados, uma vez que a intervenção seria mais rápida e por serem locais que para além de apresentarem falta de coerência podem colocar em risco os peões.

Os casos de travessias com os acessos apenas rebaixados de um dos lados acontecem por diversas razões sendo a mais comum a intervenção de entidades de infraestruturas apenas de um dos lados. Esta consiste em nivelar apenas o lado em que se encontra previsto os trabalhos. Outra razão é o

próprio passeio não ter as dimensões necessárias para cumprir as inclinações transversais impostas no Decreto-lei nº163/2006 ou então realizar a intervenção seria demasiado dispendioso.

Foi necessário fazer uma pesquisa manual no Cadastro Viário com o intuito de se encontrar locais em que de um dos lados não tivesse nenhum método de rebaixamento de passeio.

Com base nessa pesquisa resultam os valores apresentados no Quadro 7.1:

Quadro 7.1 – Resultado da avaliação do estudo das travessias/Freguesia (2015)

| Freguesia | ACMR (Passadeiras) | |
|-----------------|-------------------------|----------------|
| | Parcialmente rebaixadas | Não rebaixadas |
| Aldoar | 2 | 47 |
| Cedofeita | 8 | 64 |
| Lordelo | 9 | 50 |
| Massarelos | 4 | 20 |
| Miragaia | | 7 |
| Nevogilde | 4 | 21 |
| Ramalde | 12 | 52 |
| S. Nicolau | | 9 |
| Sé | | 8 |
| Vitória | | 5 |
| Foz | 6 | 39 |
| Bonfim | 10 | 59 |
| Campanhã | 23 | 171 |
| Paranhos | 52 | 229 |
| Santo Ildefonso | 10 | 52 |
| Total | 140 | 833 |

Devido à desatualização do cadastro em alguns casos, os valores podem ser variáveis, no entanto espera-se que os mesmos sejam aproximados ao do quadro anterior.

O objetivo desta análise foi rever cada situação de forma a poder resolvê-las o mais rapidamente possível, para isso foi necessário estudar cada situação separadamente e ponderar a forma mais eficiente para melhorar os locais em que era necessário fazer o rebaixamento. Isto implica fazer uma inspeção visual ao local, ponderar as soluções, elaborar um projeto rapidamente para que a sua execução ocorra logo que possível.

7.1.2 Desenvolvimento da ficha de identificação

Foi então desenvolvida uma ficha de identificação, representada pela Figura 7.1, para localizar as situações e para posteriormente ser possível analisar e definir prioridades dos casos mais graves e por isso os primeiros a sofrerem intervenção. A análise teve início na freguesia de Santo Ildefonso e tentou-

se ao máximo desenvolver estas fichas sem prejuízo das outras tarefas. Foi possível analisar totalmente ainda Cedofeita, Massarelos, Nevogilde e parcialmente Foz, Bonfim, Campanhã e Paranhos.



Figura 7.1 – Ficha de identificação (2015)

Em algumas situações no momento da inspeção foi visível que o Cadastro não estava de acordo com a realidade, então relatou-se as situações e corrigiu-se imediatamente para não surgirem dúvidas



Figura 7.3 – Estado de conservação da laje pré-fabricada (Câmara Municipal do Porto, 2014)

Feita a análise constatou-se que a zona C é sem dúvida a zona mais degradada encontrando-se em estado de ruína. As patologias expostas devem-se à deficiente compactação das misturas betuminosas aplicadas e da inexistência de confinamento vibrático que origina uma zona frágil. A desagregação superficial, como se pode ver na Figura 7.4, já se encontravam num estado avançado com diversas reparações, como a tapagem de covas tendo sido sempre insuficientes.



a) Longitudinal



b) Transversal

Figura 7.4 – Estado de desagregação superficial (Câmara Municipal do Porto, 2014)

Por fim a zona D encontrava-se em bom estado de conservação e continha uma laje pré-fabricada com revestimento betuminoso.

Para além das patologias já identificadas, verificou-se outras patologias relacionadas com o escoamento das águas superficiais, isto porque as contraguias de granito do lado norte da rua estavam muito danificadas, como se pode verificar na Figura 7.4.



a) Longitudinal

b) Transversal

Figura 7.4 – Estado das contraguias (Câmara Municipal do Porto, 2014)

A proposta da intervenção consistiu nos seguintes trabalhos:

- Demolição do pavimento em misturas betuminosas e em calçada de cubo;
- Nivelamento das contraguias e guias de separação de pavimento, incluindo demolição e aplicação de peças novas ou existentes;
- Execução de laje em betão armado (*in situ*);
- Reabilitação de junta vibrática do carril;
- Desmontagem dos aparelhos de mudança de via;
- Eliminação do by-pass da via-férrea.
- Nivelamento de sumidouros e caixas de visita existentes;
- Reposição de pavimento de misturas betuminosas;
- Execução da sinalização horizontal.

A demolição do pavimento em misturas betuminosas foi realizado com recursos a fresadoras e a calçada de cubo foi realizada manualmente. De seguida, executou-se a demolição das contraguias e

recolocar-se-iam as que fossem possíveis, mas tendo sempre de garantir o comprimento mínimo de 0,80m. A Figura 7.6 ilustra a demolição da via. Em alguns casos foi necessário reconstruir a fundação com betão C30/37 e o assentamento realizado sobre argamassa ao traço 1:3 e as juntas refechadas antes da pavimentação ao traço 1:3 também.

Para a via da direita, lado norte, onde a via-férrea se manteve, a STCP definiu a estrutura de pavimento a construir incluindo uma laje em betão armado, conforme a Figura 7.7 ilustra, com um revestimento em mistura betuminosa com 0,04m de espessura, como se apresenta no pormenor no anexo D e na figura em baixo, parte do mesmo.

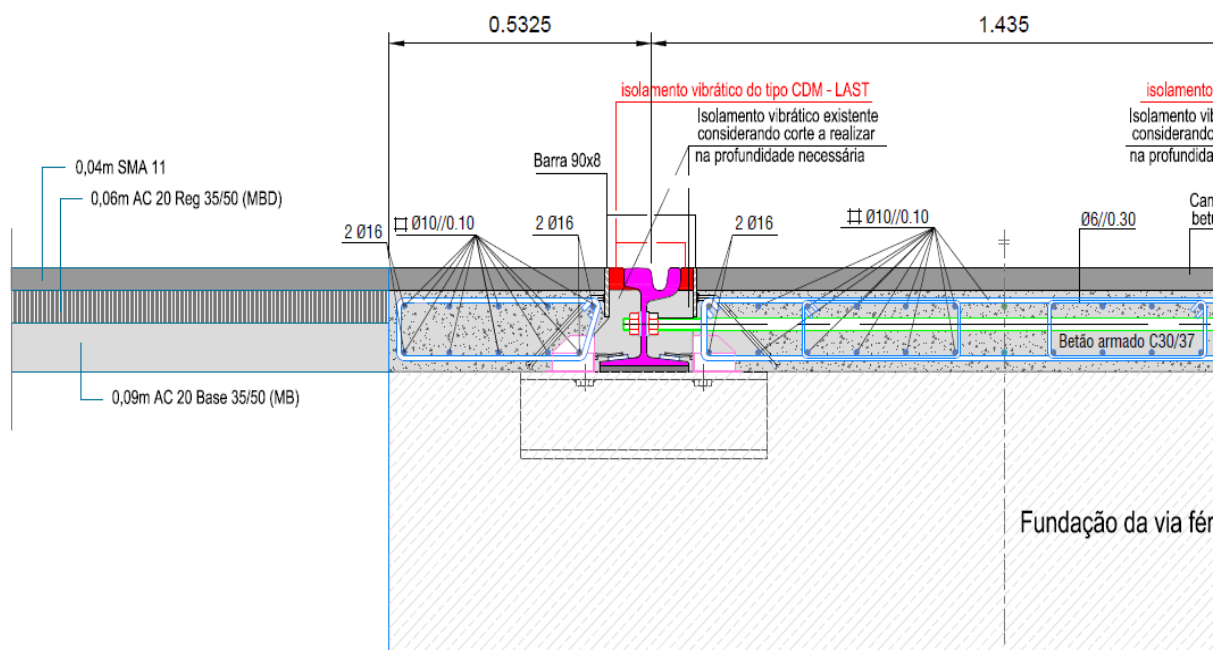


Figura 7.5 – Pormenor da Estrutura da Via da Direita (Câmara Municipal do Porto, 2014)

O betão utilizado foi da Classe C30/37, XD3, CI 0.20, com D_{\max} 20, S4, com 0,15 m de espessura, incluindo fibras metálicas tipo Dramix numa dosagem de 15 Kg/m^3 . As armaduras são em aço A400NR.



Figura 7.6 – Pavimento demolido da via da direita (2015)



Figura 7.7 – Colocação de armaduras e betonagem (2015)

As juntas de dilatação foram definidas de acordo com as juntas da fundação da via-férrea, que variaram entre os 20 e os 30m, sendo do tipo NR + SBR com uma densidade de 450 Kg/m³.



Figura 7.8 – Pormenor da zona do carril (2015)

Para esta via ainda foi necessário ter cuidados especiais devido aos trabalhos na via-férrea, especialmente na reabilitação da junta vibrática. Isto porque durante os trabalhos a intenção era que o carro elétrico continuasse a circular o mais rapidamente possível. A reabilitação da junta consistiu num corte horizontal da junta existente na profundidade necessária à remoção de todo o material que se encontrou danificado (Figura 7.8), colocação da chapa lateral e da sua soldadura à armadura do betão, betonagem, colocação do material fluido (Figura 7.9) que irá constituir a junta e a colocação,

após a desmantelação da via-férrea da via da esquerda, da camada de mistura betuminosa, com respetiva compactação (Figura 7.10).



Figura 7.9 – Pavimentação (2015)



Figura 7.10 – Compactação (2015)

Os trabalhos de desmantelação dos componentes da via-férrea não foram acompanhados pela DMOIP.

A solução para a via da esquerda, onde a via-férrea foi eliminada, foi dimensionada de acordo com o ponto 4.1.6, e a estrutura definida foi:

- 0,09 m de AC20 base 35/50 (MB);
- 0,06 m de AC20 reg 35/50 (MBD);
- 0,04 m de SMA 11.

Na altura da demolição da via da esquerda foi necessário ter em conta que apenas a laje pré-fabricada iria ser demolida e portanto, foi necessário ter um cuidado especial com a manga de isolamento vibrático. Para a reposição do pavimento degradado, ver Figura 7.11, as regas de colagem aplicadas antes da camada de base e de regularização foi com uma emulsão catiónica de rotura rápida e para antes da camada de desgaste, em SMA 11 – Stone Mastic Asphalt, foi colocada uma rega de colagem modificada C65BP3 (ECR-2 mod). A Figura 7.12 ilustra as regras em cima descritas.



Figura 7.11 – Ninhos da via da esquerda (2015)



Figura 7.12 – Preparação para a pavimentação (2015)

Esta mistura em camada de desgaste tem no betume o seu principal diferenciador, pertencente ao grupo de betumes modificados com fibras, tendo condições muito específicas. O ligante utilizado foi um PMB 45/80, modificado com SBS e a percentagem de betume na mistura rondou os 5,8%, e a percentagem do granulado de fibras tem de ser superior a 0,30% em peso. Esta mistura caracteriza-se por um esqueleto mineral descontínuo, com elevado atrito interno, promovendo uma degradação adequada das cargas sem deformação elástica permanente, sendo uma camada grossa e coesa proporcionando uma maior durabilidade.

A malha de fibras serve para evitar o escorrimento de betume, garantindo a estabilidade e a formação de uma camada com o ligante constante. Em relação às propriedades que esta mistura apresenta, tem uma resistência ao deslizamento, drenagem superficial e redução do ruído e por isso é muito indicada para centros urbanos.

Em relação à aplicação em obra, as condições técnicas gerais definem que a superfície de espalhamento deverá encontrar-se seca e sem agregados soltos e a temperatura ambiente aquando do espalhamento deve ser superior a 15°C, que por vezes esta última condição não foi cumprida devido a prazos da obra.

O espalhamento não pode passar os 7m por minuto e as juntas de trabalho, tanto longitudinal como transversal tiveram de ser convenientemente cortadas e regadas com emulsão, sendo que as juntas transversais devem estar desfasadas entre as duas vias pelo menos 5m e as juntas no plano vertical com pelo menos 0,15m. A compactação teve de ser feita com um compactador de pneus e um cilindro tandem de rolos metálicos, como se vê na Figura 7.13.



Figura 7.13 – Compactação (2015)

Foram ainda realizados outros trabalhos como nivelamento de tampas e colocação das contra guias, de acordo com as condições técnicas gerais. Para além destas, houve a necessidade de fazer em alguns locais demolição da camada de desgaste junto aos carris, devido à camada betuminosa ter ficado com uma cota superior aos carris, como se vê na Figura 7.14.



a) Nivelamento de Tampas



b) Nivelamento de pavimento junto ao carril

Figura 7.14 – Outros trabalhos (2015)

A aplicação da sinalização rodoviária foi realizada durante a noite, sendo em material termoplástico. Na zona em calçada, junto à Avenida dos Aliados que foi necessário repor a pintura utilizou-se material para aplicação a frio com tinta acrílica.

O resultado final (Figura 7.15) desta obra foi a reabilitação de uma das principais vias no centro da cidade do Porto, esperando que tenha o tempo de vida útil definido (20 anos) com o mínimo de manutenção possível.



Figura 7.15 – Resultado final (2015)

7.3 MELHORIA DA ACESSIBILIDADE INTERSECÇÃO RUA DA FIRMEZA COM RUA DO BOLHÃO

7.3.1 Projeto e conceção

Este foi um dos projetos que foi desenvolvido pela DMOIP, com o apoio e supervisão da DMM. Este projeto surgiu na sequência do estudo das passadeiras com os acessos não rebaixados. Após identificar uma situação em que apenas um dos acessos de uma travessia estava rebaixado na Rua de Guedes de Azevedo, começou-se por estudar a área envolvente e apesar de se ter decidido não realizar intervenção na Rua de Guedes de Azevedo, pois segundo os registos está previsto ela sofrer uma beneficiação global. As travessias estudadas são locais importantes que adjacientemente têm várias paragens de autocarros, como se pode ver na Figura 7.16, que fazem a ligação a cidades como Gondomar ou Valongo ao centro do Porto, ao seu comércio e edifícios mais relevantes, como a Câmara Municipal, o Mercado do Bolhão e ainda faz a interface com a paragem de Metro que liga as restantes zonas da cidade. Esta é uma zona de grande tráfego de pessoas o que tornou este num dos projetos mais urgentes a ser tratados.

escritórios e serviços na área envolvente. Por estes motivos as travessias são extremamente utilizadas. E o percurso pedonal que grande parte dos utilizadores fazem quando se deslocam para este é o representado na Figura 7.18.



Figura 7.18 – Percurso pedonal (2015)

Foi então realizada uma análise aos pavimentos existentes no local. Na rua da Firmeza está previsto um local de espera dos autocarros, por a Rua do Bolhão já estar demasiado lotada a certas horas do dia, como se podem ver na Figura 7.19. Outra perspetiva importante é o estacionamento abusivo na zona, algo que se pretende evitar após a intervenção, principalmente por existir um local de cargas e descargas que deve ser utilizada apenas pelos comerciantes.



a) Rua da Firmeza



b) Rua do Bolhão

Figura 7.19 – Vistas de Rua (2015)

O pavimento na faixa de rodagem é em cubos de granito, com algumas depressões, mas encontra-se em estado razoável. Quanto aos passeios, encontravam-se num estado de conservação bom, sem patologias relevantes para além do desgaste natural da pedra. A zona da Rua do Bolhão do lado oeste e do lado Este abaixo da Rua da Firmeza é em microcubo calcário com motivos a preto, sendo a zona este da Rua do Bolhão e a zona Norte da Rua da Firmeza em betonilha Esquartelada, estando todas as áreas circundadas com lancil de granito de piso 30cm como a Figura 7.20 ilustra. Na zona Nordeste foi realizada uma intervenção para a colocação de um “city-trainer” que se encontrava com abatimentos (Figura 7.21) de elevada dimensão e o lancil que utilizaram aquando a respetiva intervenção não apresentava o raio pretendido e as peças não cumpriam as condições gerais que definem que cada peça de lancil tem de ter um comprimento entre 0,80 e 1,20m.

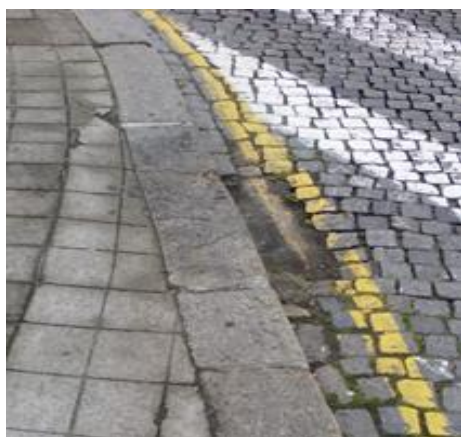


Figura 7.20 – Estado do lancil (2015)



Figura 7.21 - Abatimento do pavimento junto ao “city-trainer” (2015)

Foi também necessário avaliar o sistema de drenagem, porque quando se rebaixam os passeios, as bocas de lobo têm de deixar de existir sendo recolocadas ou então substituídas por pias sifónicas de forma a ficar à cota do pavimento. O sistema drenante encontrava-se num estado razoável, precisando apenas que fosse limpo conforme patente na Figura 7.22.



Figura 7.22 – Sarjeta boca de lobo (2015)

Foram então estudadas três soluções diferentes, sempre mantendo o tipo de pavimento existente, para a arquitetura do local não sofrer alterações relevantes. Para a análise das propostas foi realizado o procedimento do ponto 5.2.

A proposta A passava por um rebaixamento do passeio normal, com a substituição integral do lancil do lado este da rua da Firmeza, cumprindo as inclinações estabelecidas no Decreto Lei nº 163/2006, com a realocação dos sistemas de drenagem e reparação do abatimento do “city-trainer”. Estimou-se que esta solução tinha a duração de 20 dias e o custo total de 8056,24€.

A proposta B era idêntica à proposta A, mas na zona sul da interseção o alinhamento do passeio fechava no estacionamento, aumentando a largura útil do passeio e diminuindo a largura da travessia, construindo assim ao que se costuma chamar uma “orelha”. Decidiu-se não alargar o passeio na zona da Rua da Firmeza tendo em conta as trajetórias normais dos autocarros que foram estudadas com recurso às rotações tipo dos autocarros da STCP, que são os veículos mais condicionantes a passar no local. Devido ao ângulo de viragem os mais condicionantes são os autocarros usuais e não os autocarros articulados que apesar de serem mais compridos, devido ao ângulo de viragem ser maior não precisam de tanta faixa de rodagem para efetuar a manobra de viragem. A trajetória que o autocarro irá fazer desde que larga os passageiros na Rua do Bolhão até ao local de espera na Rua da Firmeza está representada na Figura 7.23. A trajetória que os autocarros fazem pela via da esquerda

na Rua da Firmeza está no anexo E representado com os diagramas utilizados pela DMM. Estimou-se que esta proposta teria a duração de 22 dias e o custo de 9377,78€.

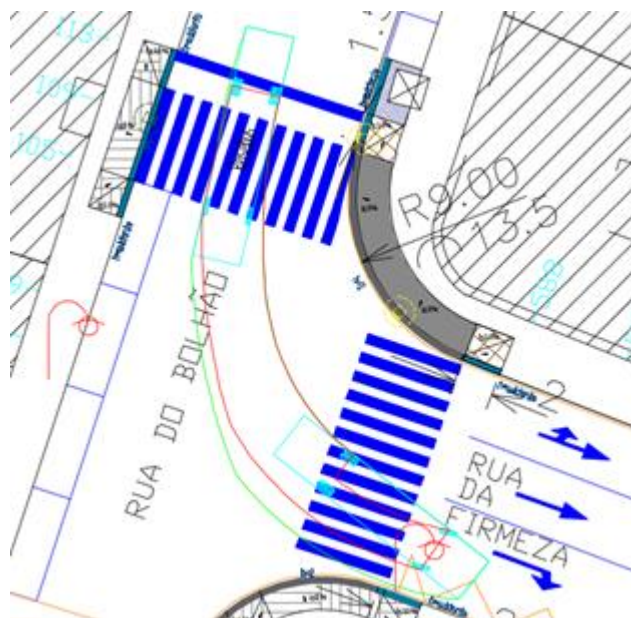


Figura 7.23 – Trajetória do autocarro (2015)

A proposta C passaria por acrescentar à proposta B um refúgio à travessia da Rua do Bolhão (ver Figura 7.24). Visto que a sul da travessia existe estacionamento e a norte um local de cargas e descargas, no local da travessia, decidiu fazer-se um alargamento de passeio de forma à largura da travessia ser menor, minimizar o estacionamento abusivo e colocar os peões com maior visibilidade face ao tráfego. Esta última proposta ficaria no valor de 12153,79€ e demoraria 28 dias.



Figura 7.24 – Solução a aplicar (2015)

7.3.2 Estimativa de Custo

As propostas foram analisadas superiormente e a proposta C foi a que seguiu para obra. A fundação do lancil foi necessária para o assentamento dos delimitadores, a betonilha e o calcário/basalto foram necessários para reparar o pavimento demolido e o betão liso foi utilizado na zona de atravessamento de forma a criar uma zona com uma textura diferente para ajudar as pessoas invisuais a identificar a travessia. As estruturas são as apresentadas no Quadro 7.2.

Quadro 7.2 – Pavimentos tipo (2015)

| Assentamento/ Rebaixamento de lancil por ml (AL30) | | | |
|---|-------------|------------------|----------|
| Camada | Volume (m3) | Materiais (uni.) | Dosagens |
| Fundação lancil (0,30*0,25*0,45) Betão C16/20 | 0,1125 | Cimento(sacos) | 0,54 |
| | | Meia areia(Kg) | 90 |
| | | Brita 6/14 (Kg) | 90 |

| Execução em betão liso por m2 (EBL) | | | |
|---------------------------------------|---------------|------------------|----------|
| Camada | Espessura (m) | Materiais (uni.) | Dosagens |
| Sub-base(0,10) | 0,1 | Brita 20/40(Kg) | 150 |
| Base (0,10) betão C16/20 | 0,1 | Cimento(sacos) | 0,88 |
| | | Meia areia(Kg) | 120 |
| | | Brita 4/6 | 40 |

| Reparação de betonilha por m2 (RB) | | | |
|--------------------------------------|---------------|------------------|----------|
| Camada | Espessura (m) | Materiais (uni.) | Dosagens |
| Sub-base (0,05) | 0,05 | Brita 20/40(Kg) | 75 |
| Base (0,05) betão C16/20 | 0,05 | Cimento(sacos) | 0,24 |
| | | Meia areia(Kg) | 40 |
| | | Brita 6/14 (Kg) | 40 |
| Camada de desgaste (0,02) | 0,02 | Cimento(sacos) | 0,224 |
| | | Meia areia(Kg) | 24 |

| Execução de betonilha por m2 (EB) | | | |
|-------------------------------------|---------------|------------------|----------|
| Camada | Espessura (m) | Materiais (uni.) | Dosagens |
| Sub-base(0,10) | 0,1 | Brita 20/40(Kg) | 150 |
| Base (0,10) betão C16/20 | 0,1 | Cimento(sacos) | 0,48 |
| | | Meia areia(Kg) | 80 |
| | | Brita 6/14 (Kg) | 80 |
| Camada de desgaste (0,02) | 0,02 | Cimento(sacos) | 0,224 |
| | | Meia areia(Kg) | 24 |

| Reparação de calcário/basalto por m2 (RC) | | | |
|--|---------------|------------------|----------|
| Camada | Espessura (m) | Materiais (uni.) | Dosagens |
| Base (0,05) betão C16/20 | 0,05 | Cimento(sacos) | 0,24 |
| | | Meia areia(Kg) | 40 |
| | | Brita 6/14 (Kg) | 40 |
| Ligação (0,03) traço seco(1:4) | 0,03 | Cimento(sacos) | 0,18 |
| | | Meia areia(Kg) | 44,64 |
| Camada de desgaste com refechamento de juntas(0,01) traço (1:2) | 0,01 | Calcário | 130 |
| | | Basalto | 150 |

Para realizar o orçamento foram medidas as áreas de cada pavimento no AutoCAD. Foram considerados que os lancis retos poderiam ser todos aproveitados, e que apenas no refúgio teriam de

Quadro 7.3 – Orçamento da intervenção (2015)

| Local | | Cruzamento Rua do Bolhão com Rua da Firmeza - Proposta C | | | | | | | |
|---|--------------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------------|
| Referência da intervenção | | Mapa de Quantidades | | | | | | | |
| Duração(m²/dia) | | EC | AL30 | RAP | EBL | RB | EB | RC | TOTAL |
| Dimensão | | 9 | 10 | | 60 | 12 | 20 | 6 | |
| Materiais | | Unidades | m² | ml | m² | m² | m² | m² | |
| Meia areia | Kg/m2 | 4111,20 | 4950,00 | | 2400,00 | 256,00 | 728,00 | 2911,20 | 15.356,40 |
| Brita 4/6 | Kg/m2 | | | | 800,00 | | | | 800,00 |
| Brita 6/14 | Kg/m2 | 2400,00 | 4950,00 | | | 160,00 | 560,00 | 1200,00 | 9.270,00 |
| Brita 20/40 | Kg/m2 | 4500,00 | | | 3000,00 | 300,00 | 1050,00 | | 8.850,00 |
| Cimento | sacos/m2 | 22,80 | 29,70 | | 17,60 | 1,86 | 4,93 | 15,60 | 92,48 |
| Micro-cubo calcário | Kg/m2 | 3900,00 | | | | | | 1950,00 | 5.850,00 |
| Lancil recto, piso 0,30m, com gaivel | M | | 6,00 | | | | | | 6,00 |
| Lancil curvo, piso 0,30m, com gaivel | M | | 14,00 | | | | | | 14,00 |
| Tubo PVC 0,315 MT | M | | | 7,00 | | | | | 7,00 |
| Lages em Betão (sarjeta) - 1,00 x 0,50 x 0,10 | UN | | | 1,00 | | | | | 1,00 |
| Pia Sifónica | UN | | | 2,00 | | | | | 2,00 |
| Preço c/ iva | | Orçamento | | | | | | | |
| Meia areia(ton.) | 13,47 € | 55,37 | 66,67 | | 32,32 | 3,45 | 9,81 | 39,21 | 206,83 € |
| Brita 4/6(ton.) | 10,95 € | | | | 8,76 | | | | 8,76 € |
| Brita 6/14(ton.) | 10,27 € | 24,65 | 50,84 | | | 1,64 | 5,75 | 12,32 | 95,21 € |
| Brita 20/40(ton.) | 9,35 € | 42,07 | | | 28,04 | 2,80 | 9,82 | | 82,73 € |
| Cimento(un.) | 4,37 € | 99,56 | 129,69 | | 76,85 | 8,10 | 21,52 | 68,12 | 403,83 € |
| Micro-cubo calcário(ton.) | 284,87 € | 1110,99 | | | | | | 555,49 | 1.666,48 € |
| Lancil recto, piso 0,30m, com gaivel | 22,14 € | | 132,84 | | | | | | 132,84 € |
| Lancil curvo, piso 0,30m, com gaivel | 24,60 € | | 344,40 | | | | | | 344,40 € |
| Tubo PVC 0,315 MT | 4,58 € | | | 32,07 | | | | | 32,07 € |
| Lages em Betão (sarjeta) - 1,00 x 0,50 x 0,10 | 48,45 € | | | 48,45 | | | | | 48,45 € |
| Pia Sifónica | 86,10 € | | | 172,20 | | | | | 172,20 € |
| Total intervenções | | 1.332,63 € | 724,43 € | 252,72 € | 145,98 € | 16,00 € | 46,89 € | 675,14 € | 3.193,79 € |
| Total Materiais | | 3.193,79 € | | | | | | | |
| Preço Homem-Hora(€/h) | Equipa(H) | | | | | | | | |
| 8 | 5 | | | | | | | | |
| Duração(dias) | Total Horas | | | | | | | | |
| 28 | 1.120,00 | | | | | | | | |
| Total Mão de Obra | | 8.960,00 € | | | | | | | |
| Custo Total da Obra | | 12.153,79 € | | | | | | | |

ser novos, cerca de 6m. Em relação ao lancil curvo de 30 cm de piso totalizam 14m. Para a Rede de Águas Pluviais foi considerado que seria necessária uma laje em betão pré-fabricada para a realocação da sarjeta a norte do refúgio, 7m de Tubo PVC de diâmetro 315mm para fazer as ligações das novas caixas para as antigas e duas pias sifónicas para substituir as bocas de lobo. Foi considerada uma média de 5 homens por dia de trabalho, obtendo-se o orçamento apresentado no Quadro 7.3.

7.3.3 Execução

Todas as etapas foram realizadas pela DMOIP, incluindo o acompanhamento e a fiscalização da obra, em que a intervenção tem as seguintes fases:

- Sinalização da Obra;
- Implantação e Piquetagem;
- Demolição dos lancis e posteriormente dos pavimentos existentes;
- Reparação e recolocação dos sistemas drenantes;
- Construção dos novos pavimentos e assentamento dos lancis;
- Acabamentos e limpeza da Obra.

7.3.3.1 Sinalização da Obra

Devem tomar-se providências para proteção e serventia a veículos e peões, como passadiços, avisos, setas indicadoras e adequada iluminação à noite, a fim de evitar eventuais danos. A sinalização da obra deverá ser executada conforme representa a Figura 7.25, para indicar o início e o fim de obra.



a) Rua do Bolhão - Início



b) Rua do Bolhão - Fim

Figura 7.25 – Sinalização da obra (2015)

7.3.3.2 Implantação e Piquetagem

Antes do início dos trabalhos procedeu-se à implantação do seu traçado e respetiva piquetagem. Foram conservadas todas as marcas ou referências existentes que tenham sido implantadas no local da obra até à fase que implica removê-las. As marcas foram realizadas com recurso a fios e com tinta spray para, caso tivesse tempo de chuva não desaparecerem, ver Figura 7.27 e Figura 7.26.



Figura 7.26 – Implantação (2015)



Figura 7.27 – Piquetagem (2015)

7.3.3.3 Demolição dos lancis e dos pavimentos existentes

O levantamento do pavimento e de todos os materiais foi realizado por troços com a extensão necessária para proceder à reposição de modo a não se deixarem zonas levantadas demasiado tempo. Na execução dos trabalhos de demolição, envolvendo a remoção, o transporte a vazadouro e depósito de produtos, foram cumpridos como disposto nos Decreto-Lei 178/06 (Regime Geral de Gestão de Resíduos), Decreto-Lei 46/2008 de 12 de Março, (aprova o regime de gestão de resíduos de construção e demolição) e Portaria 417/2008 (Transporte de Resíduos de Construção e Demolição) e demais legislação vigente aplicável (Figura 7.28). Todos os materiais aproveitáveis, como os lancis retos foram convenientemente arrumados, para uso posterior. Os materiais não recuperáveis foram prontamente removidos do local da obra.



a) Local do Refúgio

b) Alargamento do passeio

Figura 7.28 – Demolição dos pavimentos existentes (2015)

7.3.3.4 Reparação e recolocação dos sistemas drenantes

Foi analisado o local e revisto as diferentes infraestruturas, no caso do sistema de drenagem de águas pluviais foi necessário acautelar com a realocização, ou substituição do método de recolha de água. Foram abertas as caixas de visita (Figura 7.29), limpas e efetuada a ligação com tubo PVC de diâmetro 315mm à caixa nova, colocando a nova caixa a uma cota superior do que a existente (Figura 7.30). No local da caixa antiga foi colocada uma laje pré-fabricada de forma a evitar a rápida degradação, tanto da caixa por infiltração do pavimento, como da fundação do pavimento, por fugas da caixa.



Figura 7.29 – Abertura de caixa (2015)



Figura 7.30 – Ligação em tubo PVC (2015)



Figura 7.31 – Proteção de caixa com laje pré-fabricada (2015)



Figura 7.32 – Construção da nova caixa (2015)

7.3.3.5 Construção dos novos pavimentos e assentamento dos lancis

O assentamento dos lancis é precedida da abertura de valas para a fundação dos lancis, regularizando-se e compactando-se o seu fundo (Figura 7.33). A fundação foi executada em betão C16/20, com a dimensão de 0,25*0,45m (largura do lancil +0,075m para cada lado). Foram utilizados lancis com medidas entre os 0,80m e 1,20m de comprimento. Os lancis foram assentes sobre a fundação em betão, com argamassa de cimento e areia, numa espessura máxima de 0,02m, devendo-se molhar previamente as faces que vão ser argamassadas. As juntas dos lancis foram refechadas com argamassa hidráulica, trabalho que foi precedido de lavagem das juntas e efetuado quando estas se encontravam molhadas. Este trabalho teve de ser efetuado antes da execução dos passeios ou faixa de rodagem de forma a evitar a entrada de resíduos nas juntas.

O pavimento em betonilha esquartelada foi executado com as inclinações de acordo com o projeto. Após a abertura, regularização e compactação da caixa à profundidade desejada, e para manter o pavimento na cota pretendida, espalhou-se o material que constitui a camada granular de fundação com o cuidado necessário a evitar segregação dos materiais, não sendo de admitir bolsadas de material grosso ou fino. A camada de betão foi aplicada após regularização e compactação da camada granular subjacente (Figura 7.34).

Antes do betão ter terminado a presa o procedimento passa por se colocar a argamassa e esfregar com uma régua assente sobre duas mestras, com movimentos de vaivém de modo a puxar o excedente de argamassa de um extremo para o outro. Obteve-se deste modo uma superfície ligeiramente rugosa que é preciso afagar à colher para ficar lisa, o que só se fará quando a argamassa começa a ficar consistente.

Antes de a argamassa ganhar presa, executam-se estriados ou desenhos por meio de réguas e ferros apropriados cuja geometria foi indicada pela Fiscalização, mas que tem o objetivo de seguir os padrões já previamente instalados. Foram serradas juntas transversais com abertura máxima de 15 mm em toda a profundidade, incluindo a camada de betão, com um espaçamento equidistante.

O Betão liso seguiu a mesma metodologia que a betonilha esquartelada, sendo que não é colocada argamassa, e este fica pronto após o afagamento da camada de betão.

Para o espalhamento do betão foi utilizado uma auto-betoneira, de forma o passeio ser executado em menor tempo.

A execução do micro cubo calcário com motivos a basaltos segue o seguinte procedimento: após a abertura, regularização e compactação da caixa à profundidade desejada, espalhou-se o Agregado britado de granulometria extensa. A camada de betão foi aplicada após regularização e compactação da camada granular subjacente.

O assentamento da camada de desgaste foi realizado sobre um leito de mistura de cimento e areia ao traço seco 1:3 com cerca de 3 cm de espessura. O refechamento de juntas foi executado com cimento e areia ao traço seco 1:2.



Figura 7.33 – Assentamento de lancis (2015)



Figura 7.34 – Execução de pavimento em betão liso (2015)

7.3.3.6 Acabamentos

Os acabamentos estão relacionados com a reposição de cubos e com os remates efetuados por exemplo, nas pias sifónicas, como na Figura 7.36 e Figura 7.35. A reposição dos cubos foi regular com inclinações transversais de 2,5%. O assentamento dos cubos foi realizado em espinha, isto é, obliquamente ao eixo da rua para manter a geometria existente. As pedras foram dispostas em fiadas retilíneas consecutivas com as juntas desencontradas. Estas últimas são colocadas mais altas do que efetivamente devem estar. Quanto ao preenchimento das juntas este será feito com areia grossa, findo estes processos, a calçada é compactada com auxílio de um rolo compressor até as pedras ficarem à cota pretendida.



Figura 7.35 – Acabamento da pia sifónica (2015)



Figura 7.36 – Calçamento final (2015)

7.3.4 Comparação entre o Valor Estimado e o Real

Após a execução é elaborada uma comparação de custos, entre a estimativa inicial e o custo real, retirado do programa das Obras por Administração Direta.

Como é possível ver no Quadro 7.4 retirado do orçamento, estimou-se que o custo associado a materiais seria cerca de 3200€, no entanto o valor foi um pouco menor gastando-se apenas 2350€ (Quadro 7.5), traduzindo-se numa redução de 27% face ao estimado. Esta diminuição dos custos é justificada com o facto da fundação do pavimento estar em bom estado e por isso, o material que se substituiu foi menor do que o orçamentado.

Em relação à mão-de-obra apesar de ter durado menos 4 dias que o estimado, o custo é maior que o valor previsto. Isto deve-se ao número de pessoas por equipa ser de 6, em média, e não 5 tendo sido feita uma redistribuição de uma equipa de trabalho. Por isto o custo da mão-de-obra superou em 6% o valor estimado.

O valor da maquinaria/equipamentos não é estimado pois é geralmente uma parcela pequena do valor global e é muito suscetível ao tipo de trabalho que as diferentes equipas estão a realizar. O custo das máquinas foi de 0,7%, no orçamento global, não considerando o factor amortização.

Em suma, o objetivo do orçamento neste caso foi amplamente cumprido, porque se aproximou bastante do custo real. O valor estimado foi 98,3% do custo real, o ideal será nunca ultrapassar os 100%, mas quanto mais próximo desse valor mais eficaz está a ser o trabalho de orçamentação.



Figura 7.37 – Localização da Rua de Santo Ildefonso (Google Earth, 2015)

As estruturas existentes na faixa de rodagem são as seguintes:

- O pavimento da Rua de Santo Ildefonso, em calçada de paralelepípedo de granito, apresenta-se muito deformado, como é possível ver na Figura 7.38, não estando estabelecida uma correta transição para os pavimentos contíguos em misturas betuminosas (Figura 7.39).



Figura 7.38 – Degradação do pavimento da Rua de Santo Ildefonso (2015)

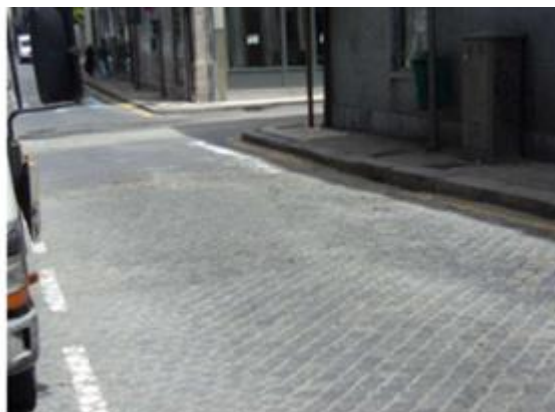


Figura 7.39 – Transição entre diferentes pavimentos (2015)

- Na Rua da Alegria o revestimento da faixa de rodagem é em cubo de granito, apresentando igualmente muita deformação e irregularidade, tal como a Figura 7.40 representa.



a) Rodeiras



b) Pormenor

Figura 7.40 – Pavimento em calçada de cubo na Rua da Alegria, com elevada irregularidade (2015)

Para confirmar a estrutura do pavimento existente foram realizadas sondagens no pavimento em calçada (poços) na Rua da Alegria e na Rua de Santo Ildefonso, conforme se verifica na Figura 7.41 e Figura 7.42. Estas sondagens são muito importantes para projetar, qual a fundação e a necessidade ou não de leito de pavimento.

Verificou-se, em ambos os poços, que a calçada assenta em almofada de areia com cerca de 0,05m de espessura. Observa-se ainda uma camada em mistura de solos residuais graníticos, pedras e cascalho, que indiciam a existência de uma base em macadame hidráulico.



Figura 7.41 – Poço realizado na Rua da Alegria (2015)



Figura 7.42 – Poço realizado na Rua de Santo Ildefonso (2015)

Em relação às misturas betuminosas No extremo da área de intervenção junto ao Largo do Padrão e na Praça dos Poveiros, o pavimento da via de circulação é em misturas betuminosas, apresentando fissuração pele de crocodilo com diversos níveis de evolução, incluindo zonas com ninhos e perda de material, como se pode verificar nas figuras que se seguem (Figura 7.43 a Figura 7.46).



a) Fendilhamento e deformação



b) Fendilhamento na travessia

Figura 7.43 – Fendilhamento do pavimento em mistura betuminosa na Praça dos Poveiros (2015)



Figura 7.44 – Ninhos no pavimento em mistura betuminosa no extremo da Rua de Santo Ildefonso, junto à Praça dos Poveiros (2015)



Figura 7.45 – Deformação no pavimento em mistura betuminosa na Praça dos Poveiros (2015)

Observa-se também elevada deformação em zona de infraestruturas devido a intervenção de entidades ligadas às mesmas.



Figura 7.46 – Deformação e desagregação do pavimento em mistura betuminosa na zona de infraestruturas (2015)

Para conhecer o pavimento existente das misturas betuminosas foram executadas sondagens nos pavimentos em misturas betuminosas nos locais assinalados na figura seguinte, com extração de carotes, ver Figura 7.47.

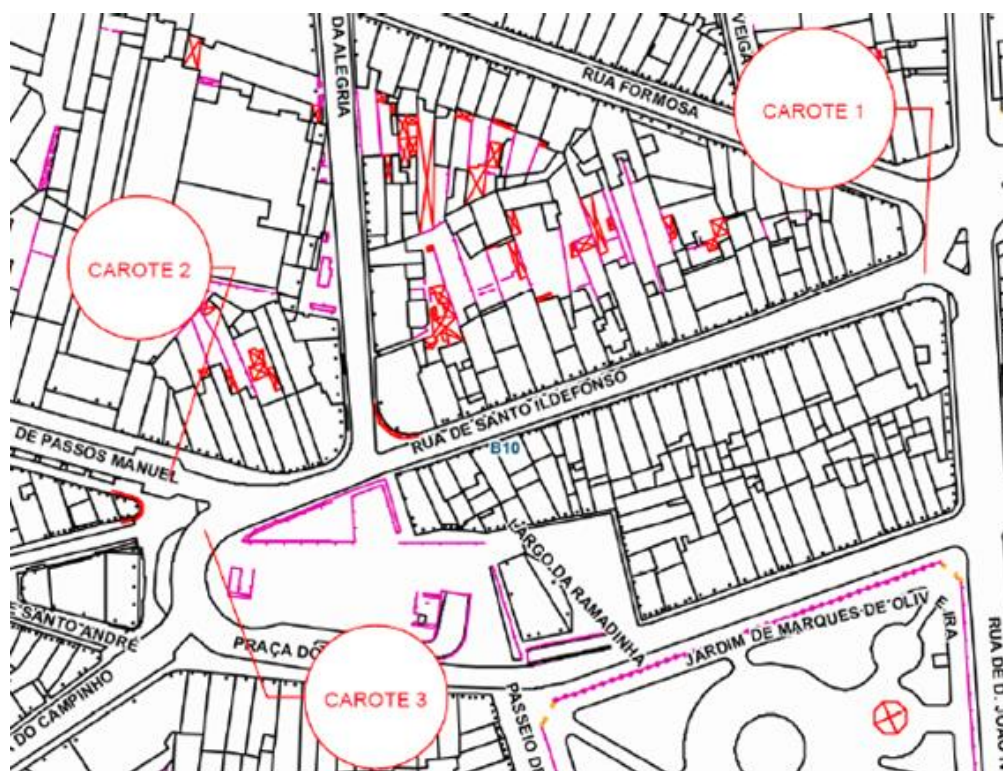


Figura 7.47 – Localização das sondagens para extração de carotes (Câmara Municipal do Porto, 2015)

As carotes permitiram a determinação da espessura das camadas betuminosas e da dimensão do inerte, apresentadas no Quadro 7.6 e representadas pela Figura 7.48.

Quadro 7.6 – Espessura das carotes (2015)

| Carote | Espessura (m) |
|--------|---------------|
| 1 | 0,10 |
| 2 | 0,10 |
| 3 | 0,11 |



Figura 7.48 – Carotes extraídas (2015)

Outro tipo de pavimento que se encontrava na futura zona de obra era o lajeado de granito, mais precisamente, na interseção da Rua da Alegria com a Rua de Santo Ildefonso, a zona de travessia de peões encontrasse em lajeado de granito escuro, de grão fino, cujas peças (com dimensões aproximadas a 0,5 x 1 m) estão na generalidade em bom estado de conservação, conforme se verifica na Figura 7.49.



a) Fendilhamento e deformação

b) Pormenor

Figura 7.49 – Pavimento em lajeado de granito na travessia de peões na interseção da Rua da Alegria e da Rua de Santo Ildefonso (2015)

Procedeu-se à observação da estrutura do pavimento em lajeado existente na interseção da Rua Firmeza com a Rua do Dr. Alves da Veiga, similar ao existente na zona de intervenção, concluindo-se que as suas peças têm espessura entre 0,25 a 0,30m e assentam sobre uma base em betão com cerca de 0,15m de espessura. A Figura 7.50 representa o pavimento existente.



a) Poço Lajeado

b) Dimensão Lajeado

Figura 7.50 – Lajeado existente na interseção da Rua Firmeza com a Rua do Dr. Alves da Veiga (2015)

Em relação aos passeios, na área de intervenção, encontram-se passeios com revestimento em betonilha esquartelada, microcubo de granito e microcubo de calcário com motivos a negro (Figura 7.51).



Figura 7.51 – Pavimento em microcubo de calcário na Rua da Alegria (2015)

Na Rua da Alegria, o pavimento dos passeios, assim como os seus remates em lancil (e contraguias) de granito, apresentam-se muito degradados.

Na Rua de Santo Ildefonso, os passeios apresentam revestimento em betonilha esquartelada, com remates em lancil de granito, embora com menor degradação que na Rua da Alegria, conforme a Figura 7.52 demonstra.



Figura 7.52 – Betonilha esquartelada na Rua de Santo Ildefonso

Na Praça dos Poveiros, os passeios encontram-se revestidos a microcubo de granito e a microcubo de calcário com motivos a negro. Nestes últimos, mais antigos, as diversas e sucessivas intervenções ao nível das infraestruturas, levaram à destruição dos motivos negros, tal como a Figura 7.53 e Figura 7.54 traduzem.



Figura 7.53 – Pavimento em microcubo calcário com falhas de basalto (2015)



Figura 7.54 - Pavimento em microcubo de granito existente na Praça dos Poveiros (2015)

Após esta análise é possível dimensionar os pavimentos a aplicar e definir quais os pavimentos que podem ser reabilitados e de que forma.

Pretendendo-se substituir o revestimento em calçada existente na faixa de rodagem dos arruamentos em estudo, tornou-se necessário definir uma estrutura flexível adequada à fundação existente e às solicitações, em particular a do tráfego pesado.

7.4.1.1 Tráfego

Não havendo contagens de tráfego que determinem o número de veículos pesados que circulam nestes arruamentos, foram considerados os dados recolhidos pela Divisão Municipal de Mobilidade relativos ao número de veículos pesados de transporte de passageiros na Rua da Alegria e na Rua de Santo Ildefonso que se encontram no anexo F. Estes dados indicam que:

- Na Rua de Santo Ildefonso circulam 3,5 autocarros da STCP por hora e ainda 36 veículos de operadores privados por dia. O total é, então, de 120 autocarros/dia;
- Da Rua da Alegria chegam à Praça dos Poveiros 84 autocarros (por dia) de operadores privados.

Conclui-se, então, que o trecho mais desfavorável é o da Praça dos Poveiros com um total de circulações de veículos pesados de passageiros por dia de 204, considerando-se ser adequado efetuar os cálculos necessários para este nível de solicitações.

Esse número foi afetado de um coeficiente de majoração de 10%, correspondente à circulação dos restantes veículos pesados (obras, cargas e descargas, etc.), adotando-se um valor de TMDA de 224 veículos pesados por dia.

Com o valor de TMDA igual a 224, encontra-se uma classe de tráfego T5 e conseqüentemente uma taxa de crescimento no valor de 3% e um valor de α igual a 3, podendo assim calcular o número de eixos passados de 80KN.

$$c = \frac{(1 + 0,03)^{20} - 1}{20 \times 0,03} = 1,34 \quad (7.1)$$

$$N_{80} = 365 \times 224 \times 1,34 \times 3 \times 20 = 6,6 \times 10^6 \quad (7.2)$$

7.4.1.2 Fundação

Para efeitos de dimensionamento seria recomendável a execução de prospeção geotécnica adequada e caracterização laboratorial dos solos ocorrentes. Não sendo disponibilizados meios para essa caracterização, recorre-se aos dados constantes da Carta Geotécnica do Porto, conforme Figura 7.55.

A Carta Geotécnica do Porto (carta de Zonamento Geotécnico) indica que a unidade geotécnica predominante e mais superficial na zona em estudo é a G8, indicando a presença de solos residuais graníticos compactos a maciço rochoso de muito fraca qualidade.

Consultando a Notícia Explicativa, verifica-se que 90% dos solos presentes unidade geotécnica G8 se enquadram na classe SM (classificação unificada), variando de média plasticidade a não plásticos.

Ocorrem ainda nas camadas mais superficiais, embora com menor expressão, tal como a maiores profundidades, as unidades geotécnicas G4-G e G9, com solos residuais graníticos a maciço rochoso menos alterado.

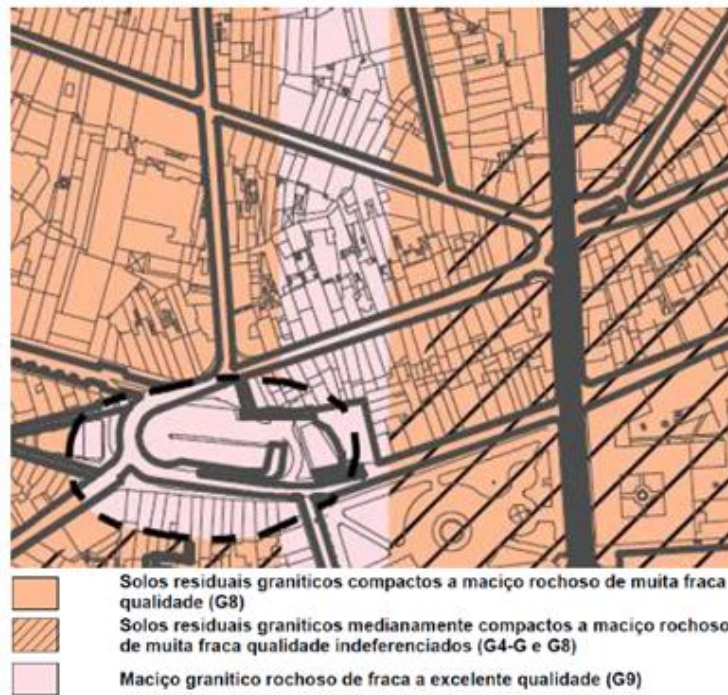


Figura 7.55 – Extrato da Carta Geotécnica do Porto (Câmara Municipal do Porto, 2015)

Considera-se, pelo exposto, uma classe de terreno de fundação S3, com CBR variando entre 10 e 20%.

Recorrendo ao “Manual de Concepção de Pavimentos da Rede Rodoviária Nacional” e admitindo:

- Classe de tráfego T5;
- Período de dimensionamento 20 anos;
- Classe de terreno de fundação S3 (solos SM);
- Classe de fundação F2.

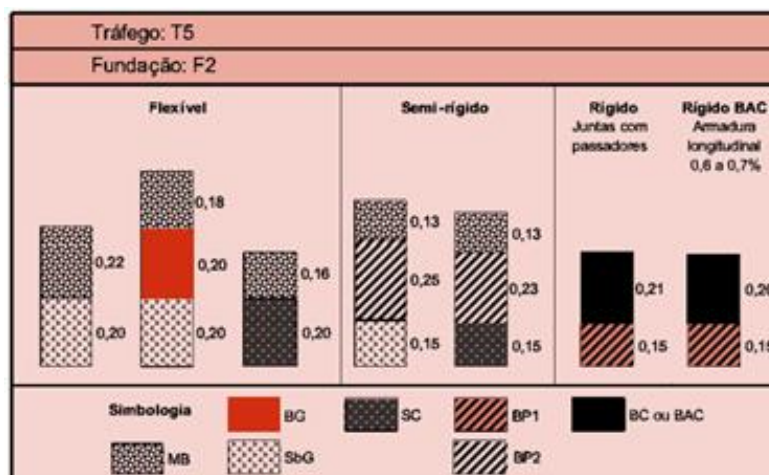


Figura 7.56 – Estruturas de pavimento para a classe de tráfego T5 (JAE, 1995)

Nestas circunstâncias, é dispensada a substituição dos solos de leito de pavimento e a estrutura proposta no MACOPAV é a da Figura 7.56, sendo apenas necessário escarificar e recompactar devidamente os solos existentes, numa espessura de 0,30m, após escavação.

Para o dimensionamento foi considerado as seguintes condicionantes:

O valor do módulo de deformação da fundação F2 é de 60 MPa, e o valor da sub-base é válido considerar o dobro da fundação, ou seja, 120MPa.

7.4.1.3 Temperatura

Assumiui-se que as camadas de base e regularização contemplariam a mesma temperatura, de 22°C e seriam em macadame betuminoso e em mistura betuminosa densa respetivamente, enquanto a camada de base teria um valor de 23°C e seria em betão betuminoso. As temperaturas foram retiradas pelo gráfico da Figura 7.57, tendo em conta que a temperatura média mensal do ar nos últimos anos no Porto tem sido de 15°C.

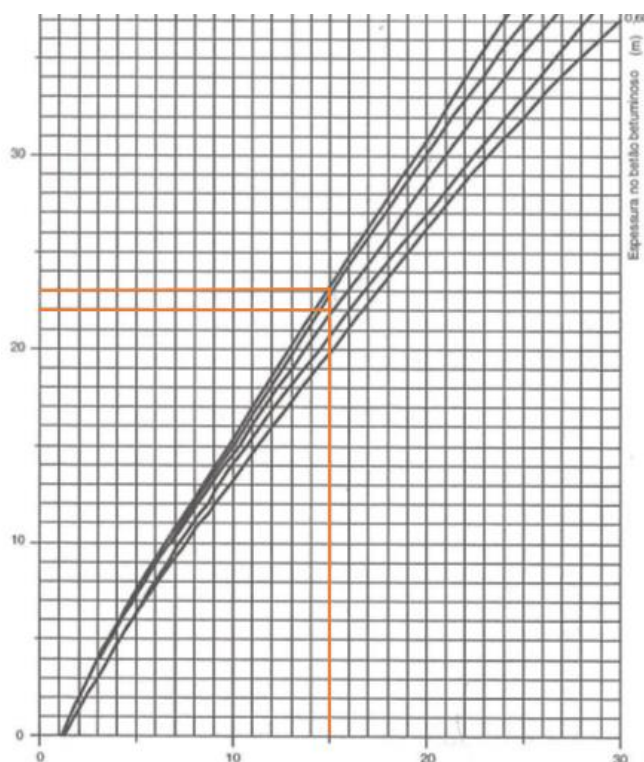


Figura 7.57 – Ábaco da temperatura média mensal do ar – TMA – (°C) (Shell, 1977)

7.4.2 Dimensionamento

Quadro 7.7 – Composição volumétrica (JAE, 1995)

| Código | Composição volumétrica (%) | | |
|--------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | agregado (V _a) | betume (V _b) | vazios (V _v) |
| BD | 84 | 12 | 4 |
| MBD | 84 | 11 | 5 |
| MB | 84 | 9 | 7 |

Para chegar ao valor do módulo de deformabilidade da mistura betuminosa utilizou-se a Figura 7.57, considerou-se como ligante o betume 35/50 para todas as camadas e considerou-se a velocidade base 50Km/h, para efeitos de cálculo do módulo de deformabilidade.

Para chegar ao valor pretendido é necessário chegar a um valor médio de penetração e rever os valores do mesmo e da temperatura anel e bola.

Camada de Base

Penetração a 25°C

$$Pen_{25} = \frac{35+50}{2} = 42,5 \quad (7.3)$$

Penetração a 25°C revista

$$Pen_{25r} = 0,65 \times 42,5 = 27,6 \quad (7.4)$$

Temperatura Anel e Bola Revista

$$Tabr = 98,4 - 26,4 \times \log(27,6) = 60,35 \quad (7.5)$$

Índice de Penetração

$$IP = \frac{20 \times 60,35 + 500 \times \log(27,6) - 1951,55}{60,35 - 50 \times \log(27,6) + 120,15} = -0,22 \quad (7.6)$$

Tempo de Carga

$$tc = \frac{1}{50} = 0,02 \quad (7.7)$$

O valor da rigidez tem uma influência elevada no módulo de deformabilidade e sabendo a composição da mistura betuminosa chega-se ao valor pretendido com recurso às expressões seguintes.

Rigidez da mistura betuminosa

$$S_b = 1,157 \times 10^{-7} \times 0,02^{-0,368} \times 2,718^{-(-0,22)} \times (60,35 - 22)^5 = 50,7 MPa \quad (7.8)$$

Módulo de Deformabilidade da mistura betuminosa

$$Sm_{108} = 8 + 5,68 \times 10^{-3} \times 84 + 2,135 \times 10^{-4} \times 84^2 = 9,9836 \quad (7.9)$$

$$Sm_{3109} = 10,82 - \frac{1,342 \times (100 - 84)}{84 + 9} = 10,5890 \quad (7.10)$$

$$S_{68} = 0,6 \times \log \frac{1,37 \times 9^2 - 1}{1,33 \times 9 - 1} = 0,6006 \quad (7.11)$$

$$S_{89} = 1,12 \times \frac{(10,5890 - 9,9836)}{\log(30)} = 0,4591 \quad (7.12)$$

$$A = \frac{0,4591 + 0,6006}{2} \times (\log(50,7 \times 10^6) - 8) + \frac{0,4591 - 0,6006}{2} \times |\log(50,7 \times 10^6) - 8| + 9,9836 = 9,8064 \quad (7.13)$$

$$Em = 10^{9,8064} \times 10^{-6} = 6403 MPa \quad (7.14)$$

O dimensionamento pode ser feito, para além do método acima exemplificado, com recurso a gráficos, ou então, a maneira mais simples é utilizar o programa desenvolvido pela Shell, o BANDS 2.0.

No software (Figura 7.58 e Figura 7.59) é possível calcular o módulo de rigidez e o módulo de deformabilidade, com a introdução de diferentes informações. Este método é muito mais rápido e dá para testar diversas soluções, sem ter que recorrer a cálculos constantes. Para calcular a rigidez existem várias possibilidades de introdução de dados, mas utilizou-se os que foram calculados anteriormente.

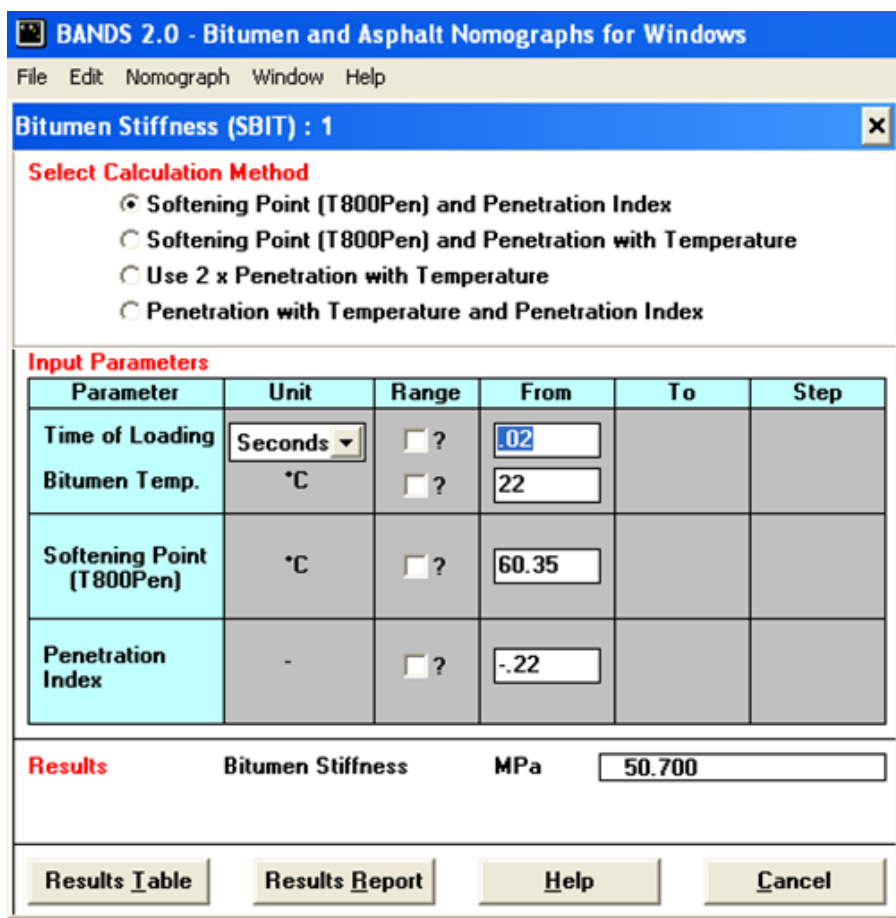


Figura 7.58 – Cálculo da rigidez do betume (2015)

Para calcular o módulo de deformabilidade da mistura bastou inserir a percentagem volumétrica de betume e de agregados e o módulo de rigidez que o software devolve-nos automaticamente o valor pretendido.

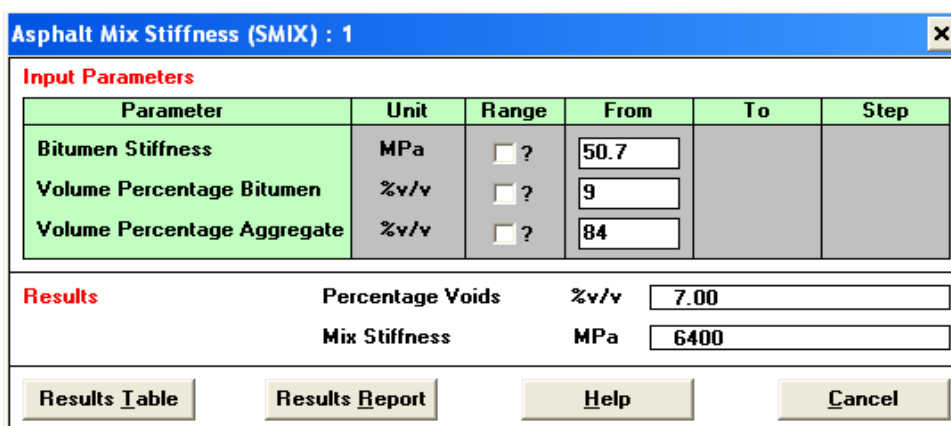


Figura 7.59 - Cálculo do módulo de deformabilidade (2015)

Os resultados para as diferentes camadas encontram-se no Quadro 7.8.

Quadro 7.8 – Resultado dos módulos de deformabilidade das diferentes camadas (2015)

| Camada de Base | | Camada de Regularização | | Camada de Regularização | |
|----------------|---------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|
| T (°C) | 22,00 | T (°C) | 22,00 | T (°C) | 23,00 |
| Pen25 (0,1mm) | 42,50 | Pen25 (0,1mm) | 42,50 | Pen25 (0,1mm) | 42,50 |
| Pen25r (0,1mm) | 27,63 | Pen25r (0,1mm) | 27,63 | Pen25r (0,1mm) | 27,63 |
| Tabr (°C) | 60,35 | Tabr (°C) | 60,35 | Tabr (°C) | 60,35 |
| IP | -0,22 | IP | -0,22 | IP | -0,22 |
| Tc (s) | 0,02 | Tc (s) | 0,02 | Tc (s) | 0,02 |
| Sb (MPa) | 50,48 | Sb (MPa) | 50,48 | Sb (MPa) | 44,23 |
| Va (%) | 84,00 | Va (%) | 84,00 | Va (%) | 84,00 |
| Vb (%) | 9,00 | Vb (%) | 11,00 | Vb (%) | 12,00 |
| | | | | | |
| Sm108 | 9,98 | Sm108 | 9,98 | Sm108 | 9,98 |
| Sm3109 | 10,59 | Sm3109 | 10,59 | Sm3109 | 10,60 |
| S68 | 0,60 | S68 | 0,65 | S68 | 0,67 |
| S89 | 0,46 | S89 | 0,46 | S89 | 0,46 |
| A | 9,81 | A | 9,79 | A | 9,75 |
| E (MPa) | 6386,23 | E (MPa) | 6176,74 | E (MPa) | 5571,08 |

Para o cálculo das extensões, foi utilizado o programa Alize-LCPC. Existem outras opções, como o BISAR 3.0 da Shell ou o ELSYM.

| Basis structure | | | | |
|-----------------|---------------|------------------|------|------------------|
| | thick. (m) | modulus (MPa) | Nu | material type |
| bonded | 0,05 | 5570 | 0,35 | other |
| bonded | 0,06 | 6200 | 0,35 | other |
| bonded | 0,08 | 6400 | 0,35 | other |
| bonded | 0,25 | 120 | 0,35 | other |
| bonded | infinite | 60 | 0,45 | other |

Figura 7.60 – Valores inseridos no ALIZE (2015)

Após a primeira tentativa, com uma espessura descendente de 0,05 a 0,07 nas camadas betuminosas não cumprir os critérios, utilizou-se a estrutura da Figura 7.60.

Alize-Lcpc - Results (Structure: data shown on the Structure screen - cf. C:\... \Thesis

C:\... \Thesis\stoldefonso.dat

| thick. (m) | modulus (MPa) | Poisson coeff. | Zcalcul (m) | EpsT (µdef) | SigmaT (MPa) | EpsZ (µdef) | SigmaZ (MPa) |
|------------|---------------|----------------|-------------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| 0,050 | 5570,0 | 0,350 | 0,000 | 49,4 | 0,540 | -35,5 | 0,554 |
| | bonded | | 0,050 | 19,8 | 0,371 | 27,6 | 0,485 |
| 0,060 | 6200,0 | 0,350 | 0,050 | 19,8 | 0,410 | 22,0 | 0,485 |
| | bonded | | 0,110 | -23,2 | -0,103 | 46,5 | 0,242 |
| 0,080 | 6400,0 | 0,350 | 0,110 | -23,2 | -0,108 | 45,7 | 0,242 |
| | bonded | | 0,190 | -106,1 | -0,918 | 98,0 | 0,033 |
| 0,250 | 120,0 | 0,350 | 0,190 | -106,1 | 0,000 | 268,5 | 0,033 |
| | bonded | | 0,440 | -110,7 | -0,010 | 204,3 | 0,018 |
| infinite | 60,0 | 0,450 | 0,440 | -110,7 | 0,003 | 248,5 | 0,018 |

Figura 7.61 – Resultados da deformação (2015)

Calculando as deformações chegou-se a um valor máximo de extensão de tração de 106,1 µ e uma extensão de compressão de 268,5 µ, como se pode verificar na Figura 7.61.

Para o dimensionamento estar correto as extensões máximas admissíveis tem de ser maiores que as tensões previstas. O valor das extensões máximas admissíveis são:

$$\varepsilon_t = (0,856 \times 9 + 1,08) \times (6600 \times 10^6)^{-0,36} \times (6,6 \times 10^6)^{-0,2} = 111\mu > 106,1\mu \quad (7.15)$$

$$\varepsilon_v = 0,018 \times (6,6 \times 10^6)^{-0,25} = 355\mu > 268,5\mu \quad (7.16)$$

Visto as extensões previstas serem menores que as extensões admissíveis assume-se que o pavimento está corretamente dimensionado.

Para o binómio F2/T5, a nova estrutura deverá ter a seguinte constituição:

- 0,05m de betão betuminoso;
- 0,06m de mistura betuminosa densa;
- 0,08m de macadame betuminoso;
- 0,25m de agregado britado de granulometria extensa com características de base (ABGE).

Em relação à travessia da Rua da Alegria e visto que, pela proposta de arquitetura se pretende manter o pavimento, considera-se que a estrutura do pavimento a construir deverá ser semelhante à pré-existente, dado que esta demonstrou bom comportamento face ao tráfego atual. Nesta perspetiva, prevendo-se a reutilização de todas as peças existentes que se encontram em bom estado, a estrutura terá a seguinte constituição:

- Lajeado com 0,30m de espessura;
- Base em betão C25/30 com 0,25m de espessura, incorporando armadura em rede eletrossolada CQ30.

Em relação aos passeios haverá os seguintes tipos de acordo com a arquitetura dos locais, podendo ser localizados na planta de pavimentações no anexo F.

As estruturas que integram o presente projeto são:

- 0,02m de betonilha esquadrelada sobre camada de betão C16/20 com 0,10 de espessura, com base de 0,15m de espessura em ABGE. Em zona de atravessamento automóvel, a estrutura será reforçada;
- Microcubo de calcário/granito assente em traço seco com 0,03m de espessura sobre camada de betão C16/20 com 0,10 de espessura. Esta estrutura tem base em ABGE com 0,15m de espessura;
- Lajeado de granito com espessura 0,18m sobre base em betão com 0,15m de espessura.

A execução da pavimentação vai ter as seguintes etapas:

- Demolição dos pavimentos da faixa de rodagem, em calçada de cubo e paralelepípedo de granito e misturas betuminosas;
- Remoção para posterior aplicação de lajeado de granito existente na faixa de rodagem;
- Demolição dos pavimentos em betonilha, microcubo de calcário e granito existente nos passeios, assim como os respetivos remates em cantaria;
- Escavação para construção de novas estruturas dos pavimentos;
- Aplicação de peças de remate em cantaria;
- Construção das novas estruturas de pavimentos na faixa de rodagem, nas baias de estacionamento e nos passeios;
- Colocação de tampas de caixas de visita com revestimento igual ao do passeio.

7.5 MELHORIA DA ACESSIBILIDADE INTERSEÇÃO RUA DE GONÇALO CRISTÓVÃO COM RUA DE CAMÕES

Este foi um dos projetos que, tal como a obra realizada na Rua do Bolhão, surgiu na sequência da análise dos locais com apenas um dos acessos à travessia rebaixados. Após ter sido feita a ficha de identificação do local, ver Figura 7.62.



Figura 7.62 – Ficha de identificação (2015)

Como é objetivo da ficha de identificação, o local está indicado na planta e tem uma foto a retratar cada lado do passeio. Do lado sul da Rua de Camões, o passeio está rebaixado com recurso a lancil rampeado, e por baixo do viaduto não consta qualquer método de rebaixamento. Posto isto foi sugerido a intervenção no local devido ao elevado fluxo de pessoas que este percurso pedonal tem.

Foi analisada a área envolvente e todas as outras travessias por baixo do viaduto estavam com lancil de encosto, que não cumpre o valor de 8% de inclinação longitudinal. Tendo em conta estas variáveis, tornou-se numa situação pendente para resolver.

Foi necessário realizar um levantamento topográfico, para iniciar o estudo, porque a planimetria que se encontra na base de dados da DMM é retirada por fotos aerofotogramétricas e com o viaduto a uma cota superior não é suficientemente visível para efetuar o rebaixamento dos passeios. O levantamento topográfico ficou a cargo de um topógrafo da DMOIP e foi acompanhado de forma a apenas tirar os pontos essenciais com o objetivo de reduzir a duração (Figura 7.63).



Figura 7.63 – Execução de levantamento topográfico (2015)

Através do levantamento topográfico é possível obter os alinhamentos pretendidos,

Figura 7.64, as dimensões e as cotas para saber o espelho do lancil. Para além disso foi pedido ao topógrafo que registasse a localização das caixas do sistema de drenagem e de outros possíveis obstáculos à intervenção.

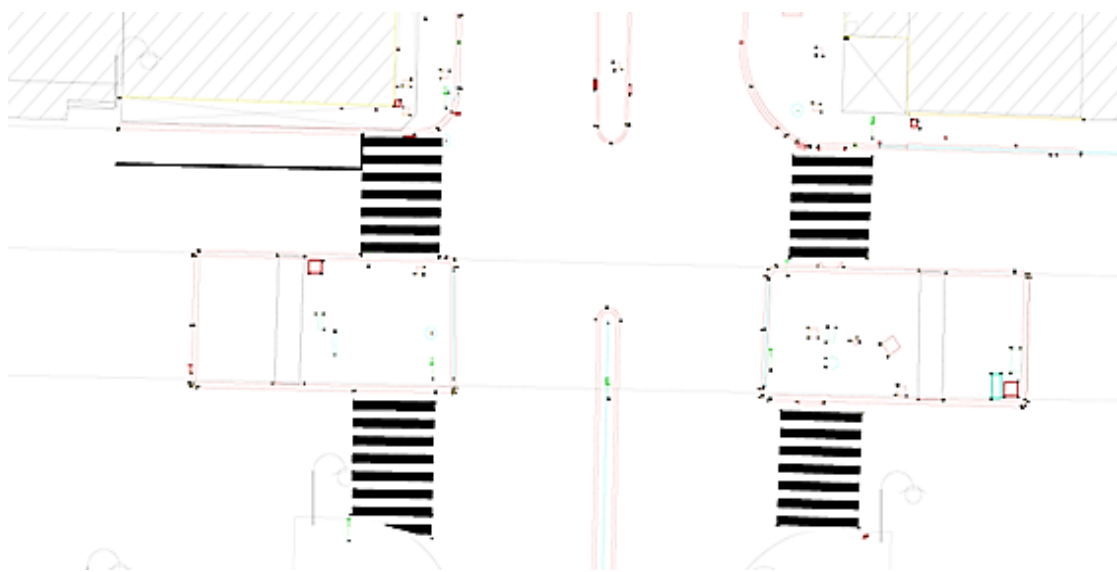


Figura 7.64 – Resultado do levantamento topográfico (2015)

Em termos de alinhamentos não era aconselhável a alteração pois não há margem para tal, como se pode analisar pela trajetória que o autocarro pode tomar.

O Raio interior é no mínimo 6, a largura do autocarro é 2,5m e a distância da frente até ao eixo traseiro é de 8,7m. O raio exterior e a largura de ocupação foi calculado conforme as equações (7.17) e (7.19):

$$R_{ext} = \sqrt{R_{int}^2 + 2 \times R_{int} \times b + b^2 + d^2} \quad (7.17)$$

$$R_{ext} = \sqrt{6^2 + 2 \times 6 \times 2,5 + 2,5^2 + 8,7^2} = 12,16m \quad (7.18)$$

$$Largura \text{ de Ocupação} = R_{ext} - R_{int} = 12,16 - 6 = 6,16m \quad (7.19)$$

Como se pode ver na Figura 7.65 o autocarro já não tem folga suficiente para conseguir mudar os alinhamentos de forma a fechar com o alinhamento do estacionamento. Nas outras travessias não se coloca este problema, mas os alinhamentos são estáveis e por isso não compensa a alteração.

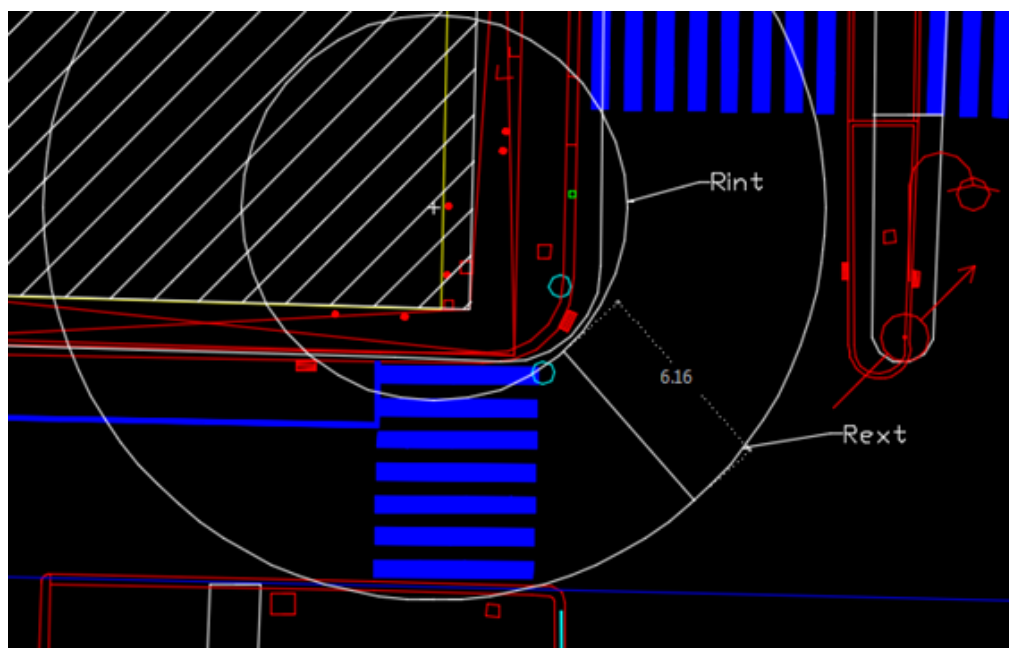


Figura 7.65 – Raios de trajetória do Autocarro (2015)

O projeto foi realizado tendo em conta a arquitetura existente visto os passeios do lado sul da rua de Gonçalo Cristóvão já se encontrarem rebaixados. Era necessário avaliar os separadores centrais e nos passeios do lado norte que eram em betonilha esquadrelada e microcubo calcário com motivos a basalto. Foi então realizada a planta de levantamentos, para retratar o que era necessário intervir. Para uma fácil passagem de um lado da rua de Gonçalo Cristóvão para o outro lado, decidiu-se que o separador central deveria ser em betão liso, com lancil cotado a delimitar o local de atravessamento no separador, com uma cota que mantenha a inclinação da rua, e junto às travessias o lancil ficará com uma elevação de 2cm face à cota da faixa de rodagem. No restante do separador seria reposta a camada de desgaste da betonilha, porque em alguns casos já se encontravam patologias como a desagregação superficial.

No passeio em microcubo, a solução passa por manter o mesmo tipo de pavimento para manter a uniformidade arquitetónica do local. Assim o que se pensou foi um rebaixamento do passeio, em que a inclinação longitudinal da rampa tem de ser no máximo 8% e a transversal 10%. Em baixo, Figura 7.66, pode-se ver a parte da planta de pavimentações que se encontra no anexo G.



Figura 7.66 – Pormenor de planta de pavimentos (2015)

Foi também notificada a Divisão Municipal de Trânsito pois existem cinco semáforos que são necessários rebaixar. Os pormenores dos pavimentos podem ser vistos no anexo G. A estimativa de custos foi realizada com recurso ao programa desenvolvido e chegou-se aos valores apresentados no Quadro 7.9.

Quadro 7.9 – Estimativa orçamental (2015)

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--------------------|
| Total Materiais | | | | | | | | | | 2 366,46 € |
| Preço Homem-Hora(€) | Equipa(H) | | | | | | | | | |
| 8 | 6 | | | | | | | | | |
| Duração(dias) | Total Horas | | | | | | | | | |
| 20 | 960,00 | | | | | | | | | |
| Total Mão de Obra | | | | | | | | | | 7 680,00 € |
| Custo Total da Obra | | | | | | | | | | 10 046,46 € |

Esta intervenção, em Julho de 2015, ainda não tinha sido aprovada para obra. Essa aprovação será posterior à conclusão do estágio, sendo esse um dos objetivos pretendidos pela Divisão, ficando assim com trabalho para execução posterior.

Ultimamente a DMOIP tem-se consciencializado e preocupado com a realidade da mobilidade das pessoas invisuais. Face a isso, esta intervenção aquando da sua realização, serão implementados pavimentos táteis. No decreto-lei nº 163/2009 prevê-se o uso de material de revestimento de textura diferente e cor contrastante com o restante piso na via pública para assinalar três situações – escadas, rampas e passagens de peões de superfície, como tal após a aplicação deste pavimento na Praça da República, que coincidiu com o final deste projeto, foi decidido homogeneizar as novas execuções com pavimentos táteis. Na DMM e na DMOIP, decidiu seguir-se as sugestões feitas pela Associação dos Cegos e Amblíopes de Portugal (ACAPO).

O perfil a usar no piso de alerta é o “pitonado”, composto por saliências redondas com uma altura de 5mm e um diâmetro na base de 25mm, colocadas num padrão retilíneo. Numa peça de 400mm por 400mm a distância entre os eixos das saliências deve ser de 66,8mm para produzir um padrão de 6 x 6. De preferência as saliências são achatadas, conforme a Figura 7.67 ilustra.

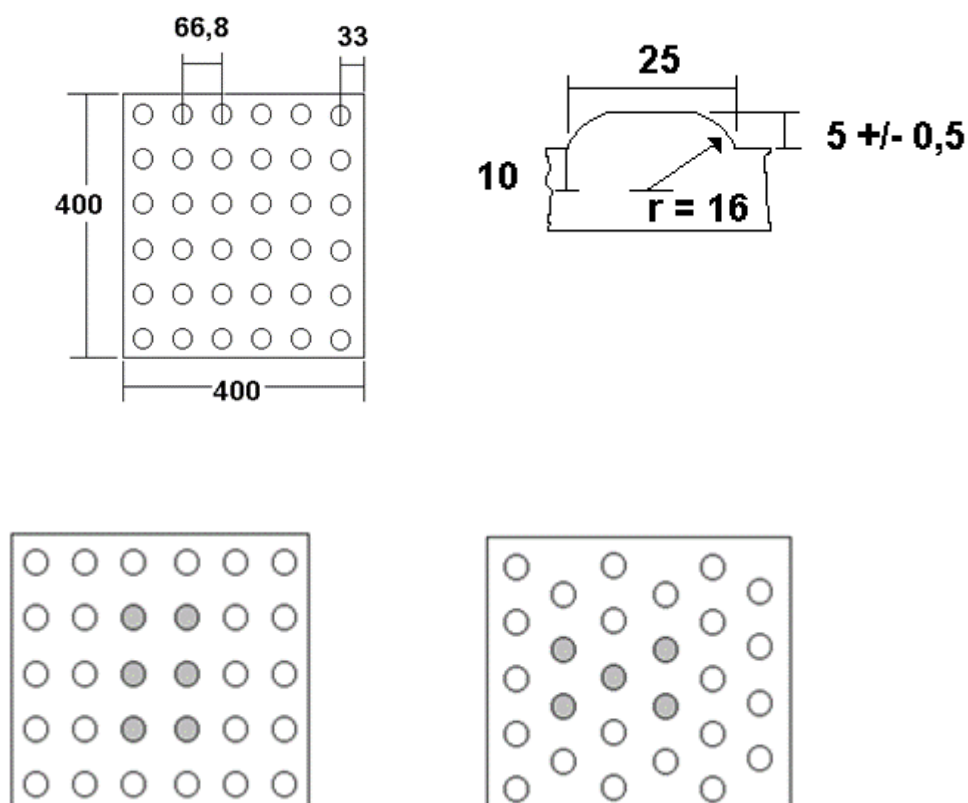


Figura 7.67 – Pormenores do piso de alerta (ACAPO, 2011)

(mm)

Em relação ao piso direcional o perfil é composto por barras achatadas, longitudinais (no sentido da marcha) com uma largura de 35mm e uma altura de 5mm +/- 0,5mm. O intervalo entre as barras é de 45mm, ver Figura 7.68.

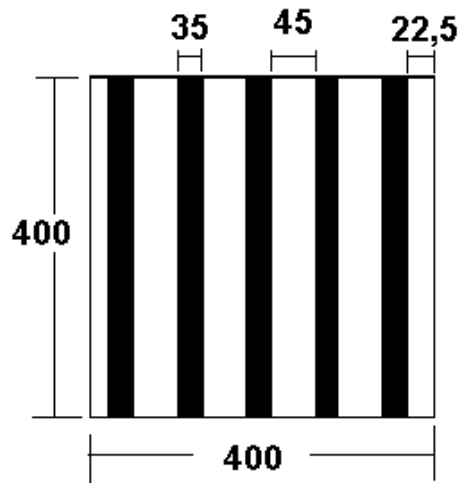


Figura 7.68 – Pormenor do piso direcional (ACAPO, 2011) (mm)

Para aplicação deste piso a zona a sinalizar divide-se em duas partes. Uma faixa de aproximação, junto ao limite do passeio, que informa o peão da sua aproximação à estrada e uma faixa de presença, mais estreita, que atravessa o passeio, informando o peão que circula afastado do lancil da presença da passagem de peões. Na faixa de aproximação aplica-se o piso de alerta ou “pitonado” e na faixa da presença aplica-se o piso direcional. Este caso seria aplicado no passeio norte da Rua de Gonçalo Cristóvão, como a Figura 7.69 exemplifica.

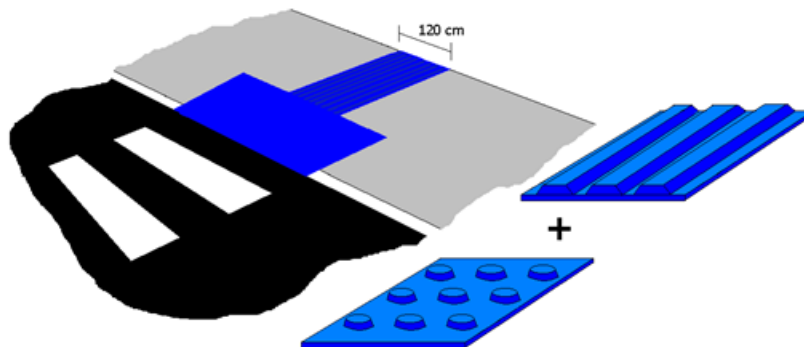


Figura 7.69 – Constituintes dos pavimentos táteis (ACAPO, 2011)

No caso do separador central, deve ser aplicado quando o mesmo tiver 250cm (ou mais) de largura, devendo aplicar-se duas tiras com 80cm de largura (Figura 7.70).

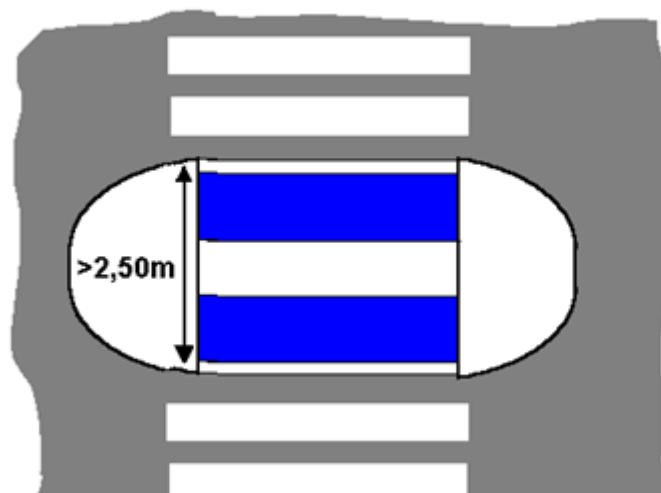


Figura 7.70 – Constituintes dos pavimentos táteis em separadores centrais (ACAPO, 2011)

8 CONCLUSÃO

8.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Integrado na Câmara Municipal do Porto, na Divisão Municipal de Obras e Iluminação Pública, teve-se como principal função gerir o orçamento e planeamento da DMOIP, realizando em paralelo as tarefas de projeto e fiscalização necessárias para o decorrer dos trabalhos. Para o estágio ser bem-sucedido influenciou muito o que se estudou no ISEP, nomeadamente ao nível de tipos de pavimentos e de organização e gestão de obras.

O presente relatório é o resultado de seis meses de inserção do estagiário em contexto profissional. Durante as várias semanas em que houve a oportunidade de estar presente na Câmara Municipal do Porto existiu não só por parte do estagiário mas também da DMOIP interesse na realização dos diferentes projetos. Começou-se por colaborar com a Engenheira Laura Fisteus para um aperfeiçoamento do método orçamental. Ainda se realizou algumas estimativas consoante o método antigo para se estudar quais as melhorias necessárias e possíveis de fazer com recurso a VBA, o que resultou numa folha de cálculo com uma melhoria substancial, comparando com o anterior.

O novo método de orçamentação levou a um aumento de rendimento dos funcionários que trabalhavam com esta ferramenta e por isso sentiu-se a necessidade de procurar novos projetos. Com isso surgiu uma ideia, que todos os intervenientes consideraram importante, em procurar locais de travessia que não estivessem acessíveis a todos os grupos de pessoas. Estas travessias foram encontradas e tentou-se ao máximo regularizar estas situações.

Para o estagiário, esta etapa foi a mais importante do percurso académico porque beneficiou muito com a experiência das pessoas que teve à volta, que conseguiram transmitir todo o seu conhecimento, tanto ao nível de conceitos teóricos, como em termos de realidade da obra.

Por fim o estagiário teve ainda a oportunidade de colaborar em diversas tarefas em diferentes obras. Desde obras com maior volume, como a pavimentação da Rua de Dr. Magalhães Lemos ou da Avenida

Gustavo Eiffel em que foi possível acompanhar todas as etapas da obra. Foi ainda possível concepcionar e projetar diversas obras, realizadas pela DMOIP, que forneceram ao aluno a bagagem para compreender todos os detalhes das infraestruturas na Engenharia Civil.

8.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

O estágio realizado foi importante, mas as tarefas não se podem dar por concluídas.

No orçamento e planeamento deixou-se uma base que pode ser atualizada, desde as dosagens até ao rendimento que nos permite chegar à estimativa facilmente. No entanto o sistema poderia ser desenvolvido para um sistema integrado de gestão e controlo de forma a facilitar e a informatizar todos os dados, para uma consulta e uma atualização ainda mais rápida.

O estudo das travessias é uma tarefa que demorará vários anos a resolver e que está em constante desenvolvimento. Em termos de ferramentas considera-se necessário para os trabalhos serem corretamente desenvolvidos, nomeadamente o dimensionamento de pavimentos, existir mais recursos para desenvolver um dimensionamento mais preciso e o mesmo ter um tempo de vida útil alargado.

Um dos objetivos do estágio era permitir à DMOIP ter sempre trabalhos importantes para executar e este foi concretizado, tendo sido deixado alguns estudos e quatro projetos para posterior execução, mas espera-se que o mesmo seja realizado daqui para a frente para um funcionamento e para a identificação de mais problemas para os mesmos serem resolvidos para um aperfeiçoamento contínuo.

Por fim, era importantes as várias infraestruturas estarem mais integradas entre si, isto é, os sistemas de águas serem também tratados pela divisão em que o estagiário teve inserido. Isto facilitaria em termos de projecto e de execução, pois assim conseguir-se-ia obras mais completas e mais integradas, e que possivelmente iria aumentar a qualidade global das intervenções.

BIBLIOGRAFIA

- AASHTO. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington, D.C. (E.U.A.): AASHTO.
- ACAPO. (2011). O uso de pavimento táctil na via pública.
- Associação Brasileira de Cimento Portland. (2012). Pavimento de concreto é alternativa para melhoria das rodovias. São Paulo, Brasil.
- Branco, P., Pereira, P., & Picado Santos, L. (2006). *Pavimentos Rodoviários*. Coimbra: Almedia.
- Câmara Municipal do Porto. (2014). *Beneficiação do Pavimento e alteração da via-férrea da rua do Dr. Magalhães Lemos*. Porto.
- Câmara Municipal do Porto. (2015). *Direcções Municipais - Câmara Municipal do Porto*. Retrieved from <http://www.cm-porto.pt/direccoes-municipais>
- Capitão, S., & Picado Santos, L. (2006). Applications, properties and design of high modulus bituminous mixtures (HMBM). *International Journal of Road Materials and Pavement Design*, 103-117.
- Costa, A., & Macedo, J. (2015). *Manual de Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária*. Retrieved from Norte em Rede: http://nortemrede.ccdn.pt/planeamento/publicacoes/mpagv/08Peoes_AF.pdf
- DR - 22 - A. (1998). Decreto Regulamentar nº 22-A/98.
- Fang, Y. (2015). *Terminologia de Materiais e Pavimentos*. Retrieved from ebah: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAABAQAD/terminologia-materiais-pavimentos?part=2>
- Farina, J. (2015, Agosto 05). Recuperação do asfalto de 450 quilômetros de quatro rodovias federais do RS começa amanhã. Brasil.

- Fisteus, L. (2011). Orçamento. Portugal/Porto.
- Francisco, A. P. (2012). *Comportamento Estrutural de Pavimentos Rodoviários Flexíveis*. Bragança.
- Gardete, D. C. (2006). *Comparação de Ensaios Laboratoriais para a Caracterização de Misturas Betuminosas à Deformação Permanente*. Coimbra.
- Google Earth. (2015).
- Google Maps. (2015).
- INIR. (2015). Diretivas Construção Pavimentos Critérios Dimensionamento. Portugal.
- JAE. (1995). *Manual de Conceção de Pavimentos para a Rede Rodoviária Nacional*.
- Jiménez, F. E. (2014). *Manual de Pavimentação - CEPSA*.
- LNEC. (1962). *Vocabulário de Estradas e Aeródromos*. Lisboa: LNEC.
- LNEC. (1997). *LNEC E-80*. Lisboa.
- Maia, I. M. (2012). *CARATERIZAÇÃO DE PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS*. Porto.
- Mendes, S. F. (2011). *Caracterização mecânica de misturas betuminosas a aplicar em infra-estruturas de transportes*. Lisboa.
- Palha, C. (2008). EN 12591 Betumes e ligantes betuminosos Especificações para betumes de pavimentação.
- Pereira, R. D. (2014). *Projeto de Reabilitação da EM 607 no Concelho de Valongo*. Porto.
- Pinto, J. I. (2010, Dezembro 1). Caracterização de Pavimentos Rodoviários Betuminosos.
- RODRIGUES, J. L. (2011). *CONCEÇÃO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS*. Porto.
- Simões, E. P. (2013). *Avaliação do Comportamento Visco-Plástico de Misturas Betuminosas*. Lisboa.
- SOTECNISOL. (2015). Emulsões Betuminosas.
- Thomaz, L. (2015). ASFALTOS Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos Asfaltos: Caracterização Brasileira Bloco 2.

ANEXOS

ANEXO A – ORGANOGRAMA DA CÂMARA MUNICIPAL DO PORTO

ANEXO B – CÓDIGOS VBA

ANEXO C – LISTA DE CASOS EM QUE O ALUNO COLABOROU

ANEXO D – BENEFICIAÇÃO DO PAVIMENTO E ALTERAÇÃO DA VIA-FÉRREA NA RUA DE DR. MAGALHÃES LEMOS

- Estruturas dos pavimentos existentes
- Pormenores

ANEXO E – MELHORIA DA ACESSIBILIDADE NA INTERSEÇÃO RUA DA FIRMEZA COM RUA DO BOLHÃO

- Análise Trajetória do Autocarro
- Planta de Pavimentos

ANEXO F – BENEFICIAÇÃO DA RUA DA ALEGRIA E DA RUA DE SANTO ILDEFONSO (FASE 1)

- Informações acerca do tráfego
- Relatórios do software – Alizé
- Planta de Pavimentação

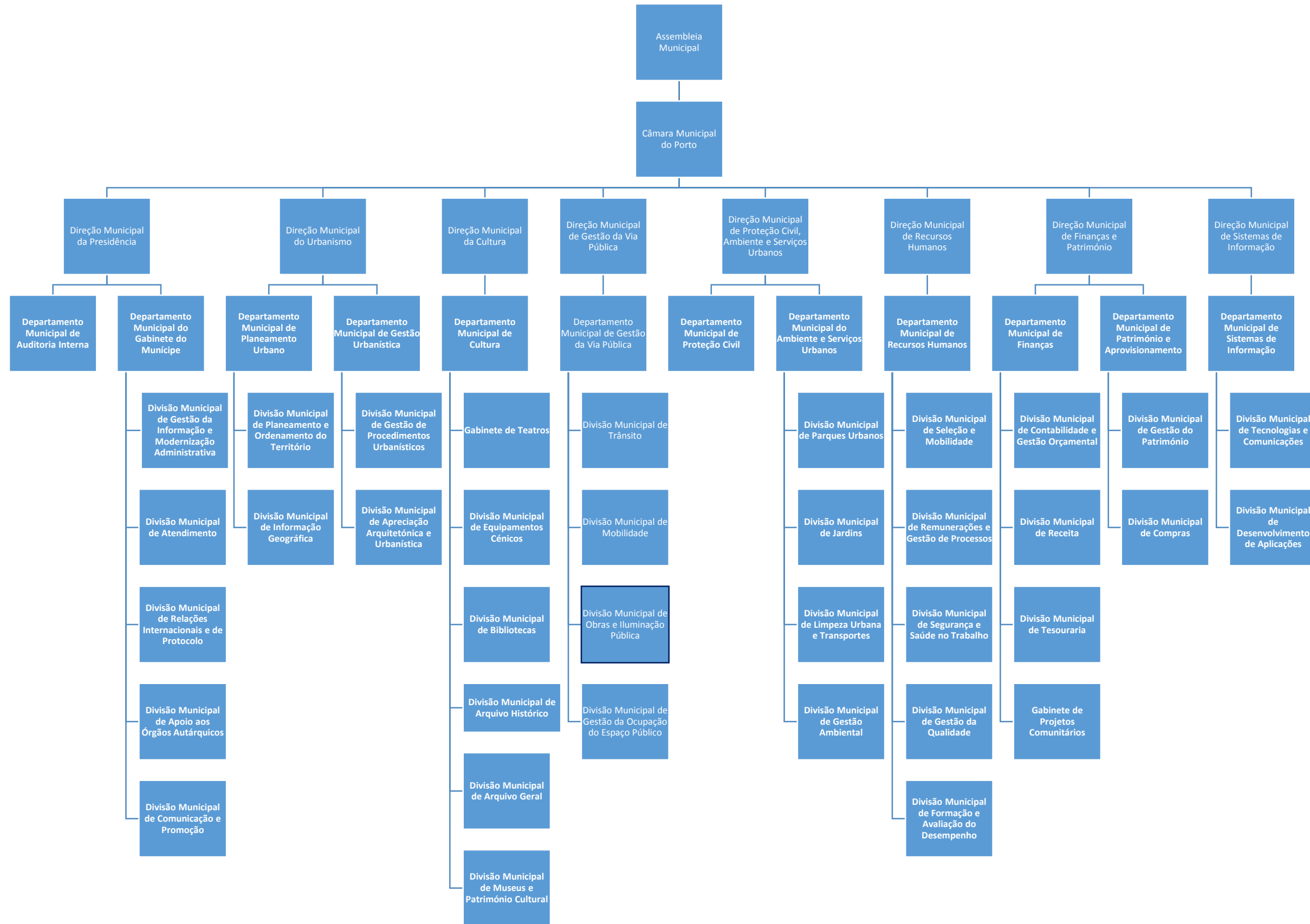
ANEXO G – MELHORIA DA ACESSIBILIDADE NA INTERSEÇÃO RUA DE GONÇALO CRISTÓVÃO COM RUA DE CAMÕES

- Localização Relativa
- Levantamento Topográfico
- Planta de Levantamentos
- Planta de Pavimentos
- Perfil Tipo e Pormenores

RELATÓRIO DE ESTÁGIO CÂMARA MUNICIPAL DO PORTO -
DMOIP

ANEXO A

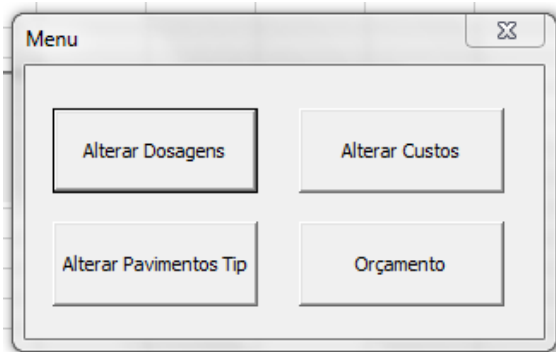
ORGANOGRAMA DA CÂMARA MUNICIPAL DO PORTO



RELATÓRIO DE ESTÁGIO CÂMARA MUNICIPAL DO PORTO -
DMOIP

ANEXO B

Códigos VBA



Alterar Dosagens

```
Private Sub Dos_Click()  
Sheets("Dosagens").Select  
End Sub
```

Alterar Custos

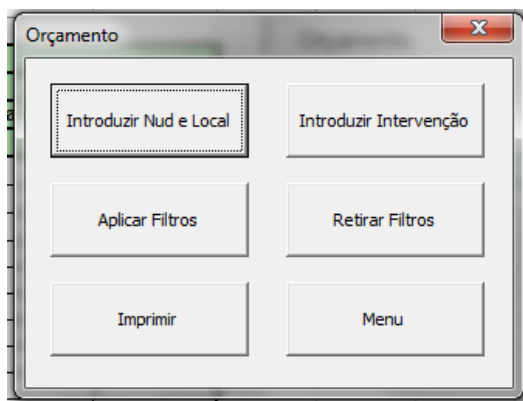
```
Private Sub CommandButton2_Click()  
Sheets("Custos").Select  
End Sub
```

Alterar Pavimentos Tipo

```
Private Sub CommandButton3_Click()  
Sheets("Pavimentos-Tipo").Select  
End Sub
```

Orçamento

```
Private Sub CommandButton4_Click()  
Sheets("Orçamento").Select  
End Sub
```



Introduzir Nud e Local

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
UserForm3.Show  
End Sub
```

Introduzir Intervenção

```
Private Sub CommandButton2_Click()  
UserForm4.Show  
End Sub
```

Aplicar Filtros

```
Private Sub CommandButton6_Click()  
ActiveSheet.Range("$P$14:$P$100").AutoFilter  
Field:=1, Criteria1:="<>0", _  
Operator:=xlAnd  
End Sub
```

Retirar Filtros

```
Private Sub CommandButton5_Click()  
ActiveSheet.Range("$J$2:$J$49").AutoFilter Field:=1  
End Sub
```

Imprimir

```
Private Sub CommandButton4_Click()  
  
Application.PrintCommunication = False  
With ActiveSheet.PageSetup  
    .PrintTitleRows = ""  
    .PrintTitleColumns = ""  
End With  
Application.PrintCommunication = True  
ActiveSheet.PageSetup.PrintArea = ""  
Application.PrintCommunication = False  
With ActiveSheet.PageSetup  
    .LeftHeader = ""  
    .CenterHeader = ""  
    .RightHeader = ""  
    .LeftFooter = ""  
    .CenterFooter = ""  
    .RightFooter = ""  
    .LeftMargin = Application.InchesToPoints(0.7)  
    .RightMargin = Application.InchesToPoints(0.7)  
    .TopMargin = Application.InchesToPoints(0.75)  
    .BottomMargin =  
Application.InchesToPoints(0.75)  
    .HeaderMargin =  
Application.InchesToPoints(0.3)  
    .FooterMargin = Application.InchesToPoints(0.3)  
    .PrintHeadings = False  
    .PrintGridlines = False  
    .PrintComments = xlPrintNoComments  
    .PrintQuality = 600  
    .CenterHorizontally = False  
    .CenterVertically = False  
    .Orientation = xlPortrait  
    .Draft = False  
    .PaperSize = xlPaperA4  
    .FirstPageNumber = xlAutomatic  
    .Order = xlDownThenOver  
    .BlackAndWhite = False  
    .Zoom = False  
    .FitToPagesWide = 0  
    .FitToPagesTall = 1  
    .PrintErrors = xlPrintErrorsDisplayed  
    .OddAndEvenPagesHeaderFooter = False  
    .DifferentFirstPageHeaderFooter = False  
    .ScaleWithDocHeaderFooter = True  
    .AlignMarginsHeaderFooter = True  
    .EvenPage.LeftHeader.Text = ""  
    .EvenPage.CenterHeader.Text = ""
```

```

.EvenPage.RightHeader.Text = ""
.EvenPage.LeftFooter.Text = ""
.EvenPage.CenterFooter.Text = ""
.EvenPage.RightFooter.Text = ""
.FirstPage.LeftHeader.Text = ""
.FirstPage.CenterHeader.Text = ""
.FirstPage.RightHeader.Text = ""
.FirstPage.LeftFooter.Text = ""
.FirstPage.CenterFooter.Text = ""
.FirstPage.RightFooter.Text = ""
End With
Application.PrintCommunication = True
Application.PrintCommunication = False
With ActiveSheet.PageSetup
    .PrintTitleRows = ""
    .PrintTitleColumns = ""
End With
Application.PrintCommunication = True
ActiveSheet.PageSetup.PrintArea = ""
Application.PrintCommunication = False
With ActiveSheet.PageSetup
    .LeftHeader = ""
    .CenterHeader = ""
    .RightHeader = ""
    .LeftFooter = ""
    .CenterFooter = ""
    .RightFooter = ""
    .LeftMargin = Application.InchesToPoints(0.7)
    .RightMargin = Application.InchesToPoints(0.7)
    .TopMargin = Application.InchesToPoints(0.75)
    .BottomMargin =
Application.InchesToPoints(0.75)
    .HeaderMargin =
Application.InchesToPoints(0.3)
    .FooterMargin = Application.InchesToPoints(0.3)
    .PrintHeadings = False
    .PrintGridlines = False
    .PrintComments = xlPrintNoComments
    .PrintQuality = 600
    .CenterHorizontally = False
    .CenterVertically = False
    .Orientation = xlPortrait
    .Draft = False
    .PaperSize = xlPaperA4
    .FirstPageNumber = xlAutomatic
    .Order = xlDownThenOver
    .BlackAndWhite = False
    .Zoom = False
    .FitToPagesWide = 1
    .FitToPagesTall = 0
    .PrintErrors = xlPrintErrorsDisplayed
    .OddAndEvenPagesHeaderFooter = False
    .DifferentFirstPageHeaderFooter = False
    .ScaleWithDocHeaderFooter = True
    .AlignMarginsHeaderFooter = True
    .EvenPage.LeftHeader.Text = ""
    .EvenPage.CenterHeader.Text = ""
    .EvenPage.RightHeader.Text = ""
    .EvenPage.LeftFooter.Text = ""
    .EvenPage.CenterFooter.Text = ""
    .EvenPage.RightFooter.Text = ""
    .FirstPage.LeftHeader.Text = ""
    .FirstPage.CenterHeader.Text = ""
    .FirstPage.RightHeader.Text = ""
    .FirstPage.LeftFooter.Text = ""
    .FirstPage.CenterFooter.Text = ""
    .FirstPage.RightFooter.Text = ""
End With
Application.PrintCommunication = True

```

```

Application.PrintCommunication = False
With ActiveSheet.PageSetup
    .PrintTitleRows = ""
    .PrintTitleColumns = ""
End With
Application.PrintCommunication = True
ActiveSheet.PageSetup.PrintArea = ""
Application.PrintCommunication = False
With ActiveSheet.PageSetup
    .LeftHeader = ""
    .CenterHeader = ""
    .RightHeader = ""
    .LeftFooter = ""
    .CenterFooter = ""
    .RightFooter = ""
    .LeftMargin = Application.InchesToPoints(0.7)
    .RightMargin = Application.InchesToPoints(0.7)
    .TopMargin = Application.InchesToPoints(0.75)
    .BottomMargin =
Application.InchesToPoints(0.75)
    .HeaderMargin =
Application.InchesToPoints(0.3)
    .FooterMargin = Application.InchesToPoints(0.3)
    .PrintHeadings = False
    .PrintGridlines = False
    .PrintComments = xlPrintNoComments
    .PrintQuality = 600
    .CenterHorizontally = False
    .CenterVertically = False
    .Orientation = xlLandscape
    .Draft = False
    .PaperSize = xlPaperA4
    .FirstPageNumber = xlAutomatic
    .Order = xlDownThenOver
    .BlackAndWhite = False
    .Zoom = False
    .FitToPagesWide = 0
    .FitToPagesTall = 1
    .PrintErrors = xlPrintErrorsDisplayed
    .OddAndEvenPagesHeaderFooter = False
    .DifferentFirstPageHeaderFooter = False
    .ScaleWithDocHeaderFooter = True
    .AlignMarginsHeaderFooter = True
    .EvenPage.LeftHeader.Text = ""
    .EvenPage.CenterHeader.Text = ""
    .EvenPage.RightHeader.Text = ""
    .EvenPage.LeftFooter.Text = ""
    .EvenPage.CenterFooter.Text = ""
    .EvenPage.RightFooter.Text = ""
    .FirstPage.LeftHeader.Text = ""
    .FirstPage.CenterHeader.Text = ""
    .FirstPage.RightHeader.Text = ""
    .FirstPage.LeftFooter.Text = ""
    .FirstPage.CenterFooter.Text = ""
    .FirstPage.RightFooter.Text = ""
End With
Application.PrintCommunication = True
Selection.PrintOut Copies:=1, Collate:=True
End Sub

```

Menu

```
Private Sub CommandButton3_Click()
```

```
UserForm7.Show
End Sub
```

Adicionar Intervenção

```

Private Sub btn_adicionar_int_Click()
If txt_referência <> "" And txt_dimensão = "" Then
MsgBox ("Para continuar adicione a dimensão da
respetiva Referência"), vbInformation, ("Erro")
End If
If txt_referência = "" Then
MsgBox ("Para continuar adicione uma Referência e
respetiva dimensão"), vbInformation, ("Erro")
End If
If txt_referência <> "" And txt_dimensão <> "" Then
If Range("N14") <> "" Then
Range("N14").Select
    Selection.EntireColumn.Insert ,
CopyOrigin:=xlFormatFromRightOrAbove
    Range("M18:M28").Select
    Selection.AutoFill Destination:=Range("M18:N28"),
Type:=xlFillDefault
    Range("M18:N28").Select
    Columns("M:M").Select
    Range("M10").Activate
    Range("M10").Select
    Selection.EntireColumn.Hidden = True
    Range("N14").Select
    Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle =
xlNone
    Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle =
xlNone
    With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
        .LineStyle = xlContinuous
        .ColorIndex = 0
        .TintAndShade = 0
        .Weight = xlMedium
    End With
    With Selection.Borders(xlEdgeTop)
        .LineStyle = xlContinuous
        .ColorIndex = 0
        .TintAndShade = 0
        .Weight = xlMedium
    End With
    With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
        .LineStyle = xlContinuous
        .ColorIndex = 0
        .TintAndShade = 0
        .Weight = xlMedium
    End With
    With Selection.Borders(xlEdgeRight)
        .LineStyle = xlContinuous

```

```

        .ColorIndex = 0
        .TintAndShade = 0
        .Weight = xlMedium
    End With
    Selection.Borders(xlInsideVertical).LineStyle =
xlNone
    Selection.Borders(xlInsideHorizontal).LineStyle =
xlNone
    Range("N15:N17").Select
    Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle =
xlNone
    Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle =
xlNone
    Selection.Borders(xlEdgeLeft).LineStyle = xlNone
    With Selection.Borders(xlEdgeTop)
        .LineStyle = xlContinuous
        .ColorIndex = 0
        .TintAndShade = 0
        .Weight = xlMedium
    End With
    With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
        .LineStyle = xlContinuous
        .ColorIndex = 0
        .TintAndShade = 0
        .Weight = xlThin
    End With
    With Selection.Borders(xlEdgeRight)
        .LineStyle = xlContinuous
        .ColorIndex = 0
        .TintAndShade = 0
        .Weight = xlThin
    End With
    Selection.Borders(xlInsideVertical).LineStyle =
xlNone
    With Selection.Borders(xlInsideHorizontal)
        .LineStyle = xlContinuous
        .ColorIndex = 0
        .TintAndShade = 0
        .Weight = xlThin
    End With
    Range("N14").Select
    Range("N14") = txt_referência.Value
    Range("N16") = txt_dimensão.Value
    Range("N15") = txt_duração.Value
    Range("N17") = txt_intuni.Value
    Dim i As Long
    For i = 20 To 200
    If Cells(i, "L") = "Preço c/ iva" Then
    Cells(i, "L").Select
    ActiveCell.Offset(1, 1).Range("A1:A13").Select
        Selection.AutoFill
    Destination:=ActiveCell.Range("A1:B13"), Type:= _
xlFillDefault
        ActiveCell.Range("A1:B13").Select
    End If
    Next i
    Dim x As Long
    For x = 1 To 100
    If Cells(x, "K") = "Total intervenções" Then
    Cells(x, "M").Select
    Selection.AutoFill
    Destination:=ActiveCell.Range("A1:B1"), Type:= _
xlFillDefault

```

```

        ActiveCell.Range("A1:B1").Select
        ActiveCell.Select
    End If
    Next x
    End If
    If Range("N14") = "" Then
    Range("N14") = txt_referência.Value
    Range("N16") = txt_dimensão.Value
    Range("N15") = txt_duração.Value
    Range("N17") = txt_intuni.Value
    End If
    End If
    End Sub

```

Adicionar Material

```

Private Sub btn_adicionar_Click()
    If txt_produto <> "" And txt_exist = "" Then
    MsgBox ("Para continuar adicione a quantidade"),
vbInformation, ("Erro")
    End If
    If txt_produto = "" Then
    MsgBox ("Não há nenhum material escolhido"),
vbInformation, ("Erro")
    End If
    If txt_produto <> "" And txt_exist <> "" Then
    Sheets("Orçamento").Select
    Dim x As Long
    For x = 18 To 1000
    If Cells(x, "K") = "Betão betuminoso(ton.)" Then
    Cells(x + 1, "K").EntireRow.Insert
    Cells(x + 1, "K") = txt_produto.Value
    Cells(x + 1, "L") = txt_preço.Value
    Cells(x + 1, "N").Select
    End If
    Next x
    Dim i As Long
    For i = 18 To 1000
    If Cells(i, "K") = "Betão betuminoso" Then
    Cells(i + 1, "K").EntireRow.Insert
    Cells(i + 1, "K") = txt_produto.Value
    Cells(i + 1, "L") = txt_unidade.Value
    Cells(i + 1, "N") = txt_exist.Value
    Cells(i, "K").Select
    End If
    Next i
    Dim w As Long
    For w = 18 To 1000
    If Cells(w, "K") = "Betão betuminoso(ton.)" Then
    Cells(w + 1, "K").Select
    ActiveCell.Offset(-1, 1).Range("A1").Select
        Selection.AutoFill
    Destination:=ActiveCell.Range("A1:A2"), Type:= _
xlFillDefault
        ActiveCell.Range("A1:A2").Select
        ActiveCell.Offset(1, 0).Range("A1").Select
    Cells(w + 1, "K").Select
    Cells(w + 1, "N") = txt_preço.Value * txt_exist.Value
    End If
    Next w
    End If
    End Sub

```

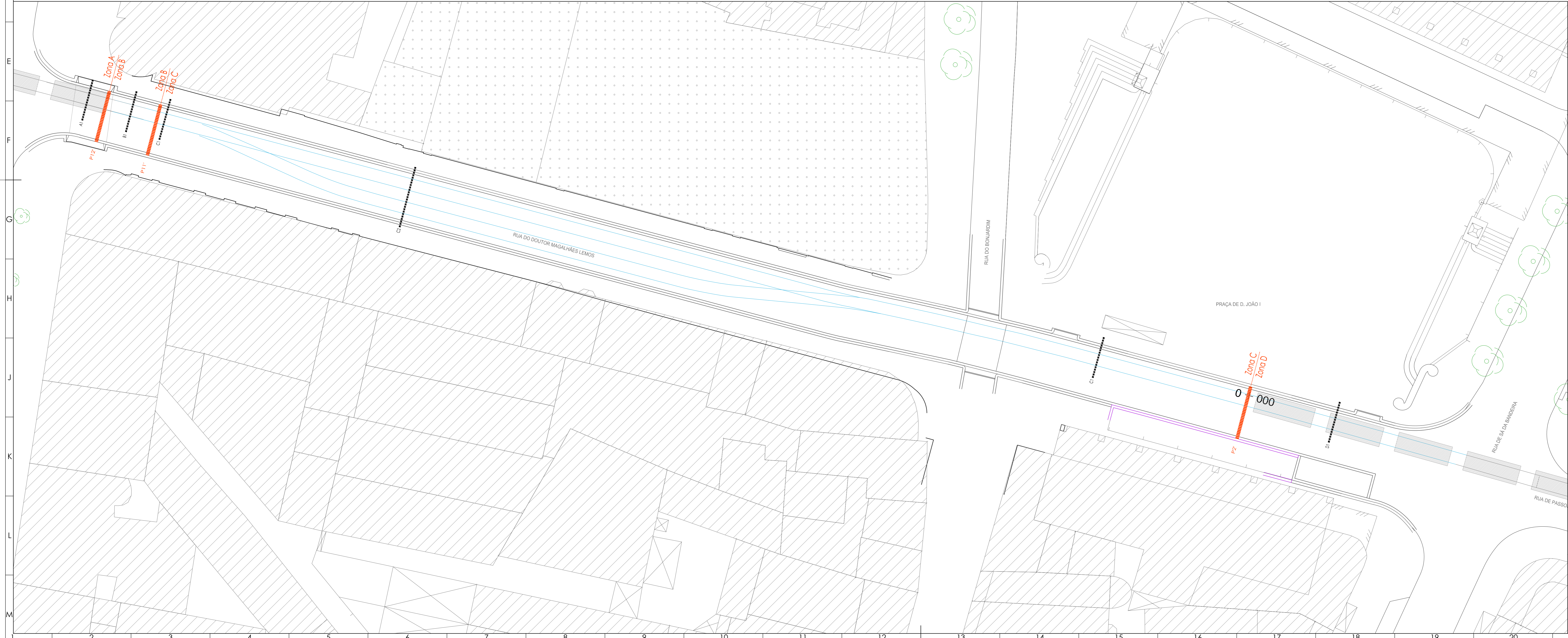
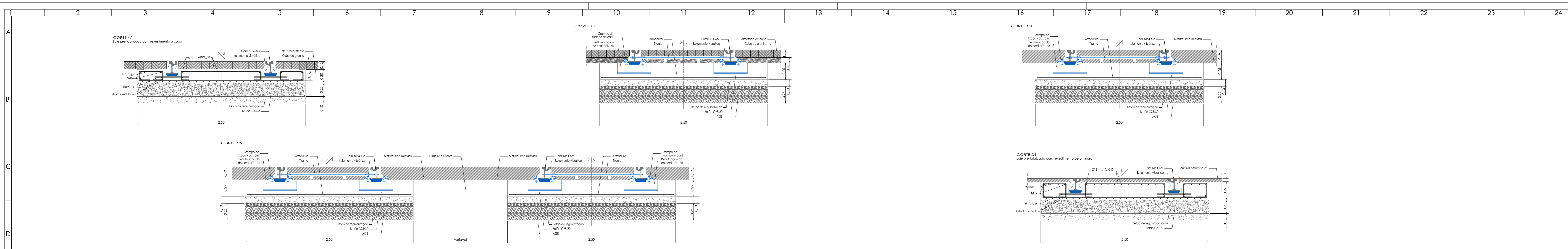
RELATÓRIO DE ESTÁGIO CÂMARA MUNICIPAL DO PORTO -
DMOIP

ANEXO C

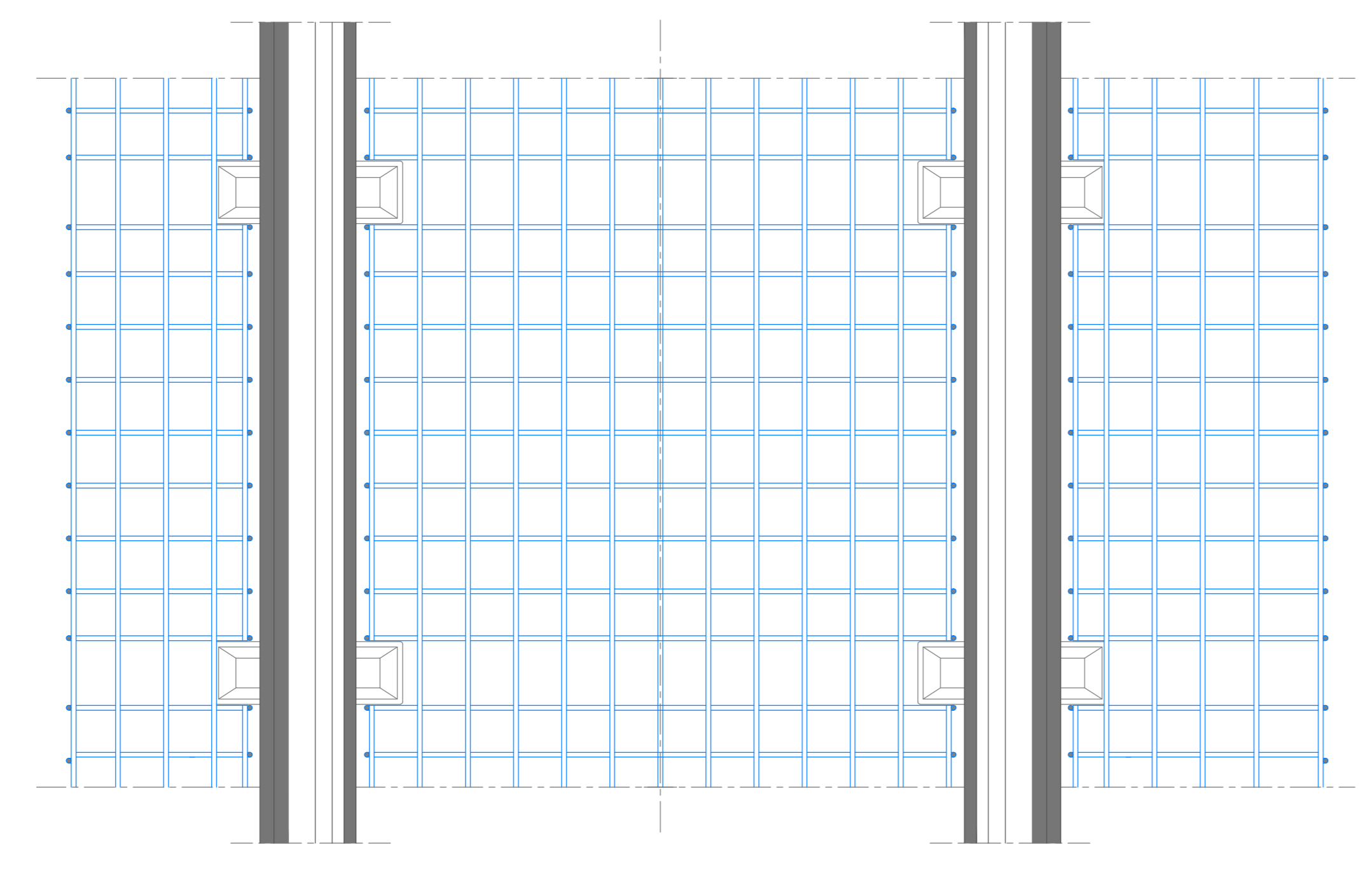
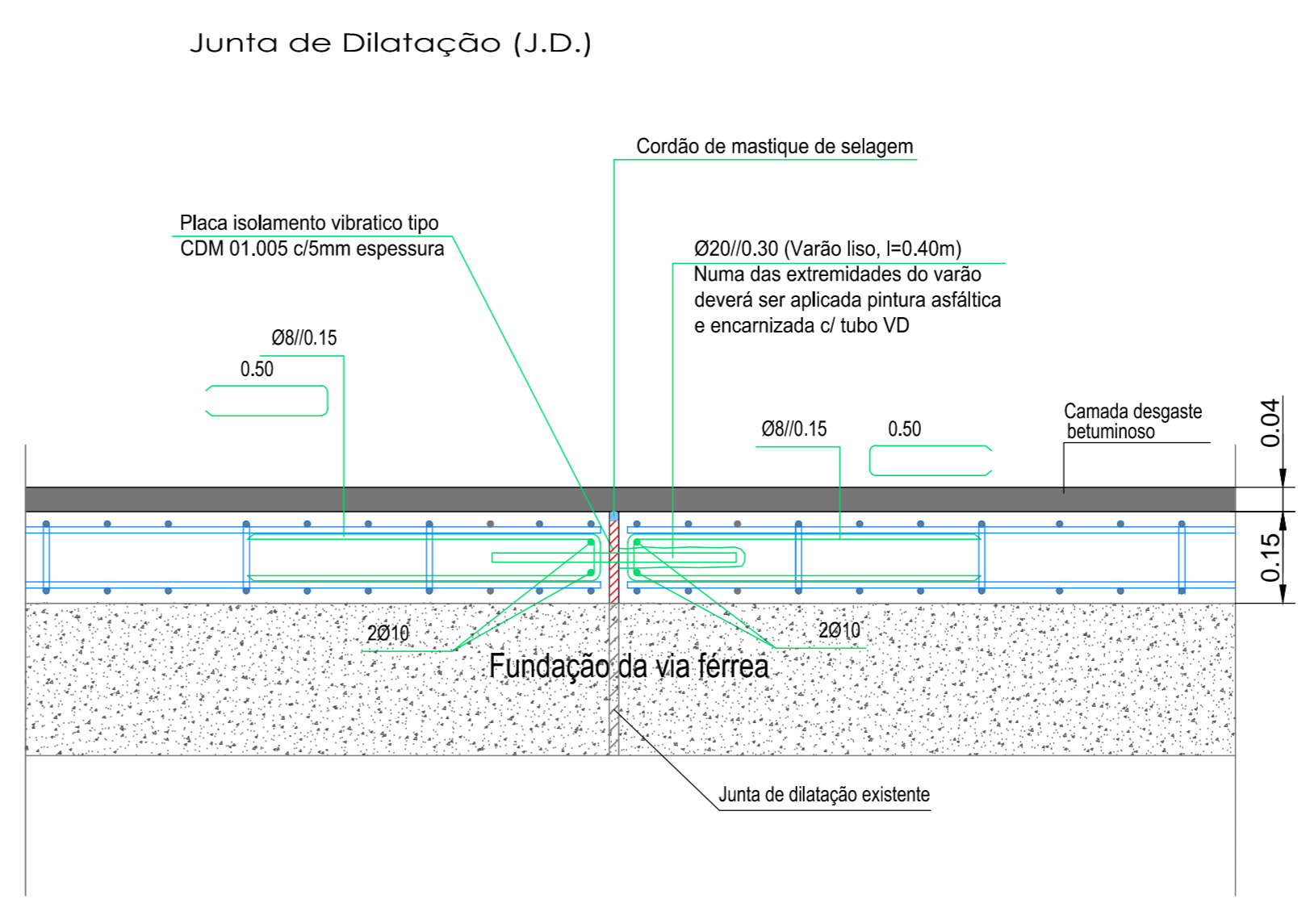
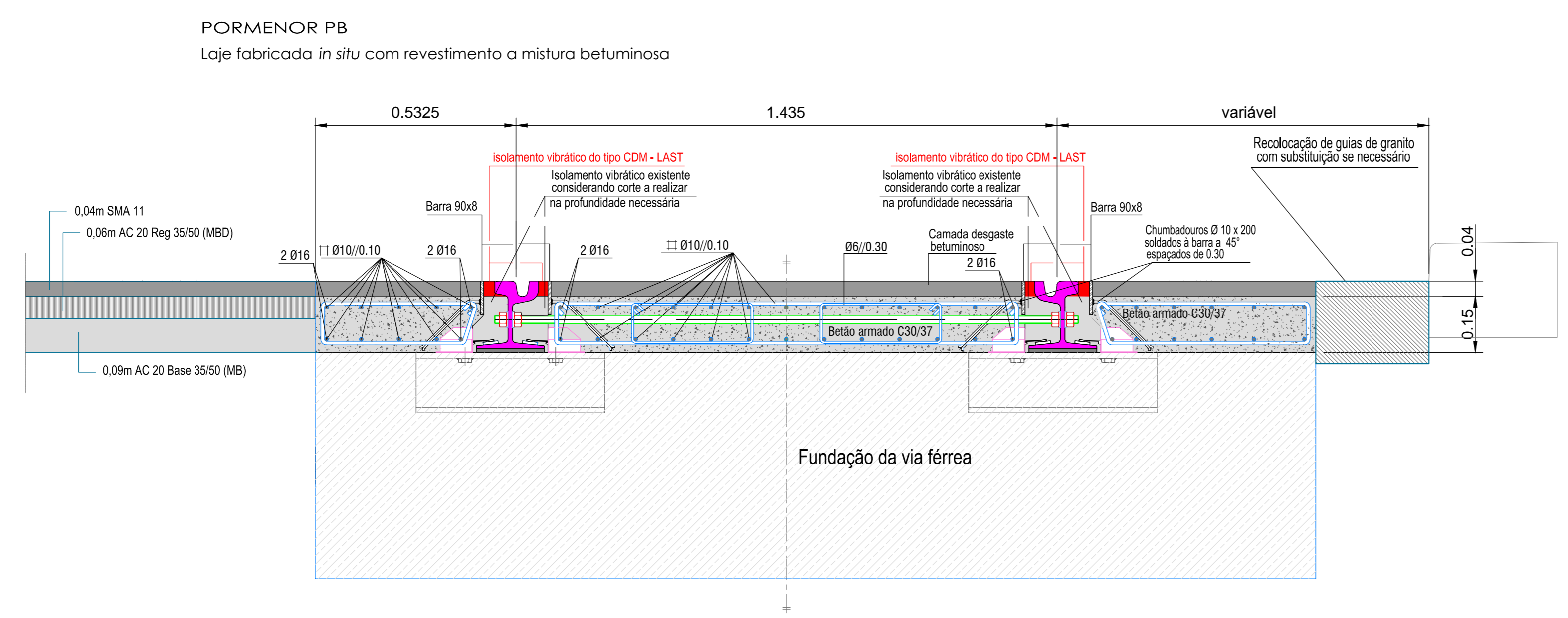
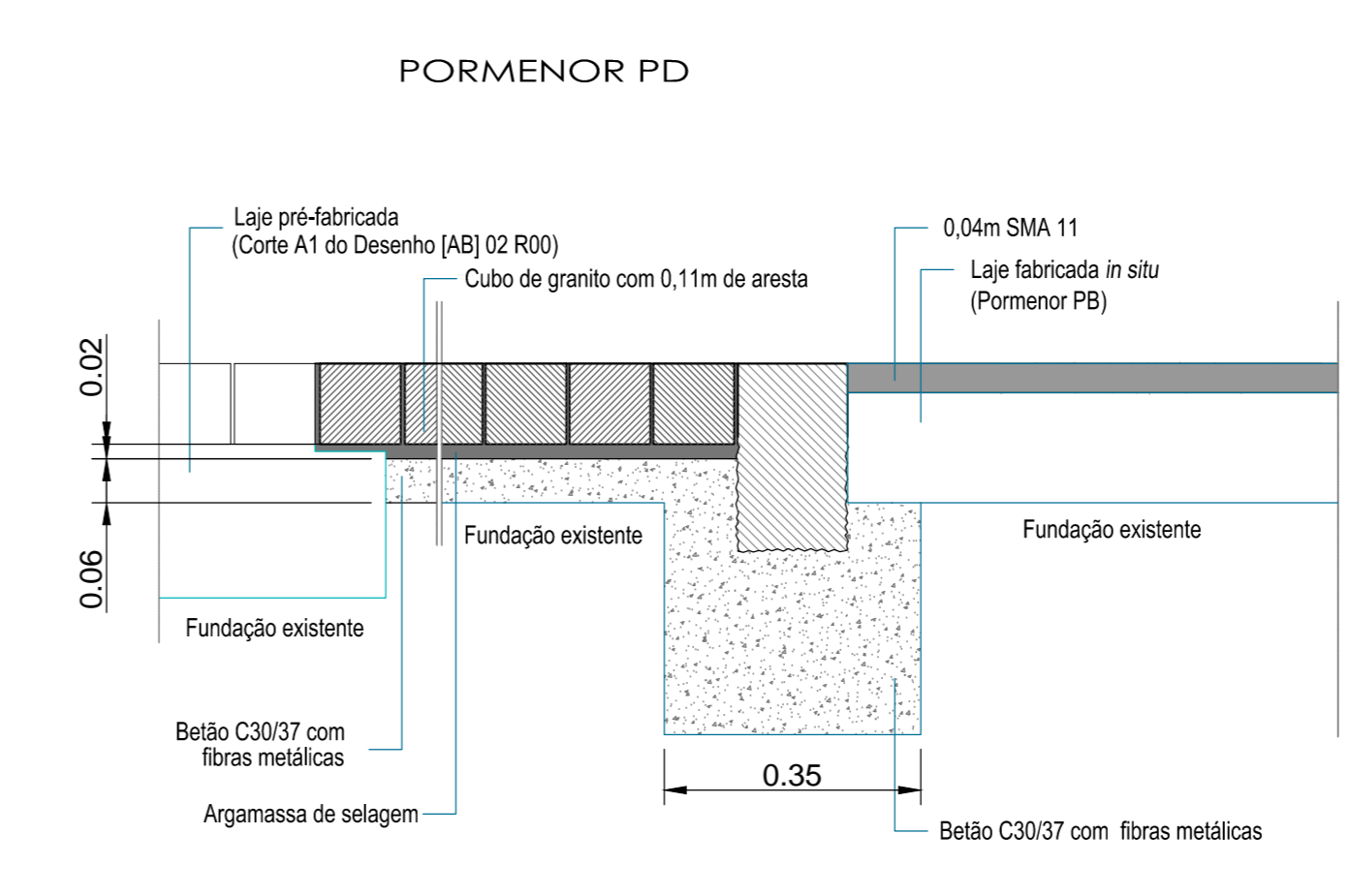
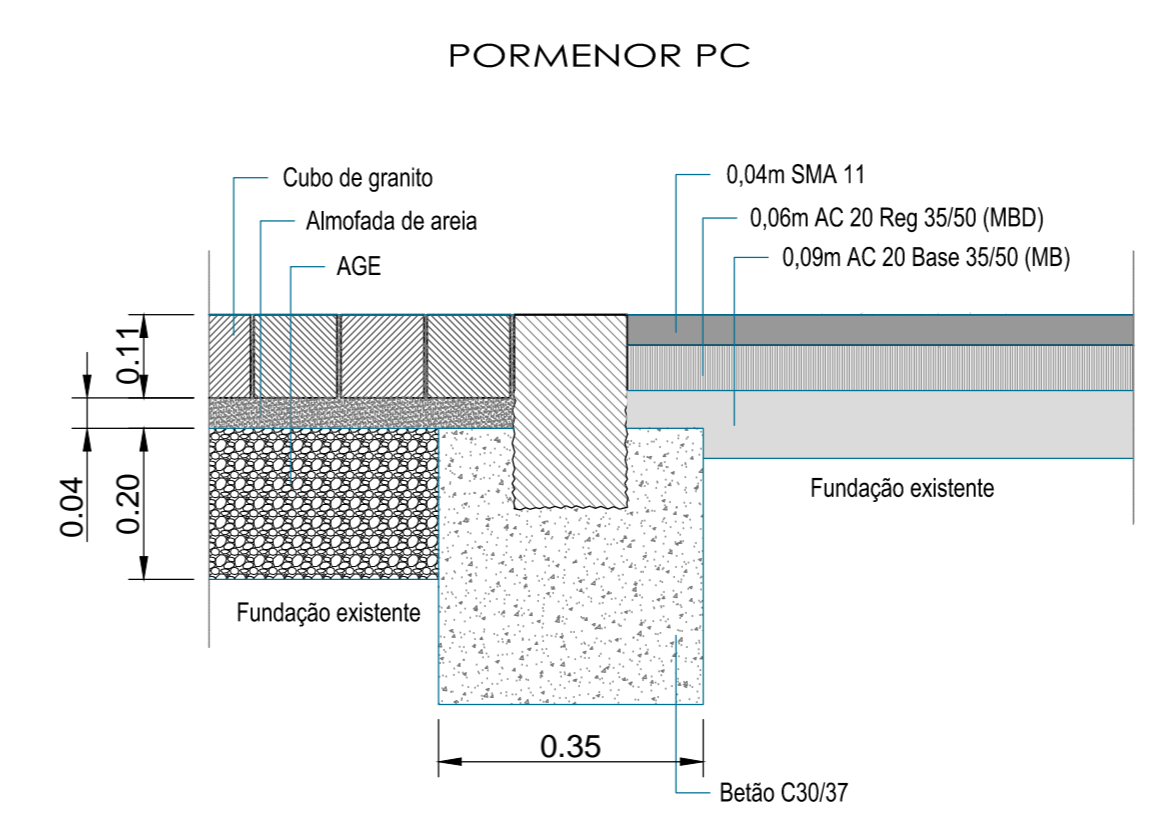
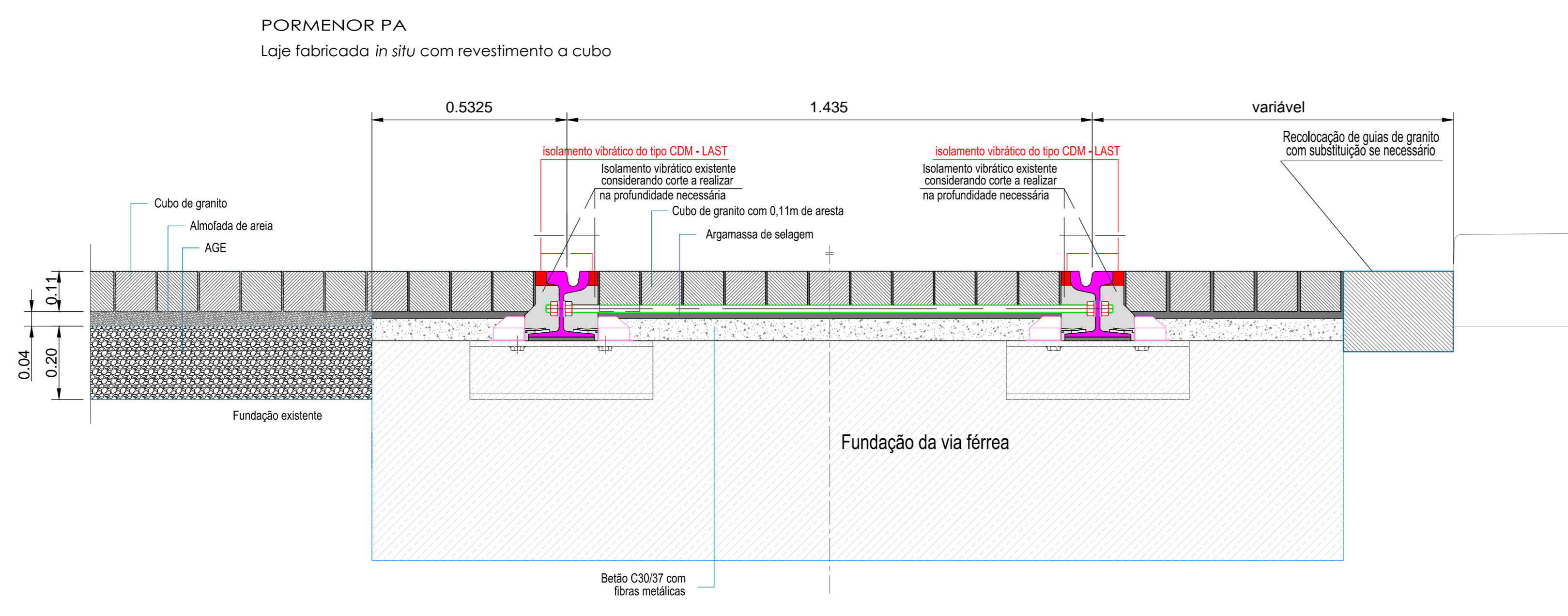
| Lista de Casos que o aluno colaborou |
|--|
| Orçamento |
| Alargamento Plataforma AEP |
| Alargamento de Passeios no Cruzamento da Rua Marechal Saldanha - Molhe |
| Alargamento de Passeios no Cruzamento da Rua Cândido de Sá de Albergaria - Diu |
| Melhoria Travessia de Peões Interseção Praça da República com a Rua do Almada |
| Alargamento de Passeios nos Cruzamentos Rua da Firmeza - Alegria e Dr. Alves da Veiga |
| Colocação Balizas de Posição Alameda Basílio Teles |
| Beneficiação Rua de Cadouços com a Rua Senhora da Luz |
| Acompanhamento/Fiscalização de Obras |
| Beneficiação do pavimento e alteração da via-férrea na Rua Dr. Magalhães Lemos |
| Colocação de Infraestruturas -Águas Pluviais - Rua do Heroísmo |
| Obras de renovação do interceptor marginal e de requalificação da Avenida Gustavo Eiffel |
| Ligação à Travessa da Costibela |
| Via de Atravessamento dos bairros Nova Pasteleira e Pinheiro Torres |
| Projeto - Dimensionamento de Pavimentos |
| Rua da Maternidade |
| Rua de Santo Ildefonso |
| Projeto - Orçamento/Planeamento - Obra |
| Melhoria da Acessibilidade Largo Soares dos Reis |
| Rebaixamento de acesso a travessia Pátio do Bolhão |
| Colocação de equipamento sanitário na Rua de Costa Cabral |
| Melhoria da Acessibilidade Cruzamento Rua de Sá Albergaria - Rua de Pero de Alenquer |
| Melhoria da Acessibilidade Cruzamento Rua Diogo Botelho - Rua do Carvalho |
| Reperfilamento da Rua Dr. António Coelho |
| Construção de refúgio Rua Faria Guimarães |
| Melhoria da Acessibilidade Cruzamento Rua Moreira da Assunção - Rua do Paraíso |
| Projeto - Orçamento/Planeamento - Execução posterior a Julho de 2015 |
| Rebaixamento de acesso a travessia Rua da Escola Normal |
| Beneficiação dos acessos pedonais Rua da Regeneração |
| Melhoria da Acessibilidade Cruzamento Rua Gonçalo Cristóvão - Rua de Camões |
| Beneficiação dos acessos pedonais Rua Sport Comércio de Salgueiros |

RELATÓRIO DE ESTÁGIO CÂMARA MUNICIPAL DO PORTO -
DMOIP

ANEXO D



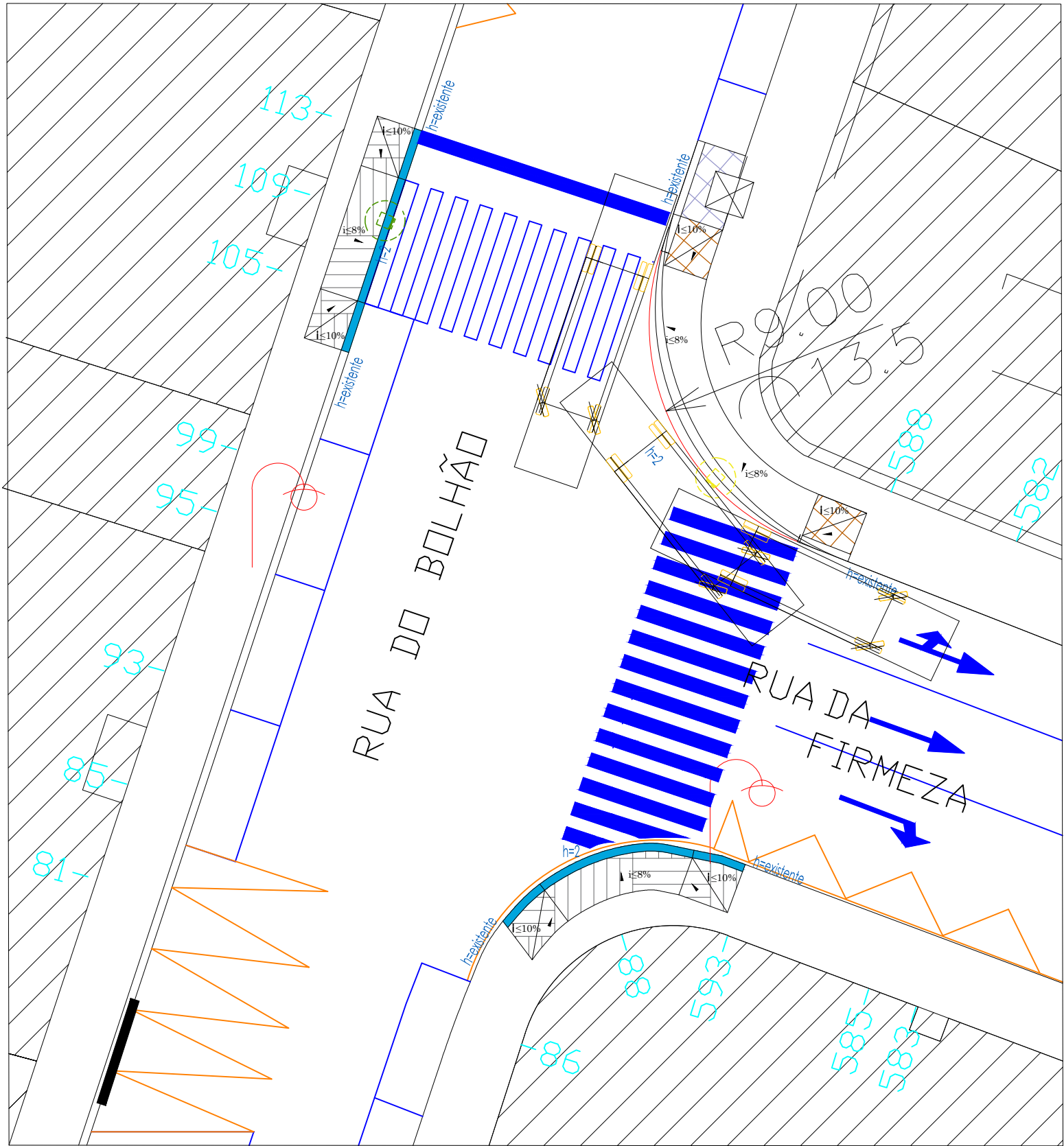
| | | | | |
|--|----------|---|---------------|-------------------------------------|
| <p>PORTO Câmara Municipal</p> | PROJETO | 93375/13/01P | DESENVOLVIDOR | João Neves, Eng ^o |
| | PROJETO | BENEFICIAÇÃO DO PAVIMENTO E ALTERAÇÃO DA VIA FERREÁ NA RUA DO DR. MAGALHÃES LEMOS | PROJETISTA | Susana Figueiredo, Eng ^o |
| | PROJETO | PROJETO DE EXECUÇÃO | REVISOR | Susana Figueiredo, Eng ^o |
| | PROJETO | PEÇAS GÉNICAS | REVISOR | Miguel Baura |
| | OPERAÇÃO | ESTRUTURAS DO PAVIMENTO EXISTENTES | ESCALA | 1:200 / 1:20 |
| | | | DATA | 12 MAI 2014 |
| | | | PROJETO | 157118_14 |
| | | | REV. DATA | 02 JUN 2014 |



| | | | | |
|--|-----------|---|-----------|---|
| <p>PORTO Câmara Municipal</p> <p>SECRETARIA MUNICIPAL DE GESTÃO DA URBANIZAÇÃO, OBRAS PÚBLICAS E MOBILIDADE</p> | PROJETO | 03375/13/OMP | DESENHADO | João Neves, Eng ^o |
| | OBJETO | BENEFICIAÇÃO DO PAVIMENTO E ALTERAÇÃO DA VIA FÉRREA NA RUA DO DR. MAGALHÃES LEMOS | PROJETO | Suzana Figueiredo, Eng ^o Sandra Santana, Eng ^o Miguel Sousa |
| | ESCALA | PROJETO DE EXECUÇÃO | DATA | 1.10 14.MAI.2014 |
| | DESCRIÇÃO | PAVIMENTAÇÕES | PROJETO | 1.57118.14 |
| | REVISÃO | PORMENORES | DATA | 04.R00 |

RELATÓRIO DE ESTÁGIO CÂMARA MUNICIPAL DO PORTO -
DMOIP

ANEXO E



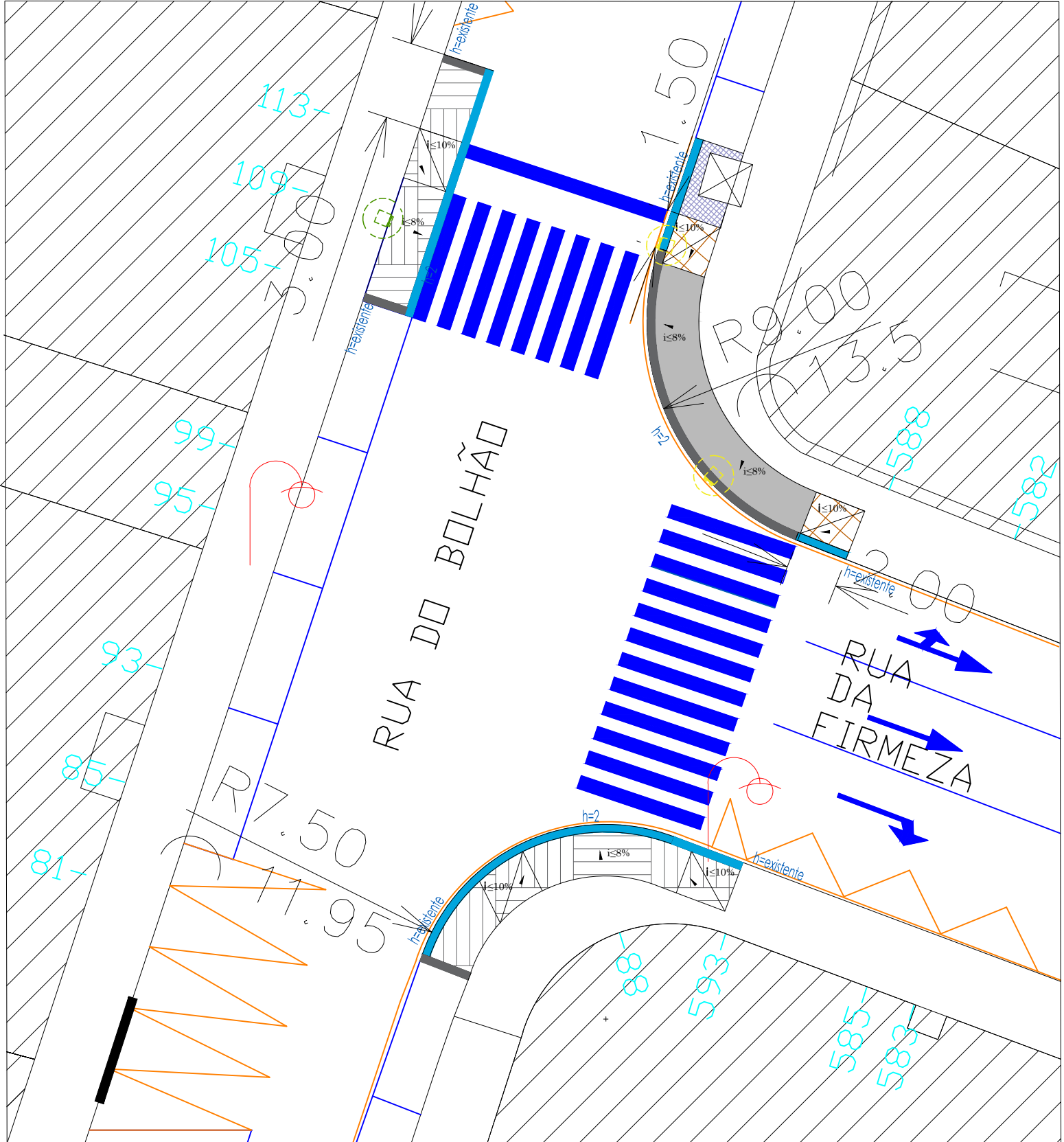
Projeto: Rebaixamento Acessos a
 Passadeiras Cruzamento Rua
 do Bolhão-Rua da Firmeza -
 Análise Raios de Viragem

Escala Planta:



1:200

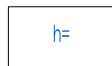
Data:

28/04/2015





LEGENDA
PAVIMENTAÇÕES

-  Betonilha esquadrelada
-  Betonilha lisa
-  Betonilha esquadrelada - nivelamento e camada de desgaste
-  Calçada - calcário/basalto
-  Lancil de Granito com 0,30m de piso (LG30) - recuperado
-  Lancil de Granito com 0,30m de piso (LG30) - Novo

 h= Altura do espelho do lancil (em centímetros)

DRENAGEM AP

-  Sarjeta boca de lobo a repositonar a montante
-  Sarjeta boca de lobo a substituir por Pia sinfónica

Projeto: Rebaixamento Acessos a
Passadeiras Cruzamento Rua
do Bolhão-Rua da Firmeza -
Proposta C

Escala Planta:

1:200

Data:

30/04/2015

RELATÓRIO DE ESTÁGIO CÂMARA MUNICIPAL DO PORTO -
DMOIP

ANEXO F

Emanuel Sousa Silva

De: Susana Maria da Silva Pinto Moreira Figueiredo
Enviado: quinta-feira, 11 de Junho de 2015 10:20
Para: Emanuel Sousa Silva
Assunto: FW: Rua Coelho Neto - Santo Ildefonso

Com os melhores cumprimentos

Susana Figueiredo
Técnica Superior



Divisão Municipal de Mobilidade
Praça General Humberto Delgado, 5º
4049-001 Porto
T: +351 22 209 70 00 | ext. 2421



De: Carlos Eurico Martins Ferreira
Enviada: quarta-feira, 15 de Abril de 2015 10:47
Para: Susana Maria da Silva Pinto Moreira Figueiredo
Assunto: FW: Rua Coelho Neto - Santo Ildefonso

Cumprimentos,

Eurico Ferreira
Técnico Superior



Divisão Municipal de Mobilidade
Praça General Humberto Delgado, 5º | 4049-001 Porto
tel.: +351 22 209 70 00 | ext. 2553
euricoferreira@cm-porto.pt



De: Carlos Eurico Martins Ferreira
Enviada: sexta-feira, 25 de Julho de 2014 16:29
Para: Maria João Barbosa de Montenegro
Assunto: Rua Coelho Neto - Santo Ildefonso

Boa tarde, Maria João:
 Peço desculpa, mas só agora tive algum tempo para responder.
 Se necessitares de algum esclarecimento, dispõe.
 Entretanto, já solicitei à STCP os dados da procura na paragem “manhosa” do Largo do Padrão/Coelho Neto.

Linhas Urbanas:

| Operador | ID Linha | frequência |
|----------|----------|---------------------|
| STCP | 302 | 3,5 autocarros/hora |

Localização de paragens:



Linhas sub urbanas, regionais e nacionais (operadores privados)

| ID Operador | ID Linha | n.º circulações/dia | observações |
|--------------------|-------------------|---------------------|---|
| A.V. Tâmega | Chaves - Porto | 7 | Coelho Neto - Santo Ildefonso – Praça dos Poveiros |
| Santos / Rodonorte | Vila Real - Porto | 28 | Santo Ildefonso – só a partir do cruzamento da rua da Alegria |
| Santos / Rodonorte | Bragança - Porto | 15 | Santo Ildefonso – só a partir do cruzamento da rua da Alegria |
| Santos / Rodonorte | Chaves - Porto | 9 | Santo Ildefonso – só a partir do cruzamento da rua da Alegria |
| Santos / Rodonorte | Murça - Porto | 7 | Santo Ildefonso – só a partir do cruzamento da rua da Alegria |
| Santos / Rodonorte | Vila Flor - Porto | 2 | Santo Ildefonso – só a partir |

| | | | |
|-----------------|----------------------|--------------------|---|
| | | | do cruzamento da rua da Alegria |
| Transdev | Braga - Porto | 9 | Santo Ildefonso – só a partir do cruzamento da rua da Alegria |
| Transdev | Fafe - Porto | 14 | Santo Ildefonso – só a partir do cruzamento da rua da Alegria |
| Joalto | Marco - Porto | 8 | Coelho Neto - Santo Ildefonso – Praça dos Poveiros |
| Joalto | Paços Gaiolo - Porto | 12 | Coelho Neto - Santo Ildefonso – Praça dos Poveiros |
| Joalto | Mesão Frio - Porto | 5 | Coelho Neto - Santo Ildefonso – Praça dos Poveiros |
| Joalto | Eiriz - Porto | 4 | Coelho Neto - Santo Ildefonso – Praça dos Poveiros |
| | | TOTAL = 120 | |

Cumprimentos,



Eurico Ferreira
Técnico Superior

Divisão Municipal de Mobilidade
Praça General Humberto Delgado, 5º | 4049-001 Porto
tel.: +351 22 209 70 00 | ext. 2343
euricoferreira@cm-porto.pt



Alize-Lcpc - Design of pavement structures
according to the French Lcpc-Setra rational method

Description of the calculation

- data Structure : direct input
- file origin C:\...\Thesis\sto ildefonso.dat
- title of the study no title

- load data :

- special dual-wheel (not the French standard one), weight 038,585 kN
- vertical pressure : 0,5570 MPa
- contact radius : 0,1050 m
- dual-wheel spacing: 0,3150 m

units: m, MN and MPa; strains in μ strain; deflection in mm/100

Table 1 (synthesis):

major main traction stresses in the horizontal plane XoY and major main compression stresses along the vertical ZZ axis; maximal deflection

| level comput. | EpsilonT horizontal | SigmaT horizontal | EpsilonZ vertical | SigmaZ vertical |
|--|------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| ----- <i>surface (z=0.000)</i> ----- | | | | |
| th= 0,050 m 0,000m Yg= 5570,0 MPa nu= 0,350 0,050m | 53,3 | 0,583 | -42,0 | 0,554 |
| | 20,3 | 0,377 | 26,0 | 0,480 |
| ----- <i>bonded (z=0,050m)</i> ----- | | | | |
| th= 0,060 m 0,050m Yg= 6200,0 MPa nu= 0,350 0,110m | 20,3 | 0,418 | 20,6 | 0,480 |
| | -29,3 | -0,165 | 50,2 | 0,225 |
| ----- <i>bonded (z=0,110m)</i> ----- | | | | |
| th= 0,070 m 0,110m Yg= 6400,0 MPa nu= 0,350 0,180m | -29,3 | -0,171 | 49,5 | 0,225 |
| | -113,9 | -0,988 | 105,4 | 0,037 |
| ----- <i>bonded (z=0,180m)</i> ----- | | | | |
| th= 0,250 m 0,180m Yg= 120,0 MPa nu= 0,350 0,430m | -113,9 | 0,001 | 292,4 | 0,037 |
| | -120,1 | -0,011 | 220,6 | 0,019 |
| ----- <i>bonded (z=0,430m)</i> ----- | | | | |
| th. infinite 0,430m Yg= 60,0 MPa nu= 0,450 | -120,1 | 0,003 | 268,5 | 0,019 |

Maximal deflection =38,9 mm/100 (dual-wheel center)
Curvature radius =546,6 m (dual-wheel center)

Alize-Lcpc - Design of pavement structures
according to the French Lcpc-Setra rational method

Description of the calculation

- data Structure : direct input
- file origin C:\...\Thesis\sto ildefonso.dat
- title of the study no title

- load data :

- special dual-wheel (not the French standard one), weight 038,585 kN
- vertical pressure : 0,5570 MPa
- contact radius : 0,1050 m
- dual-wheel spacing: 0,3150 m

units: m, MN and MPa; strains in μ strain; deflection in mm/100

Table 1 (synthesis):

major main traction stresses in the horizontal plane XoY and major main compression stresses along the vertical ZZ axis; maximal deflection

| level comput. | EpsilonT horizontal | SigmaT horizontal | EpsilonZ vertical | SigmaZ vertical |
|--|------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| ----- <i>surface (z=0.000)</i> ----- | | | | |
| th= 0,050 m 0,000m Yg= 5570,0 MPa nu= 0,350 0,050m | 49,4 | 0,540 | -35,5 | 0,554 |
| ----- <i>bonded (z=0,050m)</i> ----- | | | | |
| th= 0,060 m 0,050m Yg= 6200,0 MPa nu= 0,350 0,110m | 19,8 | 0,371 | 27,6 | 0,485 |
| ----- <i>bonded (z=0,110m)</i> ----- | | | | |
| th= 0,080 m 0,110m Yg= 6400,0 MPa nu= 0,350 0,190m | -23,2 | -0,103 | 46,5 | 0,242 |
| ----- <i>bonded (z=0,190m)</i> ----- | | | | |
| th= 0,250 m 0,190m Yg= 120,0 MPa nu= 0,350 0,440m | -23,2 | -0,108 | 45,7 | 0,242 |
| ----- <i>bonded (z=0,440m)</i> ----- | | | | |
| th. infinite 0,440m Yg= 60,0 MPa nu= 0,450 | -106,1 | -0,918 | 98,0 | 0,033 |
| ----- <i>bonded (z=0,440m)</i> ----- | | | | |
| th. infinite 0,440m Yg= 60,0 MPa nu= 0,450 | -106,1 | 0,000 | 268,5 | 0,033 |
| ----- <i>bonded (z=0,440m)</i> ----- | | | | |
| th. infinite 0,440m Yg= 60,0 MPa nu= 0,450 | -110,7 | -0,010 | 204,3 | 0,018 |
| ----- <i>bonded (z=0,440m)</i> ----- | | | | |
| th. infinite 0,440m Yg= 60,0 MPa nu= 0,450 | -110,7 | 0,003 | 248,5 | 0,018 |

Maximal deflection =37,2 mm/100 (dual-wheel center)
Curvature radius =598,8 m (dual-wheel center)



LEGENDA

-  0,05m B8
-  0,25m AGEd + 0,08m MB + 0,04m MBD + 0,05m B8
-  Cubo + duas fiadas de paralelepípedo de granito
-  Lojeados de granito
-  Betonilha esquadrelada
-  Betonilha e esquadrelada com fundação reforçada
-  Microcubo de granito
-  Microcubo de granito (camada de desgaste)
-  Cubo + duas fiadas de paralelepípedo de calcário
-  Microcubo de calcário
-  Microcubo de calcário (camada de desgaste)
-  Lancel de granito com 0,15m de piso, sem gaiivê (LG.15)
-  Lancel de granito com 0,20m de piso, sem gaiivê (LG.20)
-  Lancel de granito com 0,20m de piso (existente)
-  Lancel de granito com 0,30m de piso (LG.30g)
-  Lancel de granito com 0,30m de piso, sem gaiivê (LG.30) reboivado em zonas de travessia de peões
-  Lancel de granito com 0,30m de piso (existente)
-  Guia de granito com 0,30m de piso (G.30)
-  Guia de granito com 0,30m de piso (G.30a)
-  Guia de granito com 0,30m de piso (G.30p)
-  Guia de granito com 0,32m de piso (G.32)
-  Guia de granito com 0,32m de piso (G.32a)
-  Guia de granito com 0,15m de piso (G.15)
-  Rampa de granito (RG.32)
-  Rampa de granito (RG.32a)
-  Peças especiais parmenorizadas



Departamento Municipal de Gestão da Via Pública
 Departamento Municipal de Gestão da Via Pública
 Divisão Municipal de Mobilidade

| | | | |
|---------------|---|------------|--------------------------|
| PROCESSO | NUD 172170/13CMP | PROJETO | Susana Figueiredo, Eng.ª |
| PROJETO | BENEFICIAÇÃO DA RUA DA ALEGRIA (entre a Rua Formosa e a Rua de Santo Ildefonso) e DA RUA DE SANTO ILDEFONSO (entre o Largo do Padrão e a Praça dos Poveiros) - Fase 1 | DESENHO | Miguel Boura |
| SUBSTITUI | | ESCALAS | 1:500 |
| DATA | 28.MAI.2015 | ID PROJETO | I 172170 13 |
| ESPECIALIDADE | PAVIMENTAÇÕES | ID FOLHA | 14 R00 |
| RESERVAÇÃO | PLANTA DE PAVIMENTAÇÕES | | |

RELATÓRIO DE ESTÁGIO CÂMARA MUNICIPAL DO PORTO -
DMOIP

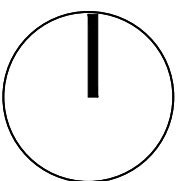
ANEXO G



LEGENDA



Zona de intervenção

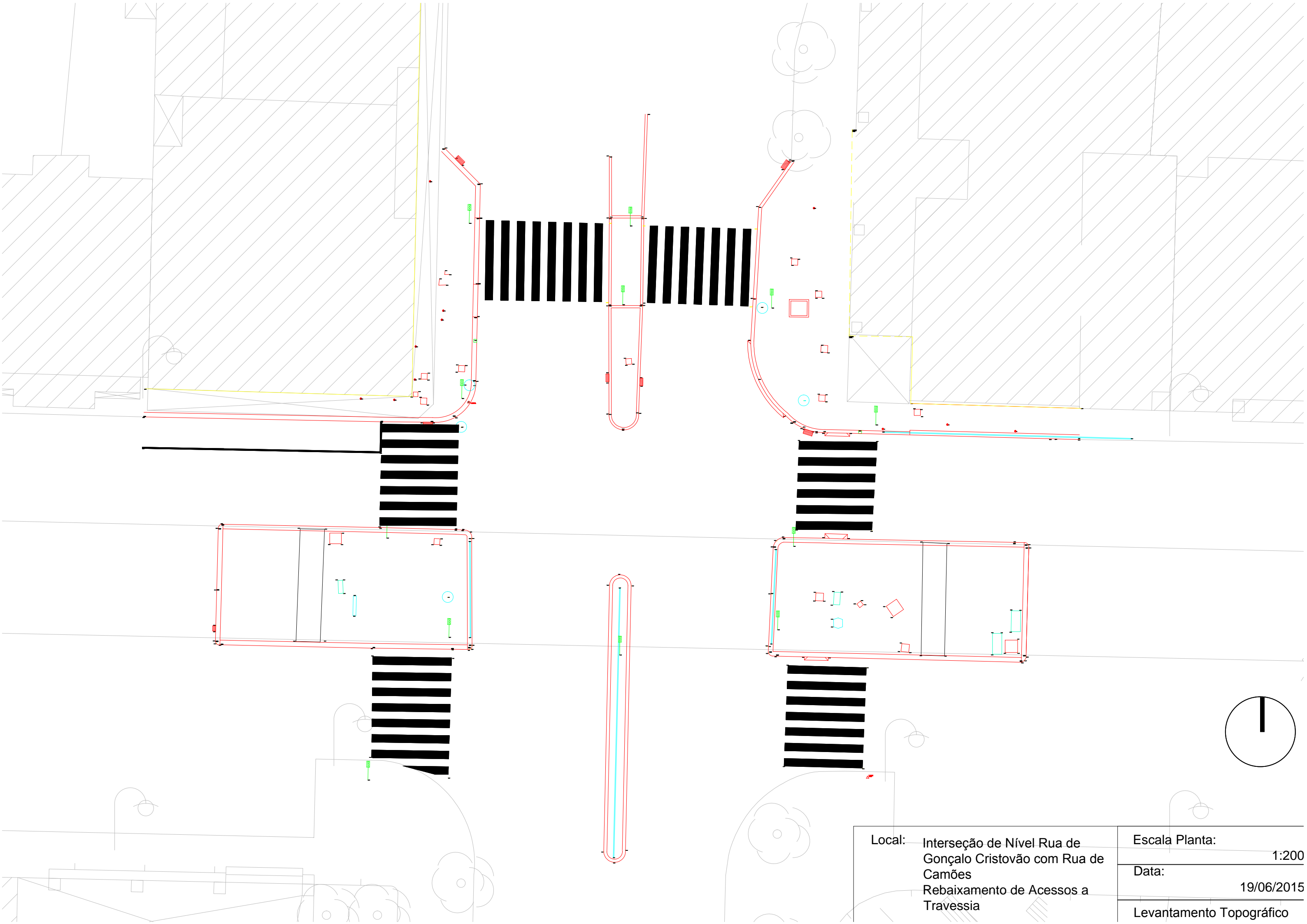


Local: Interseção de Nível Rua de
Gonçalo Cristovão com Rua de
Camões
Rebaixamento de Acessos a
Travessia

Escala Planta: 1:2000

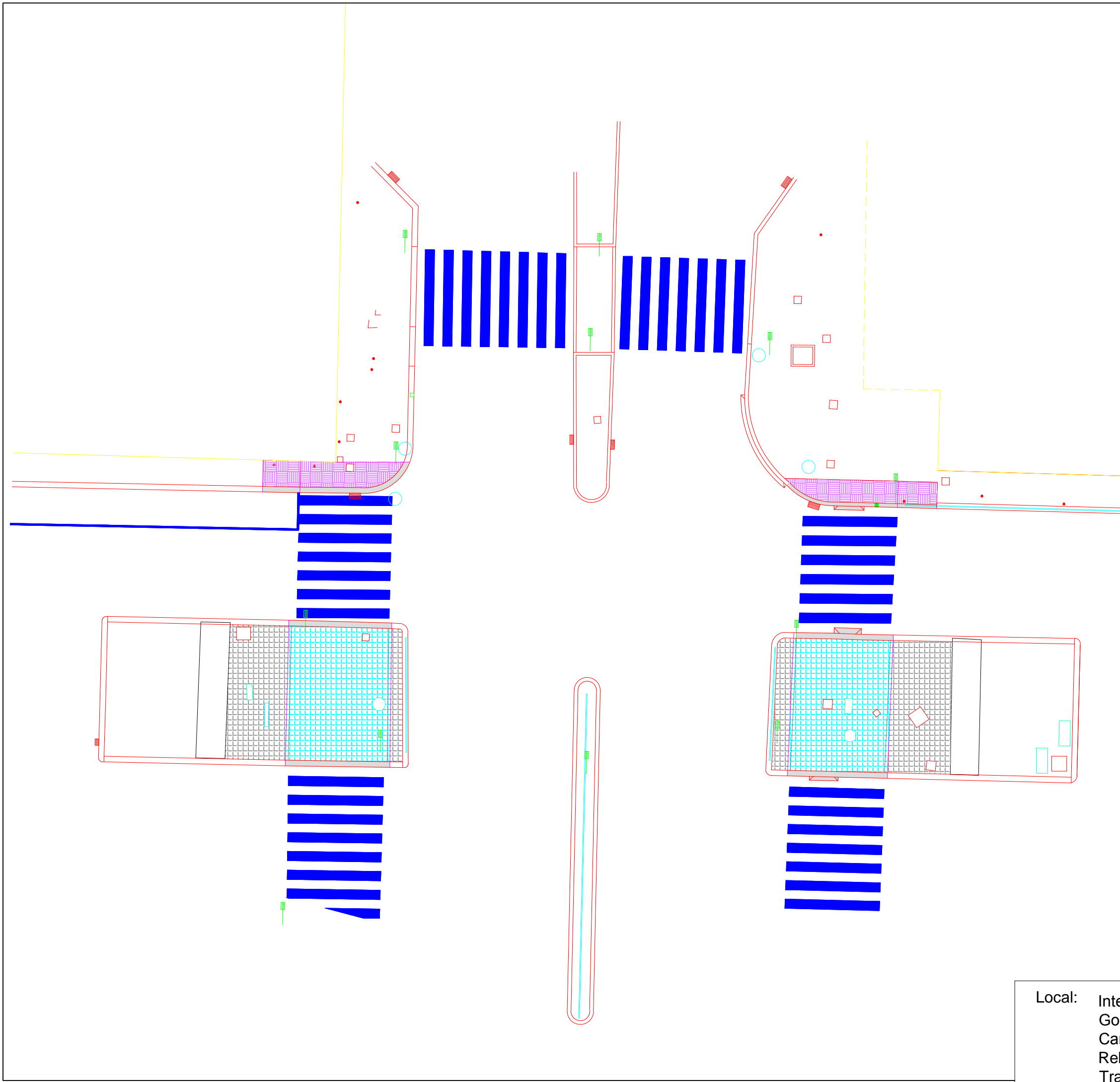
Data: 21/06/2015

Localização Relativa

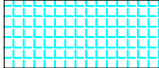
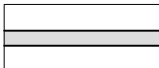





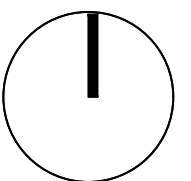
Local: Interseção de Nível Rua de
 Gonçalo Cristovão com Rua de
 Camões
 Rebaixamento de Acessos a
 Travessia

| | |
|--------------------------|------------|
| Escala Planta: | 1:200 |
| Data: | 19/06/2015 |
| Levantamento Topográfico | |



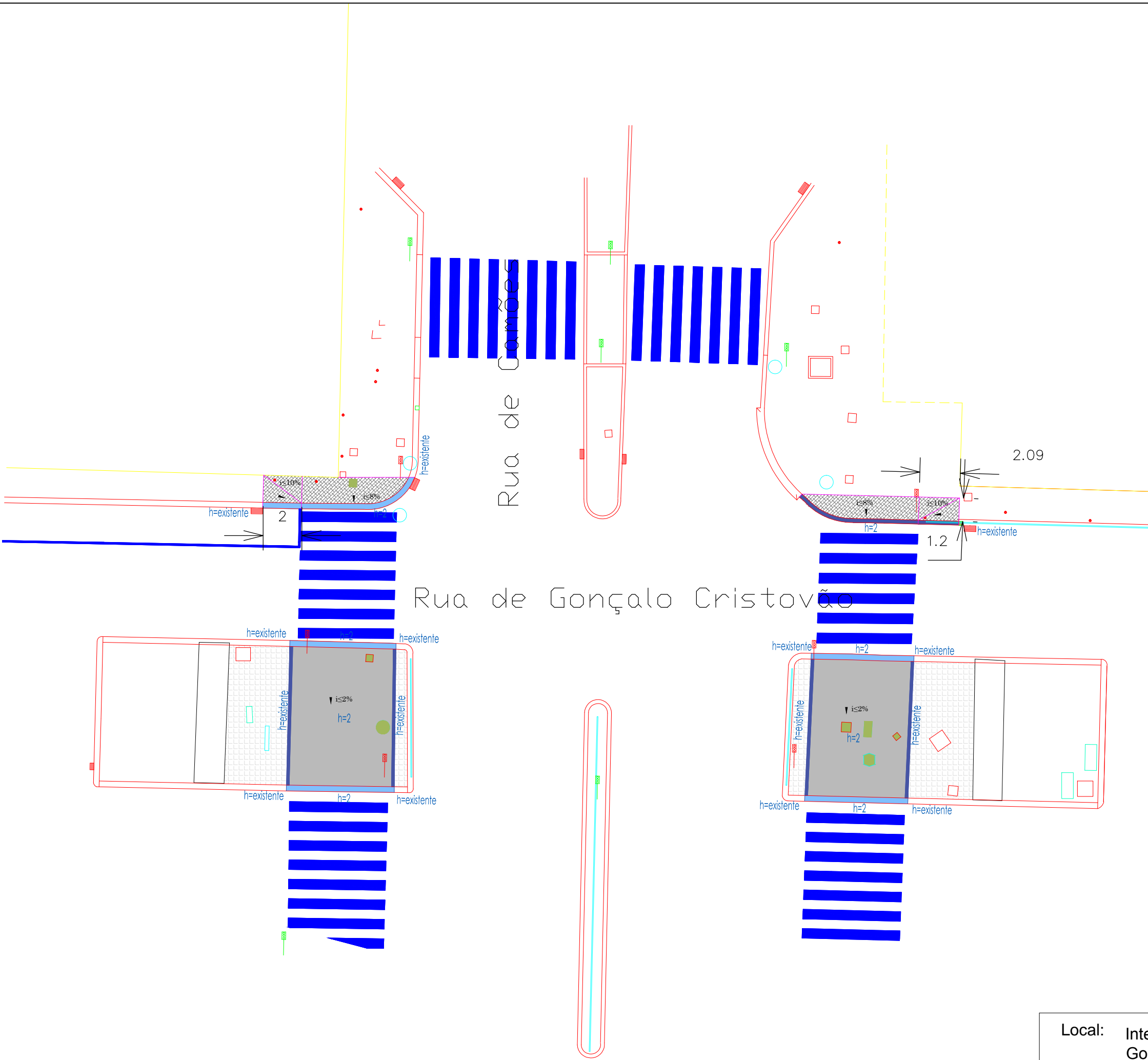
LEGENDA

-  Levantamento Pavimento Betonilha
-  Levantamento Lancil Granito/Rampa 30cm de piso
-  Levantamento Pavimento Betonilha - Camada de Desgaste
-  Levantamento Pavimento Calcário/Basalto
-  Levantamento Infraestruturas


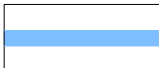





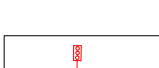


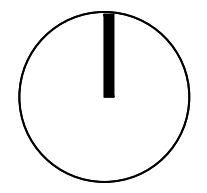
Local: Interseção de Nível Rua de
Gonçalo Cristovão com Rua de
Camões
Rebaixamento de Acessos a
Travessia

Escala Planta: 1:200
Data: 19/06/2015
Planta de Levantamentos



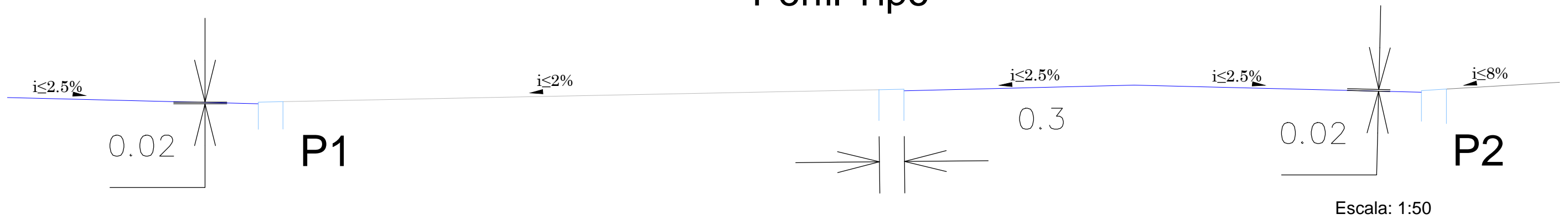
LEGENDA

-  Pavimento Betão Liso
-  Lancil Granito 30cm de piso
-  Lancil Granito 20cm de piso
-  Pavimento Betonilha - Camada de Desgaste
-  Pavimento Calcário/Basalto - C/ desenhos
-  Nivelamento/Colocação Infraestruturas e Acessórios
-  Relocalização Sarjetas
-  Semáforos a Rebaixar



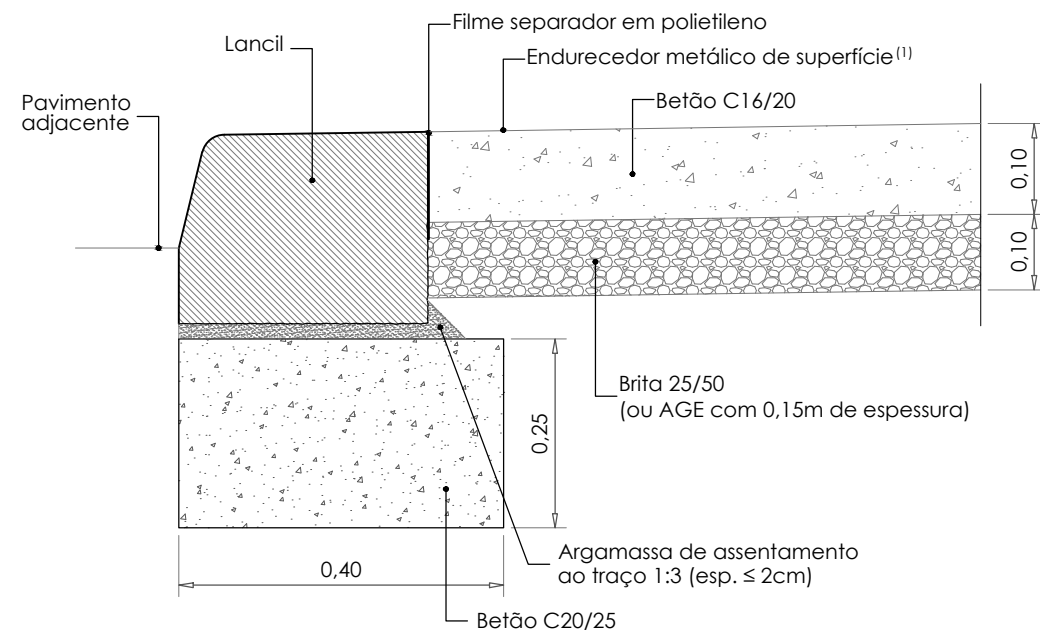
| | | |
|--|----------------------|------------|
| <p>Local: Interseção de Nível Rua de Gonçalo Cristovão com Rua de Camões Rebaixamento de Acessos a Travessia</p> | Escala Planta: | 1:200 |
| | Data: | 21/06/2015 |
| | Planta de Pavimentos | |

Perfil Tipo

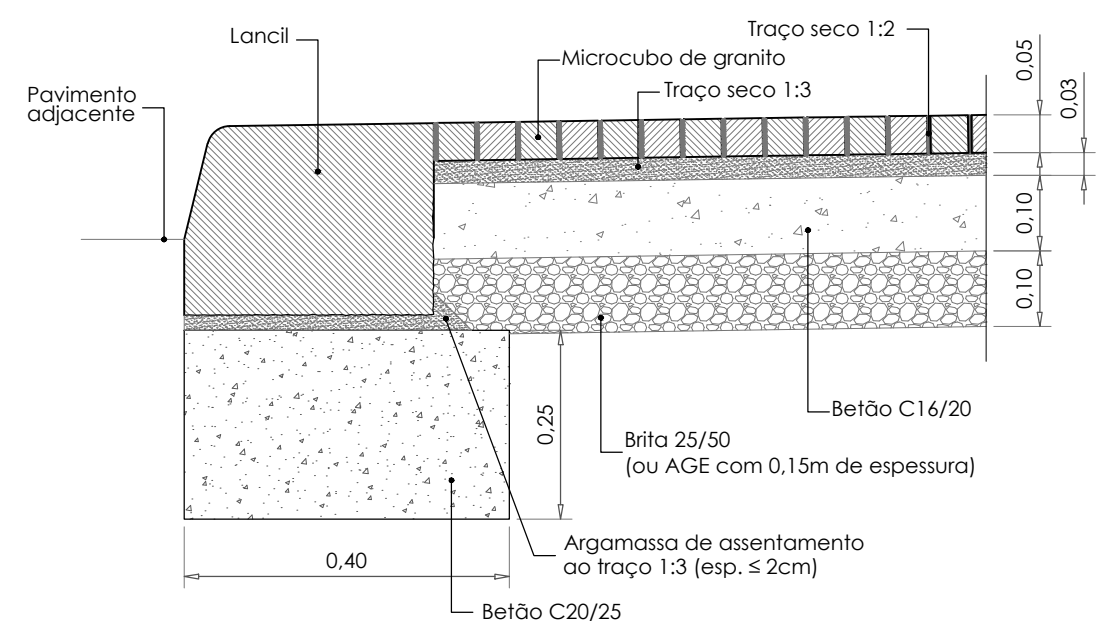


Escala: 1:50

P1 BETÃO LISO



P2 MICROCUBO



Local: Interseção de Nível Rua de
Gonçalo Cristovão com Rua de
Camões
Rebaixamento de Acessos a
Travessia

Data: 21/06/2015

Perfil Tipo e Pormenores