



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



## Processos de construção na reabilitação estrutural de edifícios antigos

DIOGO ANDRÉ DE OLIVEIRA MARTINS SANTOS

Licenciado em Engenharia Civil (Pós Bolonha)

Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na  
Área de Especialização em Edificações

Orientadores:

Licenciado, Júlio Walter Miguel Fernandes (ISEL)

Licenciado, Jorge Alexandre Gonçalves Pereira (Gonçalves Pereira,  
Engenheiros, Lda)

Júri:

Presidente: Mestre Manuel Brazão de Castro Farinha, Prof. Adjunto (ISEL)

Vogais: Licenciado, Júlio Walter Miguel Fernandes (ISEL)

Licenciado, Jorge Gonçalves Pereira (Gonçalves Pereira, Engenheiros, Lda)

Doutor Paulo Jorge Henrique Mendes, Prof. Adjunto (ISEL)

Janeiro de 2013



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil



## Processos de construção na reabilitação estrutural de edifícios antigos

DIOGO ANDRÉ DE OLIVEIRA MARTINS SANTOS

Licenciado em Engenharia Civil (Pós Bolonha)

Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na  
Área de Especialização em Edificações

Orientadores:

Licenciado, Júlio Walter Miguel Fernandes (ISEL)

Licenciado, Jorge Alexandre Gonçalves Pereira (Gonçalves Pereira,  
Engenheiros, Lda)

Júri:

Presidente: Mestre Manuel Brazão de Castro Farinha, Prof. Adjunto (ISEL)

Vogais: Licenciado, Júlio Walter Miguel Fernandes (ISEL)

Licenciado, Jorge Gonçalves Pereira (Gonçalves Pereira, Engenheiros, Lda)

Doutor Paulo Jorge Henrique Mendes, Prof. Adjunto (ISEL)

Janeiro de 2013

## Resumo

O presente relatório de estágio surge no âmbito do trabalho final de mestrado, tendo sido desenvolvido na empresa Gonçalves Pereira, Engenheiros, Lda. Durante o período de estágio foi possível ao estagiário participar de forma ativa na elaboração de projetos de especialidades bem como de arquitetura, sendo realizada uma adaptação no presente TFM dos projetos praticados. Esta adaptação consiste no desenvolvimento de soluções construtivas por forma a dar resposta às necessidades impostas pelas intervenções levadas a cabo em quatro edifícios em Lisboa. Algumas das soluções aqui apresentadas foram devidamente comprovadas, tendo sido acompanhadas e garantida a sua funcionalidade em obra. Numa primeira fase deste trabalho realizar-se-á uma caracterização do tipo de edifícios em estudo - edifícios antigos, estando os mesmos compreendidos cronologicamente entre os edifícios anteriores ao terramoto de 1755 e os edifícios do início do séc. XX. Posteriormente caracterizar-se-ão quais os procedimentos a ter no caso da reabilitação deste tipo de edifícios. Por fim apresentar-se-ão os processos construtivos desenvolvidos no âmbito do estágio. Com este trabalho pretende-se não só a integração no mercado de trabalho do estagiário e a aplicação das competências adquiridas academicamente mas também trazer à comunidade científica propostas de novas soluções construtivas possíveis de serem utilizadas no mesmo tipo edifícios intervencionados.

Palavras-chave: reabilitação, reforço, pré-pombalinos, pombalinos, gaioleiros, construção, projeto



## Abstract

This internship report appears in the final work of Masters, having been developed in the company Gonçalves Pereira, Engineers, Ltd. During the internship the intern could participate actively in the design of specialties as well as architecture, was being held in an adaptation of this TFM projects practiced. This adaptation is to develop constructive solutions in order to meet the needs imposed by the interventions carried out in four buildings in Lisbon. Some of the solutions presented here were duly proven to have been tracked and guaranteed its functionality at work. Initially this work will perform a characterization of the type of buildings in the study - ancient buildings, the same being understood chronologically between the buildings prior to the earthquake of 1755 and the beginning of the century buildings. XX. Subsequently characterized what procedures will have in the case of such rehabilitation of buildings. Finally display will be the construction processes developed under the stage. This work aims not only to labor market integration of the trainee and the application of acquired skills academically but also bring the scientific community proposals for new construction solutions that may be used in the same type buildings intervened.

Keywords: rehabilitation, strengthening, pré-pombalinos, pombalinos, gaioleiros, construction, project

**INDICE**

<b>CAP I-INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>CAP II – DEFINIÇÃO DOS DIFERENTES TIPOS DE INTERVENÇÕES</b>	<b>15</b>
2.1-Nota Introdutória	15
2.2-Carta de Atenas	15
2.3-Carta de Veneza	17
2.4-Carta de Cracóvia 2000	18
2.5-Conceitos	19
<b>CAP III – CARACTERIZAÇÃO DO PARQUE HABITACIONAL EM ESTUDO</b>	<b>21</b>
3.1.1-Enquadramento geral do edificado	21
3.1.2-Evolução da malha urbana	21
<b>3.2-EVOLUÇÃO DO EDIFICADO</b>	<b>27</b>
<b>3.2.1-Edifícios pré-Pombalinos (anteriores a 1755)</b>	<b>27</b>
3.2.1.1-Características arquitetónicas	29
3.2.1.2-Características construtivas	29
<b>3.2.2-Edifícios Pombalinos</b>	<b>30</b>
<b>3.2.3-Edifícios Gaioleiros</b>	<b>38</b>
3.2.3.1-Evolução Espacial	39
3.2.3.1-Evolução arquitetónica	43
3.2.3.2.1-Arquitectura exterior	43
3.2.3.2.2-Arquitectura interior	45
<b>3.2.3.3-Evolução da organização formal</b>	<b>48</b>
<b>3.2.3.4-Evolução do sistema construtivo</b>	<b>50</b>
3.2.4.1-Fundações	51
3.2.4.2-Paredes	51
3.2.4.2.1-Paredes interiores resistentes	53
3.2.4.2.2-Paredes interiores divisórias	54
<b>3.2.4.3-Pavimentos</b>	<b>54</b>
3.2.4.3.1-Estrutura de madeira	55
3.2.4.3.2-Estrutura metálica	56

<b>3.2.4.4-Coberturas</b>	<b>57</b>
<b>3.2.4.5-Varandas e terraços no tardo</b>	<b>58</b>
<b>3.2.4.6-Escadas metálicas no tardo</b>	<b>58</b>
<b>CAPIV- VULNERABILIDADE SÍSMICA DE EDIFÍCIOS ANTIGOS</b>	<b>59</b>
<b>4.1-Nota introdutória</b>	<b>59</b>
<b>4.2- Avaliação da vulnerabilidade sísmica</b>	<b>60</b>
<b>4.3-Vulnerabilidade Sísmica dos edifícios de Alvenaria</b>	<b>61</b>
<b>4.4-Vulnerabilidade Sísmica nos edifícios Gaioleiros</b>	<b>63</b>
<b>CAP V- CRITÉRIOS PARA A INTERVENÇÃO EM EDIFÍCIOS ANTIGOS</b>	<b>67</b>
<b>5.0-NOTA INTRODUTÓRIA</b>	<b>67</b>
<b>5.1-EXIGÊNCIAS DE SEGURANÇA</b>	<b>67</b>
<b>5.1.1-Segurança estrutural em geral</b>	<b>68</b>
<b>5.1.2-Segurança em caso de sismo</b>	<b>68</b>
<b>5.1.3-Segurança contra riscos de incendio</b>	<b>68</b>
<b>5.2-EXIGÊNCIAS DE HABITABILIDADE</b>	<b>69</b>
<b>5.2.1-Conforto térmico</b>	<b>69</b>
<b>5.2.2-Qualidade do ar</b>	<b>70</b>
<b>5.2.3-Impermeabilidade à água</b>	<b>70</b>
<b>5.2.4-Conforto acústico</b>	<b>71</b>
<b>5.3-EXIGÊNCIAS DE USO</b>	<b>71</b>
<b>5.4-EXIGÊNCIAS ECONÓMICAS</b>	<b>71</b>
<b>5.5-EXIGÊNCIAS ESTÉTICAS</b>	<b>72</b>
<b>CAP VI- INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO</b>	<b>73</b>
<b>6.1-Nota introdutória</b>	<b>73</b>

<b>6.3-Técnicas de inspeção e ensaio</b>	<b>76</b>
<b>CAP VII – INTERVENÇÕES EFETUADAS NO DECORRER DO ESTÁGIO</b>	<b>78</b>
<b>7.0-NOTA INTRODUTÓRIA</b>	<b>79</b>
<b>7.1-INTERVENÇÃO NO EDIFÍCIO Nº40 NA AVENIDA VISCONDE DE VALMOR</b>	<b>80</b>
7.1.1-Fase de inspeção e diagnóstico	83
7.1.2-Fase de projeto	84
7.1.3-Fase de intervenção	85
7.1.3.1-Escoramento das paredes interiores	85
7.1.3.2-Conectores de fachada e empena	93
7.1.3.3-Introdução de estrutura metálica	96
<b>7.2-INTERVENÇÃO NO EDIFÍCIO Nº 72 DA RUA LUCIANO CORDEIRO-LISBOA</b>	<b>99</b>
7.2.1-Fase de inspeção	102
7.2.2-Fase de projeto	103
7.2.3-Fase de intervenção	105
7.2.3.1-Consolidação das paredes da fachada posterior	105
<b>7.3-INTERVENÇÃO NO EDIFÍCIO Nº 3-5 NA TRAVESSA DO JOGO DA BOLA- CARNIDE</b>	<b>111</b>
7.3.1-Fase de inspeção	113
7.3.2-Fase de projeto	115
7.3.3-Fase de intervenção	116
7.3.3.1-Fundação da nova estrutura de betão armado	116
7.3.3.2-Compatibilização de vigas metálicas com lajes aligeiradas de vigotas pré-esforçadas	117
7.3.3.3-Reforço estrutural das paredes resistentes	120
<b>7.4-INTERVENÇÃO NO 3º PISO DO EDIFÍCIO Nº 35 DA RUA MANUEL BERNARDES-LISBOA</b>	<b>122</b>
7.4.1-Fase de inspeção	124
7.4.2-Fase de projeto	125

<b>7.4.3-Fase de intervenção</b>	<b>126</b>
7.4.3.1-Fundação dos novos pilares através de elementos metálicos	126
7.4.3.2-Introdução de vigas metálicas no pavimento	130
7.4.3.3-Treliças de apoio de pavimento	132
7.4.3.4-Cintagem periférica das paredes	134
<b>CAP. VIII-CONCLUSÃO</b>	<b>137</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>139</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>143</b>

## ÍNDICE DE FIGUAS

Figura 1-Lisboa séc. XVI [Museu da cidade].....	22
Figura 2-Lisboa séc.XVII [adaptado de ANDRADE].....	23
Figura 3-A Cerca moura (1147) e a Cerca Fernandina (1375) [Museu da cidade].....	23
Figura 4-Terramoto de Lisboa de 1755 [adaptado de ANDRADE].....	24
Figura 5- Baixa Pombalina [adaptado de MIRANDA].....	25
Figura 6- Gaiola Pombalina [adaptado de MIRANDA] .....	25
Figura 7- Evolução dos limites de Lisboa [adaptado de SOARES] .....	26
Figura 8-Prédio com andares de ressalto .....	27
Figura 9- Prédio com águas em bico [adaptado de LNEC] .....	28
Figura 10- Terramoto de Lisboa de 1755 [Museu da cidade].....	31
Figura 11- Marquês de Pombal [adaptado de MIRANDA].....	32
Figura 12-Marquês de Pombal e a reconstrução de Lisboa [Museu da Cidade] .....	33
Figura 13-Plano de Baixa Pombalina [adaptado de MIRANDA].....	33
Figura 14-- Estacas de pinho verde .....	34
Figura 15- Edifício pombalino.....	35
Figura 16- Pormenor do piso térreo dos edifícios pombalinos .....	35
Figura 17- Gaiola Pombalina [adaptado de CARDOZO] .....	36
Figura 18- Ligação dos pavimentos às paredes [adaptado de MIRANDA] .....	37
Figura 19- Tábuas de solho dos pavimentos [adaptado de MIRANDA] .....	37
Figura 20- Passeio público [Arquivo Municipal de Lisboa] .....	39
Figura 21- Av. da Liberdade (1900) [Arquivo Municipal de Lisboa].....	40
Figura 22- Avenidas de Ressano Garcia (1897) [Arquivo Municipal de Lisboa]41	
Figura 23-Distribuição percentual dos edifícios em Lisboa no séc.XX [adaptado de ANDRADE].....	42
Figura 24- Porta de edifício Gaioleiro.....	43
Figura 25- Pormenor das janelas e guardas .....	44
Figura 26- Claraboia de caixa de escadas [adaptado de FERREIRA].....	45
Figura 27- Guarda-vento [adaptado de FERREIRA].....	45
Figura 28- Teto de estuque .....	46
Figura 29- Parede de estuque [adaptado de FERREIRA] .....	46
Figura 30- Porta interior [adaptado de FERREIRA] .....	47
Figura 31- Escada interior [adaptado de ANDRADE].....	47
Figura 32- Compartimento de elevador [adaptado de ANDRADE].....	48
Figura 33 – Escada de serviço .....	49
Figura 34- Saguão.....	49
Figura 35- Canalizações das I.S. no saguão [adaptado de MIRANDA] .....	50
Figura 36- Fundação de frontal .....	51
Figura 37- Espessura das paredes em altura [adaptado de APPLETON].....	52
Figura 38- Parede interior resistente (ao centro).....	53

Figura 39- Parede interior não resistente (à esquerda) [adaptado de MIRANDA]	54
Figura 40- Vigamentos do pavimento.....	55
Figura 41- Pavimento revestido a soalho .....	56
Figura 42- Pavimentos de estrutura metálica [adaptado de ANDRADE].....	57
Figura 43- Estrutura da cobertura [adaptado de APPLETON].....	57
Figura 44-Evolução do Edifício nº40 da Avenida Visconde de Valmor .....	80
Figura 45-Remoção do soalho .....	88
Figura 46- Remoção dos vigamentos do piso .....	88
Figura 47-Fase 1 .....	89
Figura 48- Fase2 .....	89
Figura 49-Prumo metálico (ligação chapa) .....	
Figura 50-Prumo metálico .....	90
Figura 51-Fase 3 .....	90
Figura 52-Fase 4 .....	91
Figura 53- Viga armada no interior da caixa da parede .....	91
Figura 54- Introdução das vigotas e das abobadilhas .....	92
Figura 55- Introdução das vigotas e das abobadilhas .....	92
Figura 56- Betonagem da laje .....	92
Figura 57- Ligação a pilar .....	94
Figura 58- Ligação a viga .....	94
Figura 59- Distribuição de conectores no alçado principal .....	94
Figura 60- Distribuição de conectores no tardo .....	94
Figura 61- Conector viga/empena .....	95
Figura 62- Conector fachada/pilar .....	95
Figura 63- Conector pilar/empena.....	95
Figura 64- Viga do vão da loja (secção transversal) .....	97
Figura 65- Ligação da viga do vão da loja aos pilares .....	98
Figura 66-Evolução do edifício nº 72 da Rua Luciano Cordeiro .....	99
Figura 67-Fundação dos Pórticos metálicos .....	106
Figura 68- Pórtico metálico -Pormenor ligação à parede .....	107
Figura 69- Pórtico metálico.....	107
Figura 70- Pórtico metálico -Pormenor ligação ao tirante .....	108
Figura 71- Tirante -Pormenor ligação aos arranques.....	109
Figura 72- Tirante.....	109
Figura 73- Planta de distribuição dos tirantes .....	110
Figura 74- Tirante-Pormenor ligação ao esticador .....	110
Figura 75-Evolução do edifício nº3-5 da Travessa do Jogo da Bola .....	111
Figura 76- Modelo estrutural (SAP2000).....	116
Figura 77- Ligação do pilar de betão à fundação .....	117
Figura 78- Ligação da viga metálica aos pilares de betão .....	118
Figura 79- Ligação da viga metálica aos pilares de betão (corte a:b) .....	119
Figura 80- Inserção da viga metálica na laje de pavimento .....	120
Figura 81- Esquema das fases de intervenção no reforço estrutural das paredes .....	121

Figura 82- Esquema das fases de intervenção no reforço estrutural das paredes (corte a:b) .....	121
Figura 83-Fachada principal no edifício nº35 da Rua Manuel Bernardes.....	122
Figura 84– Ligação das chapas de fundação dos pilares à parede resistente (secção transversal) .....	127
Figura 85- Ligação das chapas de fundação dos pilares à parede resistente (planta) .....	127
Figura 86- Ligação das vigas de fundação dos pilares à parede resistente (secção transversal) .....	128
Figura 87- Ligação das vigas de fundação dos pilares à parede resistente (planta) .....	129
Figura 88- Modelo da ligação do pilar à viga metálica (SAP2000) .....	129
Figura 89- Planta de distribuição dos vigamentos.....	131
Figura 90- Modelo dos vigamentos do piso (SAP2000) .....	132
Figura 91- Pormenor da treliça .....	133
Figura 92- Pormenor da ligação do pilar à viga metálica da treliça .....	133
Figura 93- Modelo da ligação do pilar à viga metálica da treliça .....	134
Figura 94- Cintagem periférica das paredes (corte) .....	135

### Índice de Tabelas

Tabela 1 – Distribuição percentual dos edifícios em Lisboa no séc.XIX e séc.XX [adaptado de ANDRADE].....	42
Tabela 2 - Classe de Danos [adaptado de CANDEIAS].....	61
Tabela 3 -Relação entre as principais técnicas in situ e o tipo de informação recolhida [adaptado de CARDOSO] .....	77
Tabela 4 -Relação entre as principais técnicas in situ e as propriedades mecânicas [adaptado de CARDOSO] .....	77
Tabela 5 – Características do edifício nº40 da Av. Visconde de Valmor .....	81
Tabela 6– Características do edifício nº40 da Av. Visconde de Valmor (continuação).....	82
Tabela 7– Patologias do edifício nº40 na Av. Visconde de Valmor .....	84
Tabela 8-Características da Secção .....	87
Tabela 9- Esforço normal resistente da secção .....	87
Tabela 10- Ações de dimensionamento .....	87
Tabela 11- Características do edifício nº72 da Rua Luciano Cordeiro .....	100
Tabela 12- Características do edifício nº72 da Rua Luciano Cordeiro (continuação).....	101
Tabela 13- Patologias do edifício nº72 da Rua Luciano Cordeiro .....	103
Tabela 14- Características da secção .....	104
Tabela 15- Esforço normal resistente e ações de dimensionamento .....	104
Tabela 16- Características do edifício nº3 a 5 na Travessa do Jogo da Bola .	112
Tabela 17– Patologias do edifício nº3 a 5 na Travessa do Jogo da Bola.....	114
Tabela 18- Características do 3º piso do edifício nº35 da rua Manuel Bernardes .....	123

## CAP I-INTRODUÇÃO

O presente relatório de estágio surge no âmbito do trabalho final de mestrado em engenharia civil, no perfil de edificações, no Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

A escolha do tema passa pela importância que o mesmo demonstra na atualidade, sendo eventualmente o futuro a curto e a médio prazo da construção em Lisboa. Visto a entidade onde foi realizado o estágio se dedicar bastante a este tipo de intervenções, e possuir uma larga experiência na área, entendeu-se adequada e proveitosa a escolha do referido tema.

Os objetivos estabelecidos para o presente trabalho foram os de acompanhar a fase de projeto das intervenções em edifícios antigos, bem como acompanhar em obra as soluções construtivas adotadas para o efeito. Desta forma pretende-se introduzir no mercado da construção e na comunidade científica novas soluções que possam eventualmente ser úteis no mercado da reabilitação.

Para o efeito, o estágio foi desenvolvido na empresa de projetos Gonçalves Pereira, Engenheiros, Lda, tendo como orientador interno o sócio gerente Eng.º Jorge Alexandre Gonçalves Pereira.

Sendo a referida empresa dedicada sobretudo aos projetos de especialidades, e tendo sido esse o principal volume de trabalhos que existiu ao longo de todo o estágio, foi particularmente difícil adaptar as necessidades da empresa ao perfil do mestrado bem como ao tema previamente escolhido. Durante o período de estágio foram desenvolvidos diversos projetos de especialidades e de arquitetura referentes a quatro edifícios. Foi então realizado um acompanhamento ativo na elaboração dos referidos projetos (projetos de arquitetura, estabilidade, redes de águas e esgotos, segurança contra riscos de incêndio e gás), e sendo o tema do presente TFM processos de construção na reabilitação estrutural de edifícios antigos, foi dado maior ênfase ao projeto de estabilidade. O âmbito do presente trabalho passa por dar a conhecer soluções que façam respeitar o projeto de estabilidade dada a especificidade das intervenções levadas a cabo.

Desta forma, e tentando sempre ir ao encontro das necessidades da empresa, foi realizada uma adaptação dos projetos de acordo com o presente trabalho. Assim o relatório de estágio recaiu sobre o projeto de algumas soluções na reabilitação de edifícios antigos, bem como o acompanhamento de algumas delas em fase de obra. Desta feita serão apresentadas algumas soluções já conhecidas, bem como outras desenvolvidas exclusivamente no âmbito das intervenções em causa. Com esta atitude inovadora e vanguardista pretende-se com o presente trabalho dar a conhecer soluções possíveis de serem utilizadas neste tipo de edifícios, tendo a segurança das mesmas sido demonstrada em obra ao longo do período de estágio. O presente trabalho está dividido em sete capítulos, sendo abordadas as seguintes temáticas em cada um deles:

#### CAP I – Introdução

Neste capítulo é descrito o porque da escolha do tema, os objetivos propostos, bem como uma resumo de todo o trabalho.

#### CAP II – Definição dos Diferentes tipos de intervenções

Neste capítulo faz-se referência às cartas internacionais e aos termos utilizados no mercado da reabilitação

#### CAP III – Caracterização do parque habitacional em estudo

Neste capítulo é realizada uma caracterização do parque habitacional do tipo de edifícios intervencionados durante o período de estágio

#### CAP IV - Vulnerabilidade Sísmica de edifícios Antigos

Neste capítulo é realizada uma caracterização da vulnerabilidade sísmica do tipo de edifícios intervencionados durante o período de estágio.

### CAP V – Critérios para a intervenção em edifícios antigos

Neste capítulo são descritos os critérios a adotar na intervenção no tipo das tipologias apresentadas.

### CAP VI – Inspeção e Diagnóstico

Neste capítulo é explicado como avaliar e que etapas considerar na intervenção de edifícios antigos

### CAP VII – Intervenções efetuadas no decorrer do estágio

No presente capítulo são apresentadas as quatro intervenções levadas a cabo, (nº40 na Av. Visconde de Valmor, nº72 da Rua Luciano Cordeiro, nº3-5 da Travessa do Jogo da Bola e nº35 da Rua Manuel Bernardes), sendo explicadas todas as características dos referidos edifícios e processos de construção utilizados.

### CAP VIII-Conclusão

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais sobre o presente TFM.



## CAP II – Definição dos Diferentes tipos de intervenções

### 2.1-Nota Introdutória

Dada a abrangência da palavra “reabilitação” enunciada no título do presente trabalho final de mestrado, entendeu-se preponderante clarificar os principais tipos de intervenções praticadas nos edifícios. Para tal, e adotando as convenções utilizadas a nível internacional pelas diversas instituições da área, nomeadamente a ICOMUS( International Council on Monuments and Sites ) recorrer-se-á à bibliografia mais relevante relativamente a esta temática, de entre ela as Cartas de Atenas, Carta de Veneza e Carta de Cracóvia 2000, fazendo uso da mesma para definir os conceitos que se acharam pertinentes no âmbito do presente trabalho. Por ordem cronológica apresentar-se-á a evolução destas mesmas temáticas de acordo com os documentos que foram redigidos para o efeito. As descrições presentes no atual capítulo fazem referência à tradução das cartas mencionadas, disponibilizadas pelo IPHAN (Instituto do património histórico artístico nacional) e à tradução das cartas mencionadas, disponibilizadas pelo IGESPAR (Instituto de Gestão do Património Arquitetónico e Arqueológico)

### 2.2-Carta de Atenas

Para serem definidas linhas orientadoras e princípios que rejam as intervenções de conservação foram criadas cartas internacionais, definindo estas princípios e doutrinas para o restauro de monumentos.

Em Outubro de 1931 dá-se o congresso Internacional de Arquitetos e Técnicos de Monumentos Históricos, tendo lugar em Atenas, na Grécia. Este congresso contou com a representação de vários estados com o intuito de generalizar as filosofias de conservação do edificado. É então redigida a Carta de Atenas, sendo ela um documento de compromisso, assinada pelos mais importantes arquitetos e urbanistas internacionais da época, entre os quais se destaca Le Corbusier. Visando assegurar uma adequada manutenção e

longevidade do património edificado, surgiram recomendações para que os usos dos mesmos devam respeitar o seu carácter histórico.

Visto ser espectável, por parte do sector privado uma grande inércia relativamente às novas filosofias apresentadas, expressou-se o voto para que em cada estado, as autoridades públicas fossem dotadas de poder, podendo assim estas intervir em casos de urgência, na conservação de monumentos pertencentes ao privado.

Com o aparecimento da carta de Atenas foram então definidos os princípios gerais relativos à conservação de monumentos. Evidencia-se uma tendência para o abandono das reconstituições integrais e considera-se que só a manutenção adequada, regular e permanente pode assegurar a conservação dos edifícios. Caso o restauro seja inevitável dever-se-á respeitar a obra histórica ou artística, sem eliminar estilos de nenhuma época. A carta de Atenas defende que os monumentos devem ser adequados a usos que respeitem o seu carácter, a fim de assegurar a sua longevidade.

Todos os técnicos devem colaborar com especialistas das diferentes áreas das ciências com o intuito de complementar e abranger o maior número de valências na reparação do edificado.

Quando os monumentos por falta de manutenção, se encontram no estado de ruínas, estas deverão ser conservadas escrupulosamente, podendo os elementos originais encontrados serem repostos, destacando-se no entanto todos os novos materiais ou peças acrescentados ao monumento. A Carta de Atenas apresenta-se na altura como um documento inovador, focando aspetos nunca mencionados em publicações anteriores relativas ao património, e apresenta novas filosofias relativamente à conservação do edificado.

A manutenção cuidada é preferível ao restauro, considerando que este poderá anular importantes características dos monumentos.

Constitui o primeiro documento normativo internacional, resultando numa uniformização de aspetos a implantar e também num melhor

entendimento da História Universal, uma vez que possibilitará o estudo comparativo.

### 2.3-Carta de Veneza

Em Maio de 1964 dá-se o II Congresso Internacional de Arquitectos e Técnicos de Monumentos Históricos, em Veneza. É então redigido nesta conferência a carta de Veneza, que vem adequar a legislação existente bem como a mentalidade da sociedade às necessidades impostas pela arquitetura e urbanismo.

A carta define o conceito de monumento, considerando este qualquer construção, coletiva ou isolada, que caracterize uma civilização, não olhando à dimensão do edificado mas sim ao seu valor cultural. A conservação de um edifício supõe uma manutenção constante e em casos em que seja indispensável o restauro do monumento, dever-se-á ter em conta a história bem como o estilo do mesmo, não descaracterizando a construção inicial. Com o intuito de valorizar os monumentos, foram estabelecidas recomendações que contemplam o respeito do carácter e da fisionomia das cidades, sobretudo na vizinhança do edificado antigo. Desta forma o restauro será apenas de carácter excepcional, destinando-se a conservar e a realçar o aspeto estético do monumento, respeitando os materiais originais do edifício. Quando não for possível restaurar o edifício recorrendo a técnicas tradicionais, deverá ser feito uso das técnicas modernas, resultantes de um profundo estudo por parte de diversas especialidades. Quando se torna necessário a substituição de elementos, estes devem enquadrar-se harmoniosamente nos edifícios, havendo distinção entre os originais e os novos, não comprometendo a arte e a história do edificado. Neste documento está visivelmente presente a preocupação não só com o monumento mas também com o seu meio envolvente como parte integrante deste, para além da necessidade de documentar todo o processo de conservação ou de estudo do monumento para eventuais futuras intervenções.

Reforça-se a responsabilização de cada comunidade para a gestão dos seus próprios valores culturais enquanto constituintes da sua própria identidade, devendo a sua atuação na esfera emocional e material refletir a evolução de conceitos e objetivos, bem como projetar-se num futuro comum.

#### **2.4-Carta de Cracóvia 2000**

Em Outubro de 2000 em Cracóvia, na Polónia, dá-se a Conferência Internacional “Cracóvia 2000”, tendo como tema de trabalhos a Conservação do Património Cultural. Esta conferência resultou na elaboração da Carta de Cracóvia 2000, apresentando um conjunto de recomendações sobre a conservação e o restauro do património construído.

Uma grande parte dos conceitos baseiam-se na Carta de Veneza, tendo havido no entanto um aprofundamento da noção de conservação e da necessidade da investigação.

Este documento assume que a conservação pode ser realizada através de diferentes tipos de intervenções, como a manutenção, a reparação, o controlo do meio ambiente, o restauro, a reabilitação, a renovação e a reabilitação. A conservação do património deve ser executada de acordo com um projeto, no qual conste uma estratégia para a preservação a longo prazo. Não devem ser feitas intervenções numa parte significativa de um edifício, baseadas no que os responsáveis consideram ser o seu verdadeiro estilo. O objetivo da conservação dos monumentos em meios rurais ou urbanos é a preservação da sua autenticidade e integridade. As técnicas a utilizar devem ser as resultantes da investigação pluridisciplinar, sobre materiais e tecnologias usadas na construção, reparação e restauro do património.

## 2.5-Conceitos

O conceito de conservação, consiste em dotar os edifícios antigos de condições de habitabilidade, conforto e segurança, salvaguardando sempre o valor histórico. A “Teoria da Conservação”, consiste na intervenção mínima e na salvaguarda dos materiais originais, bem como assegurar uma autenticidade estética bem como histórica.

O restauro de monumentos, baseia-se num conjunto de ações especializadas, visando a recuperação estética, resultando numa conceção idêntica à original de um momento histórico ou edifício. Com o restauro pretende-se restabelecer a forma, aparência e materiais de uma determinada época.

A reabilitação de edifícios ou monumentos, pretende possibilitar o uso eficiente e compatível do edificado, através de alterações e acrescentos, salvaguardando sempre o valor histórico, cultural e arquitetónico. Este conjunto de intervenções tem como objetivo dotar o edificado de exigências funcionais superiores aquelas que o edifício possuía na altura da sua génese.

Manutenção é descrita como o conjunto de operações preventivas, necessárias à permanência em bom funcionamento de um edificado.

A reparação é o termo geralmente atribuído ao conjunto de operações com o intuito de solucionar pequenas patologias e que restituam o edificado ao seu estado original.

O termo reconstrução é vulgarmente atribuído ao conjunto de operações que tenham como objetivo construir de novo, parte ou integralmente, uma edificação já destruída ou em risco de destruição.

Cada uma das diferentes intervenções possui características distintas, mas todas prezam pela salvaguarda do património histórico, cultural e arquitetónico. Este facto é possível através de critérios utilizados nestes tipos de intervenção, sendo exemplo destes mesmos critérios a Eficácia, Compatibilidade, Autenticidade, Durabilidade, Reversibilidade e Eficiência.

Uma intervenção deve ser eficaz, sendo a mesma comprovada usando critérios qualitativos e quantitativos. Esta intervenção deve ser compatível, com a estrutura e como com os materiais do ponto de vista químico, mecânico, tecnológico e arquitetónico. Nestes tipos de intervenção é de grande importância a reversibilidade de determinada intervenção, que deve ser garantida sempre que possível, podendo no futuro ser removida. A eficiência de uma intervenção prende-se com o menor consumo possível de recursos e com o menor custo possível.

## CAP III – Caracterização do parque habitacional em estudo

### 3.1.1-Enquadramento geral do edificado

Neste capítulo será realizado um enquadramento do tipo de edifícios intervencionados durante o período de estágio, sendo apenas abordados os edifícios antigos, aqui representados como edifícios de paredes exteriores de alvenaria de pedra. O presente trabalho debruçar-se-á apenas neste tipo de edifícios visto terem sido a maioria das intervenções efetuadas durante o período de estágio, bem como grande parte do edificado existente em Lisboa a necessitar de intervenção pertencer a este grupo de edifícios. Assim, com o presente trabalho, dar-se-á a conhecer a realidade atual no mercado da construção em Lisboa e as técnicas bem como processos construtivos praticados, visando a reabilitação deste tipo de edificado. Desta forma serão descritos os edifícios “pré-pombalinos”, “pombalinos”, bem como os edifícios “gaioleiros”, sendo dado maior destaque a estes. Será então realizada uma abordagem aos edifícios antes do terramoto de 1755, sendo posteriormente descritas as várias mudanças nas metodologias construtivas bem como na própria arquitetura. O presente capítulo é uma adaptação da obra de APPLETON, João. G., intitulada de “Reabilitação de Edifícios Gaioleiros” [4], bem como da dissertação para a obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Civil de ANDRADE, Hugo, intitulada de “Caracterização de edifícios gaioleiros” [1].

### 3.1.2-Evolução da malha urbana

A cidade de Lisboa antes do terramoto de 1755 apresentava uma malha urbana bastante heterogénea. Existam zonas distintas de acordo com a época em que tinham sido edificadas. De acordo com a documentação existente, até ao século XVI Lisboa tinha na sua génese bastantes influências muçulmanas. O tecido urbano era irregular, denso, sem preocupação com a própria circulação, não havendo distinção entre o espaço público e privado. Existia uma grande desorganização formal e funcional, sendo difícil a própria comunicação e locomoção dentro do espaço urbano. Esta malha desenvolveu-se então em torno dos dois centros sociais e económicos existentes até a altura, o terreiro do paço e a Praça do Rossio, ficando no entanto adjacente à então existente cerca moura (séc. XII), podendo ser observado na figura 1.



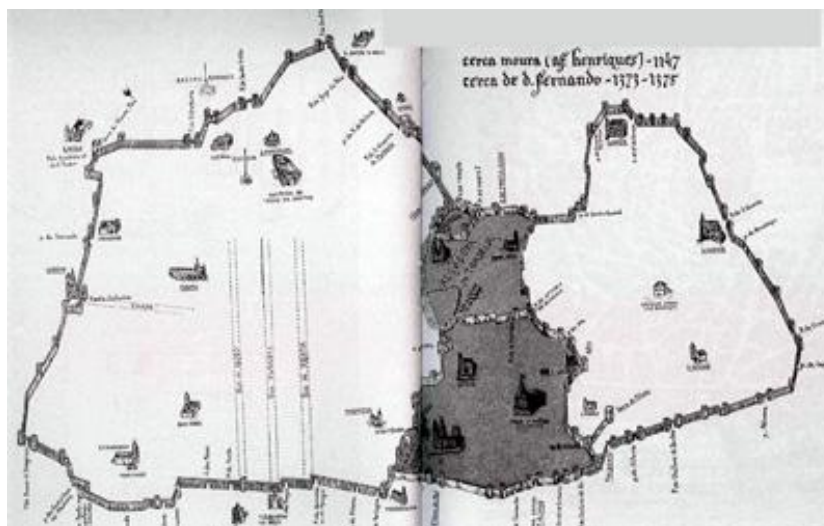
Figura 1-Lisboa séc. XVI [Museu da cidade]

A partir do séc. XVI, tendo-se tornado Lisboa a grande capital comercial portuária da Europa, emergiu a necessidade de criar condições que permitissem o rápido e eficaz deslocamento de pessoas e bens dentro da cidade. Assim existiu a necessidade de repensar a cidade, criando infraestruturas funcionais, utilizando para tal traçados retos, permitindo uma expansão da cidade de forma organizada, nunca comprometendo a circulação. Desta forma a própria demografia em Lisboa durante o séc. XVI e já no séc. XVII, cresceu exponencialmente, dando origem ao aparecimento de novos bairros bem definidos, com infraestruturas ortogonais, e com uma organização e preocupação formal inexistente até então, como demonstra a figura 2.



**Figura 2-Lisboa séc.XVII [adaptado de ANDRADE]**

Houve assim a expansão da cidade para este, tendo aparecido bairros como o Carmo, ou Chiado dentro da cerca de D. Fernando (1375), passando também a serem construídos bairros fora desta, como o Bairro Alto, Bica ou Madragoa (figura 3). Também a existência do terramoto de 22 de Julho de 1597 em Lisboa veio favorecer o aparecimento destes novos bairros na zona ocidental da cidade, existindo uma recuperação da área numa fase inicial após os aluimentos de terra, procedendo-se posteriormente à edificação.



**Figura 3-A Cerca moura (1147) e a Cerca Fernandina (1375) [Museu da cidade]**

Mas o dia que marcou o desenvolvimento da cidade de Lisboa foi o dia 1 de Novembro de 1755, tendo sido sentido na cidade um sismo de magnitude 9 na escala de Richter, precedido de um marmoto que matou cerca de 20% da

população Lisboaeta, deixando por volta de 75% dos edifícios destruídos ou inabitáveis. (Figura 4)



**Figura 4-Terramoto de Lisboa de 1755 [adaptado de ANDRADE]**

Este acontecimento requereu uma rápida resposta por parte das autoridades então responsáveis, tendo sido o maior impulsionador da reconstrução da cidade o primeiro-ministro de então, Sebastião José de Carvalho e Melo, ou vulgarmente designado, Marques de Pombal. Foi criado um plano que iria ser responsável por reconstruir a cidade, respeitando modernos princípios de arquitetura e urbanismo – “Plano Pombalino”. Este plano focou-se na reconstrução organizada e homogénea, sacrificando o interesse privado pelo interesse coletivo, dando respostas às necessidades então criadas pela catástrofe, como a habitação e zonas de comércio. Esta reconstrução foi realizada de forma sistemática, bastante regular e repetitiva, com traçados de eixos viários ortogonais, com grande apreço pela simetria e proporção, prezando pela rapidez e qualidade construtiva, como é possível observar na figura 5.



**Figura 5- Baixa Pombalina [adaptado de MIRANDA]**

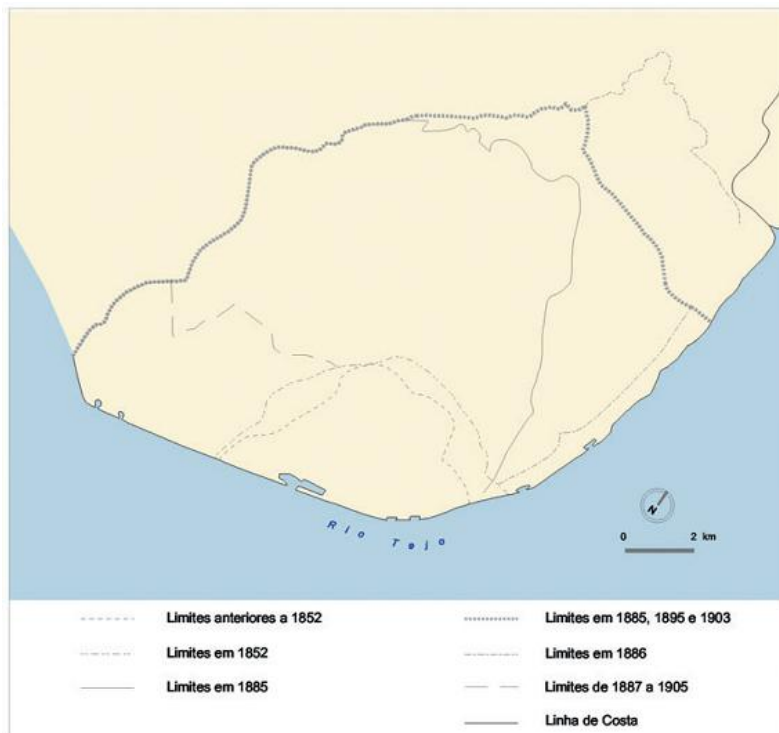
Surgiu também a ideia de quarteirão, funcionando os edifícios como um todo, tanto em termos arquitetónicos como estruturais, existindo uma grande uniformidade em todo o tecido. Mas provavelmente a característica que mais se destaca foi a preocupação em criar sistemas que prevenissem o acontecimento de uma catástrofe semelhante à ocorrida. Surge então o aparecimento da “gaiola pombalina” (figura 6), sendo esta uma das soluções mais características deste tipo de construção, evidenciando a preocupação pela qualidade do edificado criado.



**Figura 6- Gaiola Pombalina [adaptado de MIRANDA]**

No final do séc. XIX evidenciou-se em Lisboa um crescimento demográfico significativo, sendo um período de oportunidade para os promotores realizarem

lucro. Desta forma a cidade de Lisboa começa o seu desenvolvimento principalmente para norte (figura 7), sendo criado um plano para novas avenidas e uma edificação de quarteirões dentro de uma lógica urbanística preestabelecida.



**Figura 7- Evolução dos limites de Lisboa [adaptado de SOARES]**

A rapidez da evolução da cidade de Lisboa e o esquecimento da tragédia de outrora ocorrida faz com que a qualidade construtiva destes edifícios se viesse a perder, sendo o propósito da sua construção meramente o de gerar rendimentos muito rapidamente para quem os promovia. Então o nome inicialmente dado aos construtores é posteriormente adquirido pelos próprios edifícios, sendo este período de construção da cidade de Lisboa conhecido como o dos “edifícios Gaioleiros” ou edifícios de “início de século”.

### 3.2-Evolução do edificado

Para poder ser efetuado um estudo coerente dos vários tipos de edifícios existentes em Lisboa, é necessário perceber a sua génese e qual a ligação entre eles. Realizar-se-á então uma análise das características de cada tipo de edifícios e de seguida uma comparação com os da época que lhes sucedem.

#### 3.2.1-Edifícios pré-Pombalinos (anteriores a 1755)

Devido à escassez de registos bem como de edifícios desta época, tendo sido uma grande parte deles destruídos pelo terramoto e outros degradando-se ao longo do tempo, será realizada uma análise globalizada dos edifícios existente em Lisboa anteriores ao terramoto de 1755. É então necessário destacar dois grupos construtivos, sendo o primeiro o prédio com andares de resalto (figura 8), possuindo estes vestígios de herança medieval, e o prédio com águas em bico (figura 9), sendo este tipo de construção mais recente.



**Figura 8-Prédio com andares de resalto**



**Figura 9- Prédio com águas em bico [adaptado de LNEC]**

O primeiro tipo de edifício possui uma origem na chamada “arquitetura de madeira”, sendo o segundo uma evolução do primeiro onde já se encontra uma filosofia de paredes de alvenaria de pedra, continuando a restante constituição do edifício a ser em madeira. Os edifícios de ressalt, por norma, pertenciam a famílias de classe social e económica inferior, visto este tipo de construção ser mais barata e vulgar. Também foi este tipo de construção que sofreu mais alterações e recuperações a seguir ao terramoto de 1755, sendo atualmente quase na totalidade edifícios já intervencionados, tendo sido melhoradas as características originais. Relativamente aos edifícios de ressalt e dadas as suas preocupações construtivas, estes pertenciam a habitantes com mais possibilidades económicas, não tendo sido tão desastrosamente afetados com o terramoto de 1755.

### 3.2.1.1 Características arquitetónicas

Este tipo de edifícios possui poucas preocupações arquitetónicas ou urbanísticas, embora com o tempo fossem evidencias algumas evoluções. São edifícios de reduzidas dimensões, com frentes estreitas e de baixo porte. Existem distinções relativamente à localização do edifício, variando as características dos mesmos mediante a localização, rural ou citadina. Relativamente ao edificado que era construído nas zonas rurais, estes apenas possuíam um piso, estando a disposição das suas divisões bastante mais vocacionada para o uso exterior da habitação. Exemplo disso é a predominância da cozinha fora da área de implantação do edifício, funcionando como um anexo, servindo-se do logradouro ou quintal como espaço de circulação entre a habitação e ela própria. Esta tipologia foi absorvida ao longo dos tempos pelo crescimento urbano, sendo possível encontrar exemplares no centro da cidade. Os edifícios que se encontravam nas áreas urbanas possuíam geralmente mais pisos e possuíam uma qualidade construtiva superior. Por norma são constituídos no piso térreo por lojas, sendo este ligado aos andares de cima por escadas bastante íngremes, onde é possível encontrar a sala e os quartos. A cozinha fica sempre no fundo da habitação. Este tipo de edifícios possui um pé direito bastante reduzido sendo geralmente constituído por dois ou três pisos, não possuindo instalações sanitárias. Uma particularidade deste tipo de edifícios são as fachadas em bico quando as águas da cobertura são perpendiculares às fachadas do edificio. Na globalidade, os edifícios pré-pombalinos possuíam muito poucas preocupações relativamente a habitabilidade e salubridade dos espaços, sendo a iluminação e ventilação natural bastante reduzidas. Não existia uma coerente distinção entre os vários espaços do fogo, fazendo-se o acesso à via pública da forma mais direta possível, nunca recorrendo a antecâmara ou sala de entrada. Este tipo de edifícios pode ser encontrado em bairros mais antigos da cidade, como Alfama, Bairro Alto ou Mouraria.

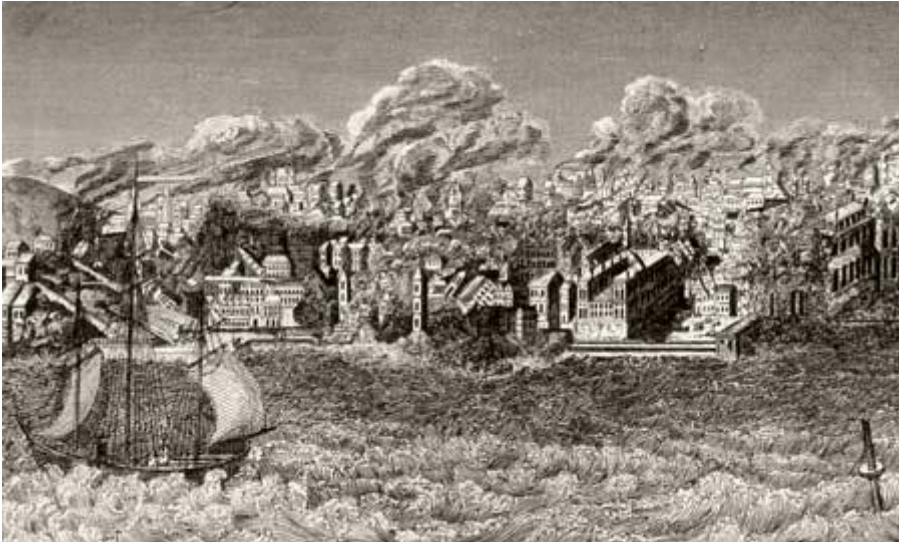
### 3.2.1.2- Características construtivas

Relativamente ao tipo de edifício de andares de resalto estes são constituídos por paredes de alvenaria de pedra, taipa mal conservada ou

alvenaria mista, sendo geralmente bastante pobres, possuindo por vezes estrutura de madeira que sustenta os pisos ressaltados. Estas alvenarias, a seguir ao terramoto, foram vulgarmente intervencionadas, podendo algumas delas possuir a gaiola de madeira característica do período subsequente. O prédio com águas em bico já é por norma mais bem constituído estruturalmente, sendo as suas paredes de alvenaria de pedra, grande parte das vezes emparelhada nos cunhais, sendo dotadas de uma maior capacidade resistente. Existe um maior cuidado na construção deste tipo de edifícios, resistindo ao terramoto e perdurando até aos dias de hoje, maioritariamente os que possuíam maior qualidade construtiva. Em ambos os tipos de edifícios os pavimentos são constituídos por vigamentos de madeira, com entregas nas fachadas e nas paredes paralelas a estas, sendo o revestimento do piso constituído por tábuas de solho. Os vãos vencidos por estes vigamentos são por norma bastante reduzidos, possuindo em média 3 metros. A estrutura da cobertura é totalmente constituída em madeira, variando esta com cada edifício, não havendo portanto nenhuma standardização em relação a medidas e a dimensões das secções de madeira. As fundações deste tipo de edifícios são constituídas por pedra calcária enterrada a pouca profundidade, onde posteriormente assentam as paredes.

### 3.2.2-Edifícios Pombalinos

Na manhã do dia 1 de Novembro de 1755, dia de Todos os Santos, Portugal assiste ao sismo que destruiu praticamente por completo toda a zona ribeirinha da cidade de Lisboa. Após o primeiro abalo, os habitantes saíram à rua convencidos de que o pior já teria acontecido e que ali estariam mais seguros, mas depararam-se com um segundo abalo que consequenciou a elevação do nível das águas do mar levando uma sucessão de ondas com grande velocidade e altura a varrer por completo a zona baixa da cidade. Surgem ainda em consequência, uma série de incêndios devastadores entre o Poço Real e as Portas de Santo Antão que só cessaram uma semana depois (figura 10).



**Figura 10- Terramoto de Lisboa de 1755 [Museu da cidade]**

Lisboa tornara-se então uma cidade com poucas condições de habitabilidade devido a falta de espaços salubres e à rápida proliferação de doenças, sendo urgente tomar medidas que iniciassem rapidamente a reconstrução da cidade bem como assegurar as condições mínimas de habitabilidade para os sobreviventes.

Sebastião José de Carvalho e Melo, o então Secretário de Estado dos Negócios Estrangeiros do Governo e da Guerra do governo d'El Rei D. José e futuro Marquês de Pombal (figura 11), rapidamente tomou medidas que permitiram à cidade iniciar a sua recuperação de uma forma racional, criando condições de salubridade e habitabilidade para os Lisboetas.



**Figura 11- Marquês de Pombal [adaptado de MIRANDA]**

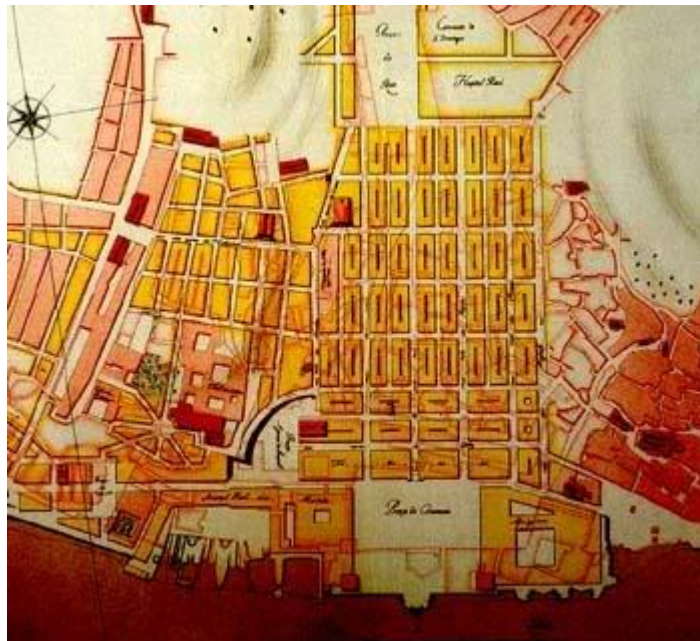
Apesar de ser grande a contestação da Nobreza mais conservadora e influente, Pombal conseguiu liderar um país em crise e formar uma equipa forte e coesa que garantisse o renascimento de Lisboa. D. José I confiou o destino da capital a Sebastião José, vendo nele a força e coragem necessária para a recuperação da própria nação. A equipa elaborada pelo Marquês de Pombal para reerguer Lisboa era liderada pelo sargento-mor Manuel da Maia, engenheiro militar da escola de Azevedo Fortes, que ao longo de várias dissertações apresentou, metódica e cientificamente, os possíveis caminhos para a construção da capital.

A restante equipa (figura 12) era constituída por outros grandes técnicos, entre eles Eugénio dos Santos, Carlos Mardel e Custódio Vieira, que após a morte de Manuel da Maia, devido à avançada idade, garantiram a continuidade da reconstrução da cidade.



**Figura 12-Marquês de Pombal e a reconstrução de Lisboa [Museu da Cidade]**

Manuel da Maia após ter pedido propostas de reconstrução da cidade a várias equipas de Engenheiros Militares, acabou por se decidir pela solução apresentada por Eugénio dos Santos. Esta apresentava um traçado ortogonal, enquadrando o novo e regularizado espaço do Terreiro do Paço, ficando este ligado ao Rossio pela Rua do Ouro e pela Rua Augusta, que juntamente com a Rua da Prata constituíam as três ruas mais nobres da cidade (figura 13). As ruas teriam 60 palmos de largura (cerca de 13,2 m), sendo 10 palmos (2,2 m) de cada lado destinados a passeios.



**Figura 13-Plano de Baixa Pombalina [adaptado de MIRANDA]**

Ao contrário do que acontecia nos edifícios pré-pombalinos, a conceção arquitetónica da malha urbana e dos edifícios de Lisboa foi fortemente condicionada por preocupações com o comportamento sísmico, construindo-se quarteirões uniformes e proporcionais sem descontinuidades estruturais nem discrepâncias volumétricas. Foram introduzidos neste tipo de edifícios conceitos como a construção antissísmica, pré-fabricação e standardização das soluções em grande escala, permitindo o controlo de custos, a rapidez de execução, bem como a qualidade construtiva.

Outro conceito fundamental surge na construção dos edifícios pombalinos, sendo ele a relação entre as consequências do sismo e o tipo de solo de fundação. O estudo desta temática levou a que fosse tomada a decisão de na reconstrução da Baixa, sobre solos fracos, aluvionares e lodosos, de se criar de um aterro bastante espesso com os próprios escombros da cidade, acompanhado da cravação de milhares de estacas de pinho verde que foram a base para o arranque das fundações dos novos edifícios (figura 14).



**Figura 14-- Estacas de pinho verde**

Analisando as características dos edifícios pombalinos, é possível identificar que estes são originalmente constituídos por 4 pisos mais águas furtadas, dispondo o piso térreo de um pé direito superior, permitindo a instalação de comércio ou armazéns, sendo os restantes pisos utilizados para habitação. A estrutura do piso térreo difere da do restante edifício, sendo esta constituída totalmente em pedra (figura 15).



**Figura 15- Edifício pombalino**

O teto deste piso é constituído por abobadas apoiadas em paredes, arcos ou pilares de pedra. As paredes exteriores são constituídas por paredes de 0,90 metros (em média), possuindo as interiores uma característica particular deste tipo de construção- a “gaiola pombalina” (figura 16).



**Figura 16- Pormenor do piso térreo dos edifícios pombalinos**

Foi então criado um sistema bastante racionalizado e normalizado, consistindo na construção de uma Gaiola de madeira (figura 17), composta por prumos e travessanhos, sendo este construídos respetivamente por secções de 15 por 13 centímetros e 10 por 13 centímetros. A parte superior dos prumos, é ligada pelos frechais, sendo estes os elementos responsáveis pela receção dos vigamentos dos pavimentos.



**Figura 17- Gaiola Pombalina [adaptado de CARDOSO]**

Esta gaiola de madeira era construída numa fase inicial da obra, sendo portanto os primeiros trabalhadores chamados os carpinteiros. Dada a grande aptidão naval portuguesa, existiam experientes carpinteiros navais que garantiam a qualidade construtiva deste tipo de sistema. Após bem estruturada a gaiola de madeira, era então altura de serem chamados os pedreiros à obra para se proceder ao enchimento das paredes com pedra, tijolo e cal. Esta técnica construtiva deve-se ao facto de se pretender garantir a estabilidade estrutural do edifício em caso de sismo. Após o abalo, a pedra desprender-se-ia da parede, ficando a estrutura de madeira a sustentar os pavimentos.

Relativamente aos pavimentos, estes eram constituídos por vigamentos apoiados nos frechais das paredes (figura 18), sendo assente por cima destes o soalho, servindo de revestimento do piso (figura 19). Estes

vigamentos conferem ainda travamento no plano perpendicular à fachada, melhorando o comportamento sísmico global do edifício.



**Figura 18- Ligação dos pavimentos às paredes [adaptado de MIRANDA]**



**Figura 19- Tábuas de solho dos pavimentos [adaptado de MIRANDA]**

Outra característica importante da construção pombalina é a utilização de paredes de empena meeiras de alvenaria, com espessura média de 0,5m, sem aberturas, desenvolvendo-se ao longo de todo o edifício bem como acima do mesmo. Estas paredes tinham um papel relevante como elementos de corta

fogo, visto este tipo de construção possuir uma elevada quantidade de madeira, dotando o edifício de uma grande carga térmica e de fácil



**Ilustração 1 - Paredes meeiras**

Ao longo do séc. XIX, e à medida que a memória do grande sismo se vai esvanecendo, o rigor e a qualidade da construção em Lisboa vai entrando em decaimento. A gaiola pombalina outrora bem constituída, com secções generosas e com uma estrutura normalizada bem definida, vai perdendo todas estas características com o tempo. Originar-se-ia então um novo tipo de edifício na cidade de Lisboa, denominado de “Gaioleiro”. Este termo era inicialmente atribuído aos próprios construtores dos edifícios, mas acabou por ficar ligado aquilo que os mesmos construía. Este tipo de edifícios está ligado essencialmente ao “prédio de rendimento”, existindo duas modalidades possíveis, a construção para venda, ou construção por encomenda destinado inicialmente ao aluguer por frações. O aumento demográfico no final do séc.XIX em Lisboa levou a que existisse um acréscimo da procura imobiliária na cidade, sendo os edifícios Gaioleiros um reflexo dessa realidade.

### **3.2.3-Edifícios Gaioleiros**

Realizando uma adaptação de APPLETON, “Reabilitação de Edifícios Gaioleiros”, é possível englobar as mais características evoluções em quatro grandes grupos:

3.2.3.1-Evolução espacial

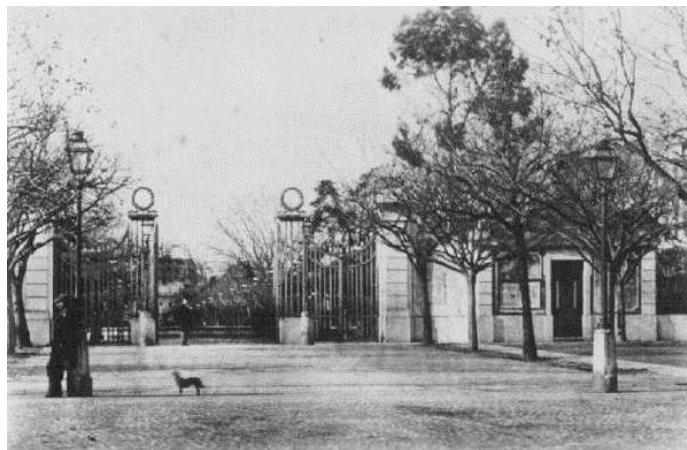
3.2.3.2-Evolução arquitetónica

3.2.3.3-Evolução da organização formal

3.2.3.4-Evolução do sistema construtivo

### 3.2.3.1-Evolução Espacial

Logo na fase do desenho da baixa pombalina a nova tendência seria expandir Lisboa para Norte. Contrariamente ao que era preconizado na cidade antiga, a circulação passar-se-ia a fazer Tejo a cima, estando a cidade delimitada por elementos naturais, a sul o rio e a nascente bem como poente as colinas. A norte abrem-se então dois vales aos quais a nova cidade pombalina oferece a possibilidade de entrar no mundo rural. Desta forma é criado o Passeio Público (figura 21), sendo este responsável pela ligação entre a cidade Pombalina e o meio rural. Era este espaço uma mescla entre o verde e a pedra onde a média e alta sociedade Lisboaeta passeava e ocupava os seus tempos de lazer.



**Figura 20- Passeio público [Arquivo Municipal de Lisboa]**

A partir de meados do séc. XIX surge a ideia de melhorar a cidade bem como as suas ligações ao seu exterior, e em 1864 é criada uma comissão para estudar um “Plano de Melhoramentos da cidade”. Dá-se então início no ano de 1879, às obras da avenida da Liberdade (figura 21), sendo a ideia original criar uma espécie de “boulevard”, à semelhança do que acontecia em Paris,

dotando desta forma a cidade de um espaço de serviço público nomeadamente para a burguesia.



**Figura 21- Av. da Liberdade (1900) [Arquivo Municipal de Lisboa]**

A construção desta avenida foi um início para a expansão da cidade a norte, sendo numa primeira fase bastante complicado o processo de expropriações visto ainda não existir na altura nenhuma legislação que facilitasse o processo. Assim o plano inicial que passaria por criar uma grande avenida que rasgasse Lisboa até norte, é então readaptado pelo Eng.º Frederico Ressano Garcia. Este propõe a criação de três avenidas, que contornariam as irregularidades topográficas, tonando a circulação em Lisboa mais suave, e mais integrada com a cidade. Desta forma seriam criadas três avenidas articuladas por duas rotundas-Av. Liberdade, Av. Fontes Pereira de Melo e Av. República (figura 22). Ao longo destas avenidas surgiriam então os novos quarteirões onde seria da responsabilidade privada a edificação dos mesmos.



**Figura 22- Avenidas de Ressano Garcia (1897) [Arquivo Municipal de Lisboa]**

A ideia seria a criação de urbanizações regradadas e homogéneas, respeitando e enquadrando-se na própria regra da expansão de Lisboa. Também o aproveitamento dos antigos arruamentos adjacentes às novas avenidas possui a intenção de integrar a cidade antiga num novo contexto, permitindo um desenvolvimento integrado e uma expansão coerente e homogénea da cidade. É então neste período até à década de 20 do séc. que a construção tipo gaioleira atinge o seu auge. A rápida expansão da cidade devido ao crescimento demográfico (figura 23) (Tabela1) leva a que migrem para Lisboa diversos construtores procurando uma oportunidade de negócio.

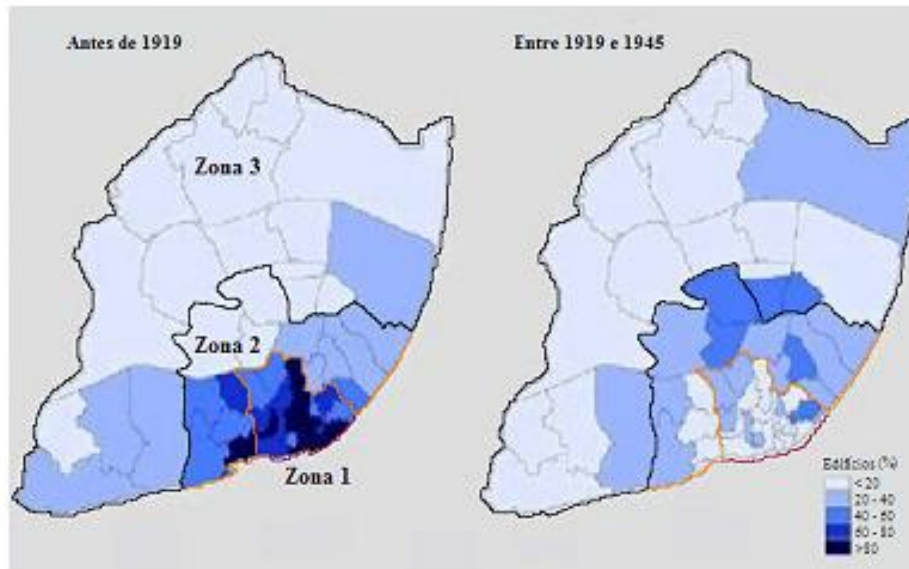


Figura 23-Distribuição percentual dos edifícios em Lisboa no séc.XX [adaptado de ANDRADE]

	1864	1878	1890	1900	1911	1920	1930
<b>Lisboa</b>	190311	240740	300964	351210	431738	484664	591939
Zona 1	102768	131926	139647	149615	163197	167209	171662
Zona 2	55761	70778	106842	136269	189533	227792	297153
Zona 3	31782	38037	54474	65325	79008	89663	123123
Zona 1 [%]	54,0	54,8	46,4	42,6	37,8	34,5	29,0
Zona 2 [%]	29,3	29,4	35,5	38,8	43,9	47,0	50,2
Zona 3 [%]	16,7	15,8	18,1	18,6	18,3	18,5	20,8

Tabela 1 – Distribuição percentual dos edifícios em Lisboa no séc.XIX e séc.XX [adaptado de ANDRADE]

### 3.2.3.1-Evolução arquitetónica

#### 3.2.3.2.1-ArquitECTURA exterior

Comparando o edifício gaioleiro com o pombalino, é possível evidenciar que houve uma tendência para construir edifícios maiores e mais altos, indo ao encontro dos interesses imobiliários típicos da época. Relativamente ao anterior período existe uma maior liberdade formal nos edifícios, passando a arte nova a ser a tendência neste tipo de construções. Relativamente ao exterior do edifício é possível realçar a porta de entrada, passando esta a ser um elemento bastante vistoso e convidativo. Estas portas (figura 24) podem ser de madeira ou de ferro (não usual no período anterior) pintadas a esmalte, geralmente bastante adornadas com postigos de vidro, possibilitando iluminação natural para as escadas bem como ventilação.



**Figura 24- Porta de edifício Gaioleiro**

As janelas são de madeiras resinosas, possuindo maiores vãos envidraçados bem como formas mais elaboradas e decorativas (figura 25). Outra característica das janelas é que estas passaram a ser de batente, ao contrário das janelas pombalinas que eram de guilhotina, variando também

entre janelas de sacada e de peito no mesmo piso. Outra característica dos edifícios gaioleiros é a utilização de guardas em ferro com desenhos e formas bastante complexos (figura 25).



**Figura 25- Pormenor das janelas e guardas**

As cantarias da fachada principal são geralmente em Lioz, tanto nas sacadas, como nas pedras de guarnição das janelas. Mais um exemplo da arte nova é a utilização de elementos decorativos na fachada, sendo a mesma delimitada em três distintas zonas, o soco, a zona intermédia e a platibanda, cada uma destas zonas com elementos adornais característicos. Existe um abandono da utilização do soco de pedra, em comparação com a construção pombalina, existindo uma preferência pela utilização de fingimentos de argamassa ou revestimento de azulejos. Também na platibanda os frisos decorativos em argamassa pintada com motivos florais ou azulejos com semelhantes características passam a ser frequentes. Relativamente à cobertura dos edifícios gaioleiros é possível identificar estrutura metálica e de vidro da claraboia (figura 26), servindo esta para iluminar as escadas interiores, bem como os topos dos saquões.



**Figura 26- Claraboia de caixa de escadas [adaptado de FERREIRA]**

A telha característica deste tipo de coberturas é a telha de marseille, sendo a sua utilização influenciada, à semelhança da restante arquitetura do edifício, pelos edifícios parisienses.

#### **3.2.3.2.2-Arquitetura interior**

Na zona de transição entre o exterior e o interior do edifício é habitual encontrar-se o chamado “ guarda-vento”. Esta zona do edifício tinha a função de proteger o interior do edifício dos agentes climáticos exteriores, criando uma espécie de antecâmara de entrada (figura 27).



**Figura 27- Guarda-vento [adaptado de FERREIRA]**

Geralmente nesta zona eram aplicados materiais mais resistentes, geralmente a pedra nos pavimentos e nas escadas, e no interior do edifício utilizar-se-ia então a madeira. Relativamente aos revestimentos interiores, tanto nas paredes como nos tetos, é usual a utilização de formas e ornatos moldados em estuque, bem como a utilização de fingimentos dados por frescos e têmperas (figura 28).



**Figura 28- Teto de estuque**

É também característico deste tipo de edifício a utilização de estuque pintado a imitar pedra, por norma nas zonas comuns (figura 29).



**Figura 29- Parede de estuque [adaptado de FERREIRA]**

Relativamente às portas de patamar é frequente a utilização de portas de casquinha ou pinho, sendo estas pintadas a imitar madeiras exóticas.

Estas portas são constituídas por duas folhas com bandeira opaca (figura 30). Também estas portas têm puxadores de madeiras bastante característicos.



**Figura 30- Porta interior [adaptado de FERREIRA]**

Também nas escadas do edifício é habitual existirem pormenores bastante exuberantes. Estas podem possuir guardas de madeira ou metálicas, sendo evidente a utilização de motivos florais de arte nova, aparentando sempre um aspeto robusto (figura 31).



**Figura 31- Escada interior [adaptado de ANDRADE]**

É neste período que se torna recorrente a utilização de claraboia para iluminação da escada interior. Esta localiza-se por cima do último patamar de

escadas, apresentando uma estrutura em ferro, possuindo vidros simples ou pintados multicolores, variando com a classe do edifício. Também nos edifícios de estratos sociais mais altos é possível encontrar elevador. Estes eram geralmente bastante luxuosos, possuindo cabines de madeiras exóticas e a restante estrutura metálica (figura 32).



**Figura 32- Compartimento de elevador [adaptado de ANDRADE]**

### **3.2.3.3-Evolução da organização formal**

Dadas as características dos fogos, existe uma preocupação com a habitabilidade e salubridade dos mesmos. Eram então construídas varandas ou marquises metálicas no tardo dos edifícios, permitindo uma maior ventilação do fogo bem como um ganho significativo na iluminação natural. É ainda também agregada uma escada de serviço à varanda ou marquise por questões de segurança (figura 33).



**Figura 33 – Escada de serviço**

Estas zonas de tardoiz confinam geralmente a cozinha, agregando na própria varanda ou marquise uma pia. Visto o fogo tipo ser bastante mais profundo do que largo, era introduzido sensivelmente a meio do edifício, encostado a uma ou a ambas as empenas, um saguão (figura 34) que permitia a ventilação dos fogos, bem como a iluminação natural.



**Figura 34- Saguão**

Tendo em vista a mesma intenção de iluminar naturalmente o edifício, foram também criadas claraboias no topo das escadas interiores, possibilitando a utilização das mesmas sem que fosse necessário recorrer a iluminação artificial. Foi também nesta época em que foram introduzidas as instalações sanitárias, sendo estas confinantes aos saguões, ou ao tardoiz do fogo, sendo

nestas zonas mais fácil de fazer o escoamento do esgoto doméstico por intermédio de tubos de queda em grés cerâmico, geralmente agregado exteriormente à parede (figura 35).



**Figura 35- Canalizações das I.S. no saguão [adaptado de MIRANDA]**

Uma característica deste tipo de construção é a criação de um espaço verde nas traseiras de cada edifício. Dada a constituição dos quarteirões Gaioleiros, este espaço verde era comum a todos os edifícios que constituíssem esse quarteirão.

#### **3.2.3.4-Evolução do sistema construtivo**

Existe uma decadência geral no rigor construtivo e nas metodologias comparativamente à construção pombalina. Divide-se então a caracterização construtiva dos edifícios gaioleiros por elementos, sendo eles os seguintes:

2.4.1-Fundações

2.4.2-Paredes

2.4.3-Pavimentos

2.4.4-Coberturas

2.4.5-Varandas e terraços no tardoz

2.4.6-Escadas metálicas no tardoz

### 3.2.4.1-Fundações

As fundações dos edifícios gaioleiros são geralmente constituídas por alvenaria de pedra rija calcária, ligadas com argamassas de areia e cal, geralmente na proporção 1:2, 1:2,5 ou 5:9. Este tipo de fundações assentava diretamente sobre rasgos em terra firme, e se tal não fosse possível fundava-se o edifício sobre pilares enterrados até uma cota que garantisse a estabilidade dos mesmos, e no seu topo eram criados arcos ou abóbadas servindo de suporte por sua vez às alvenarias (sistema menos utilizado).

A dimensão do cabouco é maior quanto maior for a importância estrutural da parede. As paredes de fachada têm uma dimensão superior às restantes, possuindo em média 0,96m, podendo por vezes a parede da fachada principal ser mais espessa que a parede de tardez. As fundações das paredes de empena, frontais (figura 36) e de saguão são mais estreitas que as anteriormente mencionadas, possuindo uma espessura média de 0,66m.

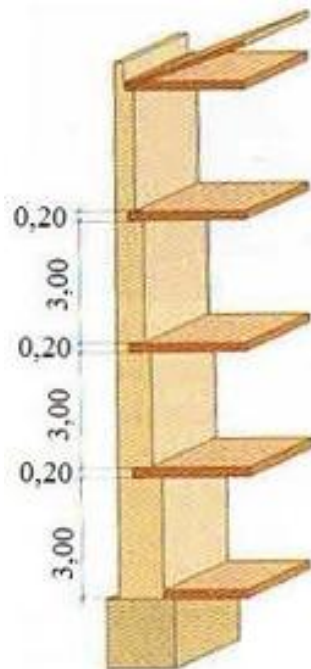


Figura 36- Fundação de frontal

### 3.2.4.2-Paredes

As paredes possuem características e funcionalidades distintas de acordo com a sua localização-exterior ou interior.

As paredes exteriores de fachada e de tardoç são de alvenaria de pedra irregular argamassada com cal e areia, geralmente ao traço 1:2, 1:2,5 ou 5:9. As empenas e paredes de saguão são constituídas por tijolo maciço assentado a duas vezes, sendo utilizada argamassa de areia e cal ao traço 1:2. Relativamente à espessura das paredes, estas são mais robustas quanto maior for a sua importância estrutural. Assim as paredes de fachada são mais generosas que as restantes, variando a sua espessura com ao número total de pisos. As dimensões das mesmas vão diminuindo ao longo da altura (figura 37), podendo atingir apenas 0,3 m nos pisos superiores, visto não ser necessária tanta capacidade resistente, e possibilitando um alívio do peso próprio.



**Figura 37- Espessura das paredes em altura [adaptado de APPLETON]**

Esta diminuição também se torna conveniente visto nos pisos superiores se conseguir um aumento da área útil. Costuma também ser frequente a fachada de tardoç ser menos espessa que a fachada principal. Relativamente às paredes de empena estas mostram-se normalmente menos espessas que as de fachada, sendo também frequente haver uma diminuição da sua espessura ao longo da altura, pelos mesmos motivos das paredes de fachada, podendo vir a atingir no piso mais elevado apenas 0,30m de espessura. As paredes do saguão possuem em regra uma

dimensão mais reduzida que as anteriores, e a sua diminuição de espessura em altura não é tão significativa como nas outras paredes já referenciadas.

As paredes interiores são subdivididas em dois grupos:

3.2.4.2.1-Paredes interiores resistentes

3.2.4.2.2-Paredes interiores divisórias

#### 3.2.4.2.1-Paredes interiores resistentes

As paredes resistentes interiores, usualmente denominadas de frontais, são geralmente paralelas às fachadas, podendo ser de pedra ou de tijolo. Assim se forem de pedra têm na sua constituição uma malha ortogonal de montantes e travessas de madeira, sendo esta malha mal estruturada, com secções pouco generosas e com pouco rigor construtivo relativamente à gaiola pombalina. Esta malha de madeira é posteriormente preenchida com pedra irregular argamassada. Os frontais podem também ser constituídos por alvenaria de tijolo furado, assente a uma ou meia vez, com argamassa de areia e cal ao traço 1:2. Estes elementos resistentes servem, à semelhança dos edifícios pombalinos, de apoio aos pavimentos de vigamentos de madeira (figura 38). Relativamente à espessura destas paredes elas possuem em média 0,16m, podendo à semelhança das exteriores e pelos mesmos motivos reduzir a sua secção ao longo da altura.

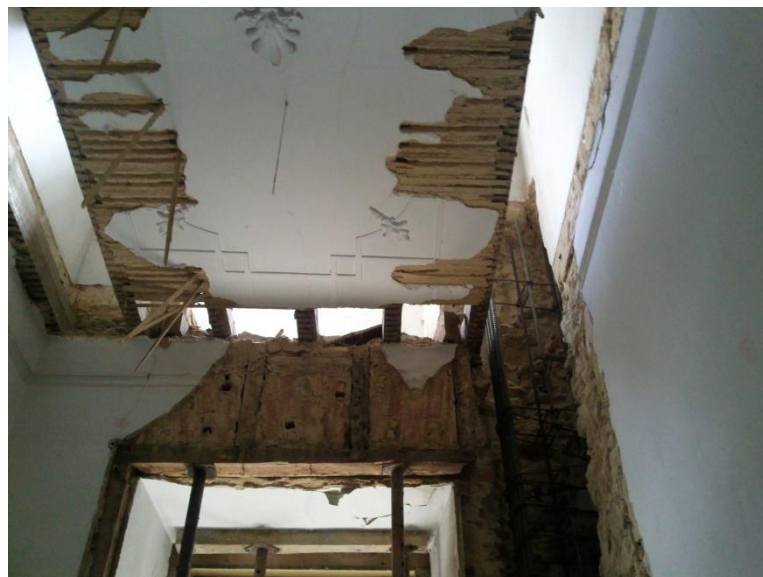


Figura 38- Parede interior resistente (ao centro)

### 3.2.4.2.2-Paredes interiores divisórias

As paredes divisórias podem ser paredes de tabique de prancha ao alto (costaneiras da terra, com 1 ½ polegadas) fasquiado (arco de castanho) e rebocado. Podem também ser paredes de alvenaria de tijolo furado, assente a ¼ vez (0,10m) ou a ½ vez (0,15m), sendo estas mais frequentemente utilizadas nas caixas das escadas, nas cozinhas, bem como nas instalações sanitárias. A espessura destas paredes depende da sua constituição, podendo os “costaneiros” possuir menos de 0,10m e os tabiques de tijolo variar entre 0,10 e 0,15. Este tipo de paredes são geralmente bastante deformáveis e com escassa resistência a esforços de compressão, corte e flexão.

Apesar da anterior divisão, podem ainda excepcionalmente existir paredes de tabique (figura 39) que recebam os pavimentos do piso superior, servindo assim de resistentes. Este facto demonstra bem a decadência desta fase da construção Lisboeta.



Figura 39- Paredes interiores não resistentes (à esquerda) [adaptado de MIRANDA]

### 3.2.4.3-Pavimentos

Relativamente aos pavimentos é possível encontrar dois tipos:

3.2.4.3.1-Estrutura de madeira

3.2.4.3.2-Estrutura metálica

### 3.2.4.3.1-Estrutura de madeira

Relativamente aos pavimentos de madeira, por norma os mais utilizados, são constituídos por vigamentos de 8x16 até 8x22, usualmente de pinho marítimo, e geralmente apoiados em frontais ou paredes de fachada. Estes vigamentos são simplesmente apoiados nas paredes (figura 40), tendo sido dispensada na maioria dos casos a utilização dos frechais ou das ensambladuras características do sistema pombalino. Era ainda usual haver um travamento perpendicular das vigas por entremeio de tarugos. Por cima dos vigamentos de madeira era assente o soalho (figura 41), vulgarmente em casquinha, pregado diretamente à estrutura dos pavimentos. Também se encontra com relativa frequência, edifícios em que as zonas húmidas, instalações sanitárias e cozinhas, possuem mosaicos como revestimento em vez do soalho. Este facto leva ao aparecimento do termo “assoalhadas”.



**Figura 40- Vigamentos do pavimento**



**Figura 41- Pavimento revestido a soalho**

#### **3.2.4.3.2-Estrutura metálica**

Este tipo de pavimentos aparece num período posterior da construção gaioleira e é frequente verem-se em estruturas de tardoiz, as chamadas varandas ou marquises, ou ainda em zonas húmidas. A sua estrutura é composta por vigas metálicas de secção I ou T invertido, sendo nelas apoiadas abóbodas de alvenaria de tijolo maciço, sendo feito um enchimento de argamassa de cal ou cimento (figura 42). As vigas metálicas, do lado exterior, são apoiadas na viga de bordadura também esta metálica, sendo depois apoiada por pilares do mesmo material com secção circular ou em I. Do lado da fachada posterior, as vigas que suportam as abobadas são chumbadas diretamente à parede por entremeio de "caudas de andorinha". As dimensões deste tipo de estrutura era bastante variável, dependendo do vão a vencer, embora na sua globalidade se apresentassem sempre bastante esbeltas.

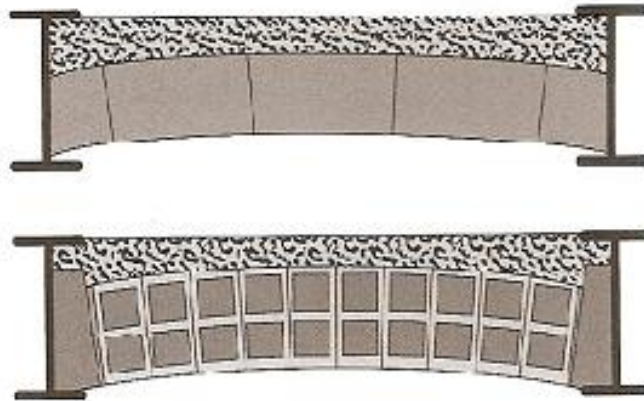


Figura 42- Pavimentos de estrutura metálica [adaptado de ANDRADE]

#### 3.2.4.4-Coberturas

O sistema estrutural da cobertura, à semelhança da construção pombalina, é de madeira de pinho (figura 43) revestida com telha de marseille, adaptando-se à compartimentação dos sótãos permitindo a sua utilização. Embora não seja totalmente respeitada a continuidade da estrutura subjacente, existia uma relativa preocupação com a correta execução da cobertura visto uma negligente conceção da mesma resultar em diversas patologias visíveis ao fim de poucos anos.

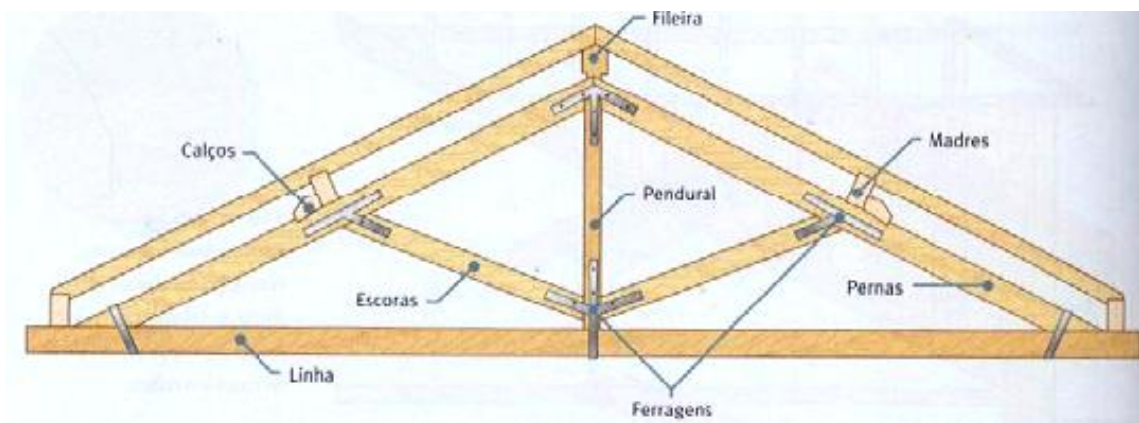


Figura 43- Estrutura da cobertura [adaptado de APPLETON]

#### **3.2.4.5-Varandas e terraços no tardo**

As varandas e terraços no tardo dos edifícios gaioleiros é uma característica marcante neste tipo de construção. Geralmente apresentavam estruturas metálicas bastante esbeltas agregadas ao próprio edifício. O sistema construtivo já foi explicado anteriormente em 3.2.4.3.2- Pavimentos com estrutura metálica.

#### **3.2.4.6-Escadas metálicas no tardo**

As escadas metálicas no tardo é mais uma característica dos edifícios gaioleiros, estando a mesma agregada à estrutura da varanda ou terraço. Estes elementos aparecem para constituírem um acesso de serviço e ao mesmo tempo uma saída de emergência e levam a tivesse existido uma alavancagem na utilização do ferro e de novos sistemas construtivos.

## CAPIV- Vulnerabilidade Sísmica de edifícios Antigos

### 4.1-Nota introdutória

A constituição dos edifícios antigos resulta numa grande preocupação por parte das equipas de técnicos que intervencionam este tipo de estruturas. A menor adequação estrutural dos materiais com que esses edifícios foram construídos, bem como os incorretos processos construtivos, traduzem num agravamento de um fator inerente a estes edifícios, sendo ele o tempo. Este é responsável pela degradação natural das estruturas mas quando mal executadas, sendo vulgar nalgumas tipologias de edifícios antigos, resulta em edifícios com muito fraco comportamento em caso de sismos.

Visto nas intervenções levadas a cabo durante o período de estágio existir uma notória preocupação relativamente à segurança em caso de sismo, e tendo sido adaptada a regulamentação em vigor, sendo esta demasiado exigente para este tipo de construções, é então necessário justificar o porque da criação de uma nova estrutura interior, apenas contabilizando, para efeito de dimensionamento, a massa da estrutura antiga, desprezando geralmente a sua capacidade resistente.

Assim, e como forma de justificar o tipo de intervenções estruturais posteriormente apresentadas, apresentar-se-á este capítulo com o intuito de abordar esta questão, não sendo a mesma revista exaustivamente, dado o contexto do tema do presente trabalho final de mestrado.

O presente capítulo é uma adaptação da dissertação para a obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Civil de ANDRADE, Hugo, intitulada de “Caracterização de edifícios gaioleiros” [1], da tese para a obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Civil de CANDEIAS, Paulo J. intitulada de “Avaliação sísmica de edifícios existentes – Contribuição para a avaliação da vulnerabilidade em Portugal” [8], bem como da Tese de Doutoramento em Engenharia Civil de CANDEIAS, Paulo J. intitulada de “ Avaliação da vulnerabilidade sísmica de edifícios de alvenaria” [7]

## 4.2- Avaliação da vulnerabilidade sísmica

A avaliação da vulnerabilidade sísmica pode ser efetuada individualmente isolando as características de cada edifícios, ou ser encarada num contexto coletivo quando se recorre à caracterização de um quarteirão com o mesmo tipo de características em todos os edifícios agrupados.

No caso de o edifício ser analisado individualmente, a avaliação resulta de um processo de recolha de informações sobre a sua estrutura, de modelação dos elementos estruturais e não estruturais, de análise da sua capacidade sísmica e de comparação com a solicitação sísmica pretendida para obter a resposta expectável.






Quando a análise se torna global e encara o edificado por tipologias construtivas, com características comuns e distintivas das demais, é associada a cada uma delas é um protótipo que incorpora um conjunto de características globais e que define o comportamento considerado geral da tipologia

Este tipo de avaliação é possível de ser realizado na maioria das tipologias de edifícios, embora a grande variabilidade de características entre os edifícios da própria tipologia apresentem disparidades, sendo assim uma análise menos eficaz comparativamente à realizada ao edifício em causa. Dependendo do tipo de intervenção e da quantidade de informação obtida, é possível definir níveis de complexidade para a avaliação sísmica, podendo a obtenção destes dados dividir-se essencialmente em métodos de vulnerabilidade calculada ou métodos de vulnerabilidade observada ou subjetiva.

Nos primeiros métodos de análise mencionados, incluem-se os que avaliam a resposta sísmica e os danos, podendo ser representados diretamente como uma função da excitação, incorporando a resposta sísmica, designada por curvas de vulnerabilidade. Nos segundos a avaliação é mais expedita, baseada em indicadores de vulnerabilidade a que se associam classes de vulnerabilidade. As informações utilizadas são usualmente estatísticas de danos reais causados por sismos.

Em ambos os métodos estabelecem-se classes, onde cada uma classifica a vulnerabilidade sísmica dos edifícios.

**Tabela 2 - Classe de Danos [adaptado de CANDEIAS]**

<b>Classes de dados</b>	<b>Fendilhação geral dos danos</b>	
Grau 1: Danos desprezáveis e leves	Fendilhação ligeira em algumas paredes	
	Queda de rebocos em zonas	
	Poucos casos de queda de pedras soltas, de zonas superiores	
Grau 2: Danos moderados (danos estruturais ligeiros, danos não estruturais)	Fendilhação em muitas paredes	
	Queda de reboco com dimensões importantes	
	Colapsos parciais de chaminés	
Grau 3: Danos substanciais a severos (danos estruturais moderados, danos não estruturais severos)	Fendilhação larga e profunda na maioria das paredes	
	Desagregação das telhas da cobertura	
	Rotura das chaminés no plano da cobertura	
	Rotura de elementos não estruturais como paredes divisórias e parte triangular das empenas	
Grau 4: Danos muito severos	Rotura de paredes	
	Rotura parcial de pavimentos e cobertura	
Grau 5: Colapso	Grande parte ou totalidade do edifício em ruína	

### 4.3-Vulnerabilidade Sísmica dos edifícios de Alvenaria

A vulnerabilidade sísmica dos edifícios está diretamente ligada ao tipo de materiais utilizados bem como os tipos de processos construtivos. Desta forma, os principais fatores de vulnerabilidade dos edifícios são:

- o tipo de elementos resistentes;
- Forma dos elementos estruturais (dimensões em planta e em altura);
- Disposições de dimensionamento do projeto;
- Qualidade construtiva;
- Materiais e metodologias construtivas;

Dada a inexistência da consideração da ação sísmica nos edifícios antigos, estes fatores tornam preponderantes a vulnerabilidade sísmica das estruturas. Este facto é comprovado pelos diversos levantamentos que se tem efetuado, verificando a falta de desempenho sísmico na maioria das tipologias. É possível também à vulnerabilidade sísmica distinguir os edifícios antigos em 3 tipologias, sendo elas os edifícios pré-pombalinos, anteriores a 1755, os edifícios pombalinos e os edifícios gaioleiros. Embora estes três tipos de edifícios apresentem alvenaria em pedra tem comportamentos ao sismo completamente diferentes.

Antes do terramoto de 1755, a preocupação com a possibilidade de ocorrência de sismos era inexistente, e por isso não se constata nas construções quaisquer disposições que o pudessem traduzir. Este facto aliado à fraca qualidade dos materiais e a sua degradação provocada pelo tempo leva a que esta tipologia apresente atualmente uma vulnerabilidade sísmica elevada.

Após o terramoto, a filosofia de dimensionamento é completamente alterada, tendo-se adotado nos edifícios pombalinos procedimentos e técnicas construtivas que contemplavam preocupações antissísmicas. Desta forma aparecem por exemplo as estacas de madeira na fundação deste tipo de edifícios bem como o funcionamento global da estrutura utilizando a gaiola pombalina, sendo esta constituída por madeira face ao seu comportamento dúctil e à sua eficácia no caso de ações sísmicas.

A partir da segunda metade do século XIX, à medida que a memória da catástrofe desvanece e a entrada no mercado da construção de empreiteiros cujo objetivo era o enriquecimento rápido, a qualidade dos edifícios é comprometida, tendo sido os processos construtivos anteriormente utilizados que garantiam a resistência sísmica dos edifícios, postos em causa. As fundações passaram a excluir as estacas de madeira bem como a constituição da gaiola pombalina ter perdido todo o seu rigor e qualidade construtiva. À medida que se avançava para o séc. XX, o parque habitacional possuía cada vez menos capacidade resistente em termos sísmicos, tendo resultado numa herança e num desafio para os técnicos que atualmente se deparam com este tipo de intervenções.

#### 4.4-Vulnerabilidade Sísmica nos edifícios Gaioleiros

Dada a filosofia de intervenção nos edifícios posteriormente apresentados, com a criação de uma estrutura interior de betão armado, entre outros objetivos dotar o edifício de capacidade resistente em termos sísmicos de acordo com regras atuais, apresenta-se este subcapítulo sobre a vulnerabilidade sísmica dos edifícios gaioleiros.

Para ser efetuada uma análise à vulnerabilidade sísmica desta tipologia ir-se-á recorrer às informações recolhidas à data das últimas catástrofes em Portugal. Dada a ocorrência bastante espaçada no tempo de sismos de grande intensidade em Portugal Continental existe muito pouca informação relativamente às consequências que um abalo pode desencadear neste tipo de edifícios.

Atendendo à época de construção dos edifícios gaioleiros, os sismos mais representativos em Portugal Continental foram o de Benavente em 1909 e o de Lisboa em 1969. No primeiro caso, o sismo de 23 de Abril de 1909, as tipologias construtivas presentes no epicentro eram maioritariamente de alvenaria de taipa ou de tijolo cru, sendo os edifícios constituídos por um único piso, tornado inviável a recolha de informação relevante relativamente aos edifícios gaioleiros.

Observando os dados resultantes do sismo de 28 de Fevereiro de 1969 é possível encontrar descrições de danos que podem ser relacionados com esta tipologia construtiva. Embora muitas das observações efetuadas em edifícios de alvenaria se reportem a edifícios públicos (igrejas, hospitais e faróis), encontram-se também algumas relativas a edifícios com características construtivas semelhantes às dos edifícios Gaioleiros, tanto em metodologias construtivas bem como proximidade cronológica.

Os relatórios dos estragos resultantes deste sismo a estas tipologias resultam numa atribuição de responsabilidade à má qualidade da alvenaria, ao defeituoso travamento das paredes resistentes dos edifícios bem como ao elevado estado de deterioração dos materiais. Também a ligação das paredes divisórias à estrutura é deficiente, sendo esta frequentemente efetuada por simples encosto sem qualquer interligação dos elementos entre si, do que resultam muitas vezes fendas nos cunhais, com o conseqüente desaparecimento das

paredes-mestras. Outra característica fundamental para um bom comportamento sísmico, é a rigidez introduzida pelos vigamentos de madeira, sendo estes ligados ortogonalmente as paredes resistentes para conferir a estas um travamento segundo o eixo de menor inercia das paredes, assegurando uma resistência global da estrutura. Devido à falta de rigidez por parte destes elementos neste tipo de tipologias, o efeito de diafragma rígido não se verifica, comprometendo desta forma a vulnerabilidade dos próprios elementos, apresentando estas variações dimensionais ou distorções em caso de sismo, bem como não dotar globalmente a estrutura deste efeito tão importante neste tipo de estruturas.

A deficiente ligação entre elementos principais, associada à baixa rigidez dos pavimentos e fraca qualidade das alvenarias, leva a que o sistema de travamento não se comporte como um todo, comprometendo a transmissão das forças provenientes do sismo às fundações do edifício. Nestas situações os frechais são elementos decisivos para que o edifício tenha um bom comportamento sísmico, mas a inexistência em alguns casos, destes elementos nos edifícios gaioleiros, contribui ainda mais para o aumento da vulnerabilidade sísmica deste tipo de edifícios.

Também o aumento do número de pisos comparativamente ao praticado nas tipologias anteriores é um fator que compromete fortemente a resistência sísmica. A introdução de mais pisos leva a que o edifício suporte mais carga e possua uma frequência de vibração mais prejudicial à integridade estrutural do edifício. Outra prática corrente nesta tipologia é o aumento de pés direitos, bem como o aumento de vãos e diminuição das secções horizontais. Uma junção de todos estes fatores de prática corrente em edifícios gaioleiros aumenta significativamente a vulnerabilidade sísmica dos mesmos.

Dada a distribuição espacial dos edifícios gaioleiro é também possível observar os seus terrenos de fundação. Para tal é possível observar a na carta de vulnerabilidade sísmica da cidade de Lisboa o desenvolvimento destes edifícios e é possível identificar uma significativa presença em zonas de média e alta vulnerabilidade sísmica. Esta característica aliada à falta de qualidade das fundações bem como da meteorologia de dimensionamento

(tendo sido apenas dimensionadas para cargas verticais), faz com que as fundações e os terrenos a elas subjacentes não estejam preparados para resistir a forças horizontais, ficando comprometida a integridade estrutural do edifício em caso de sismo.

Analisando todas as características que comprometem a segurança estrutural destes edifícios em caso de sismo é importante dimensionar soluções que se enquadrem à atual legislação de conservação arquitetónica destes edifícios, garantindo no entanto a segurança de todo o parque edificado. É assim necessário criar soluções tipificadas, que permitam intervenções profundas a nível estrutural, e não apenas em nível estético. O próximo capítulo apresentará algumas soluções estruturais que tem, entre outras preocupações, a intenção de incrementar a segurança estrutural dos edifícios intervencionados.



## CAP V- Critérios para a intervenção em edifícios antigos

### 5.0-Nota introdutória

Antes de ser iniciada qualquer intervenção de âmbito mais profundo em qualquer uma que seja a tipologia dos edifícios antigos é necessário *à priori* averiguar qual o uso que será dado ao mesmo e conseqüentemente se este está ou não preparado para o fim a que se destina. Torna-se assim imperativo realizar um levantamento que averigue o desempenho do edifício, servindo como base para o tipo de intervenções a efetuar. Desta forma poder-se-ão definir critérios segundo os quais poderá ser regida a intervenção no edifício. Os critérios orientadores na intervenção em edifícios antigos aqui apresentados resultam de uma adaptação da obra “Reabilitação de edifícios gaioleiros” de APPLETON, [4] sendo eles:

5.1-Exigências de segurança

5.2-Exigências de habitabilidade

5.3-Exigências de uso

5.4-Exigências económicas

5.5-Exigências estéticas

### 5.1-Exigências de segurança

Este é porventura o critério de intervenção mais importante. Qualquer reabilitação efetuada num edifício não será bem-sucedida se não salvaguardar a segurança do mesmo. Este critério pode subdividir-se em mais três tópicos:

5.1.1-Segurança estrutural em geral

5.1.2-Segurança em caso de sismo

5.1.3-Segurança contra riscos de incendio

### 5.1.1-Segurança estrutural em geral

Quando é realizada uma reabilitação num edifício antigo a segurança estrutural terá que ser assegurada para a utilização normal do edifício e para casos extraordinários. Assim, e dadas as características da generalidade dos edifícios antigos, estes carecem de intervenções de reforço estrutural, devendo os níveis de segurança para as solicitações permanentes ou acidentais não sísmicas serem compatíveis com os regulamentos em vigor. Já no que se refere à ação sísmica o grau de segurança a atingir estará forçosamente relacionado com o grau de profundidade da intervenção possível face aos condicionamentos que se imponham em cada caso, mas tendo-se sempre como princípio norteador o de se obter uma capacidade sísmica resistente o mais elevada possível. O limite desejável, e que só normalmente é possível quando todo o edifício está acessível e disponível, é que se obtenha um resultado final correspondente às atuais exigências regulamentares aplicáveis.

### 5.1.2-Segurança em caso de sismo

Este critério é de extrema importância e deverá contemplar soluções que diminuam a vulnerabilidade sísmica do edifício. Assim deverá prezar-se por um aumento global da rigidez bem como da resistência do edifício, visando a diminuição dos efeitos da ação sísmica. Tendo em vista reduzir ao máximo as excentricidades através da minimização do afastamento entre os centros de massa e de rigidez do edifício, deverão procurar-se soluções regulares e contínuas e com a possível simétrica, e que não introduzam na estrutura maiores graus de complexidade.

### 5.1.3-Segurança contra riscos de incendio

Dada a natureza dos edifícios antigos, possuindo todos uma grande parte dos seus elementos estruturais em madeira, a salvaguarda deste critério é de extrema importância. A grande carga térmica resultante da utilização destes edifícios (predominância de escritórios e habitação) resulta na combinação de fatores que tornam este tipo de edifícios bastante vulneráveis à ocorrência e propagação de incendio. Para contrariar estes

factos deverão ser adotadas medidas como a utilização de pavimentos em materiais corta-fogo, impedindo a propagação entre pisos, aumentar a altura das paredes corta-fogo minimizando o risco de propagação aos edifícios adjacentes, proteger a estrutura do edifício salvaguardando a integridade da mesma durante o maior período possível, dotar o edifício de meios de combate a incendio como extintores, carretéis, entre outros, melhorar as escadas de serviço do edifício, aumentando na sua capacidade de fuga em caso de incêndio, dotando as mesmas de portas para chamas e a aplicação de um sistema de desenfumagem ou ainda a criação de escadas de emergência que permitam a evacuação do edifício em caso de incendio.

## **5.2-Exigências de habitabilidade**

Com o avançar do tempo, o aumento das exigências relativamente às condições de habitabilidade dos fogos introduz uma série de medidas que devem ser respeitadas em prol da qualidade de vida nestas habitações. Assim pode-se dividir as várias exigências em:

5.2.1-Conforto térmico

5.2.2-Qualidade do ar

5.2.3-Impermeabilidade à água

5.2.4-Conforto acústico

### **5.2.1-Conforto térmico**

Os edifícios antigos possuem propriedades construtivas que atribuem características específicas a este tipo de habitações. Dada a constituição das paredes exteriores, sendo elas em pedra e geralmente de espessura elevada, traduz num aumento da inercia térmica que se mostra favorável ao conforto térmico. No entanto existem geralmente zonas mais delicadas dos edifícios que possuem fraca qualidade higrotérmica. Estas zonas são o piso térreo e o ultimo andar. O piso térreo geralmente é um fogo bastante frio, durante todo o ano, dadas as características da envolvente opaca bem como da pouca luminosidade a que este está sujeito. Os pisos elevados são bastante quentes

no verão e frios no inverno devido aos maus isolamentos da cobertura, existindo uma grande permeabilidade térmica através deste elemento, piorando as condições higrotérmicas da habitação. Estes aspetos resultam geralmente no aparecimento de patologias, nomeadamente a humidade. Assim, durante a reabilitação destas tipologias, é necessário garantir um isolamento devidamente calculado segundo a legislação aplicável.

### 5.2.2-Qualidade do ar

É frequente encontrar edifícios antigos em que na altura da conceção do seu projeto, quando este existe, não tenham sido manifestadas quaisquer preocupações relativamente à qualidade do ar interior. É assim importante dotar o edifício de sistemas que permitam uma adequada renovação do ar, garantindo a existência de condições de habitabilidade. Assim dever-se-á, quando possível, proceder à ventilação por correntes de convecção, usando para o efeito a entrada do edifício e a claraboia ou lanternim. Poder-se-á adaptar também a arquitetura interior do edifício, promovendo a ventilação longitudinal dos espaços, melhorando desta forma a renovação do ar interior.

### 5.2.3-Impermeabilidade à água

A estanquidade à água é uma característica importante no que respeita à conservação do edifício. Dadas as características dos materiais construtivos, a água é um elemento que acelera o processo de degradação dos edifícios, devendo por este motivo garantir a estanquidade do mesmo. É recorrente encontrar humidade ascensorial nas paredes de alvenaria dos edifícios antigos. Para prevenir a ocorrência desta patologia deverá ser assegurada a drenagem dos vazios sanitários, não permitindo a acumulação de água junto ao paramento vertical, diminuindo desta forma a absorção por parte da parede. Quando esta solução só por si não resulta então ter-se-á que proceder à impermeabilização das paredes ao nível do piso térreo.

#### 5.2.4-Conforto acústico

A constituição dos edifícios antigos atribui características em termos acústicos a este tipo de tipologias. Por norma, as paredes exteriores são de pedra, vulgarmente com uma espessura elevada, resultando em elementos com satisfatório isolamento acústico. Torna-se necessário intervir nos envidraçados, bem como nas portadas, sendo estes os elementos responsáveis pela maior perda de isolamento acústico pelo exterior. Relativamente ao isolamento interior, é importante assegurar um bom isolamento entre fogos, nomeadamente entre pisos distintos, sendo as lajes e escadas deste tipo de edifícios muito pouco satisfatórias em termos acústicos.

#### 5.3-Exigências de uso

As exigências de uso foram aumentando com o passar do tempo. Este tipo de edifícios apresenta poucas preocupações relativamente à funcionalidade bem como acessibilidade dos seus espaços. É então bastante importante adequar estas tipologias às necessidades atuais, sendo exemplo disso a criação de courettes para a introdução de instalações técnicas. É também fundamental dotar o edifício de acesso à cobertura para poderem ser efetuadas ações de limpeza e manutenção, visto ser neste elemento onde se encontra o maior número de patologias e por onde, em muitos casos, se dá origem à degradação do edifício. Relativamente à acessibilidade é também fundamental contemplar medidas que permitam o acesso às habitações de idosos e de cidadãos com mobilidade reduzida. Para tal deverão otimizar-se as escadas dos edifícios e introduzir elevadores ou plataformas elevatórias que melhorem as condições de acessibilidade.

#### 5.4-Exigências económicas

Este é o aspeto não técnico mais importante na reabilitação de edifícios. O tipo de intervenção é sempre condicionado por motivos económicos. Assim poder-se-ão efetuar, em maior ou menor escala, intervenções consoante o capital que o proprietário queira investir. Assim distingue-se os custos de reabilitação dos custos de manutenção. Quando uma reabilitação é mais

profunda, aumentam os custos de reabilitação, mas irão diminuir os custos de manutenção daí em diante. Esta opção do proprietário deverá ser respeitada pelos técnicos, devendo estes otimizar o tipo intervenções e soluções possíveis de realizar dentro do âmbito das melhorias a dotar ao edifício.

### **5.5-Exigências estéticas**

Grande parte dos edifícios antigos não pode sofrer alterações estéticas exteriores profundas. Este facto prende-se com a necessidade de preservar a sua história, não descaracterizando o edifício nem a própria zona. Assim a geometria das fachadas deverá permanecer; a introdução de algumas alterações ao nível do piso térreo visando a criação de comércio deverá ser evitada ao máximo, salvo nos casos em que seja executada uma nova estrutura resistente completa. Devem ser mantidos ou recuperados todos os aspetos característicos dos edifícios, como estuques, pinturas, madeiras ou vidros. A introdução de novos pisos é possível desde que a altura do edifício não desvirtue a envolvente exterior, e desde que garanta uma continuidade estética da própria fachada. Quaisquer alterações devem ser compatíveis com o edifício, enquadrando este e garantindo um correto funcionamento entre diferentes sistemas construtivos.

## CAP VI- Inspeção e Diagnóstico

### 6.1-Nota introdutória

O presente capítulo tem como objetivo a apresentação das etapas de intervenção e diagnóstico, bem como dos ensaios a realizar durante o processo de intervenção em edifícios. A informação aqui contida é uma adaptação da tese para obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil de PENA, André, intitulada de “Análise do comportamento sísmico de um edifício pombalino” [16].

Para proceder à reabilitação de um edifício é necessário numa primeira fase realizar uma análise rigorosa do estado de conservação do mesmo, recorrendo a visitas minuciosas ao local bem como conhecer a génese e os processos construtivos iniciais, para poder concluir em função das patologias quais os elementos que necessitam de reparação e de que modo essa reparação irá ser efetuada. Estas informações são de extrema importância e devem ser consultadas sempre que existiam registos das mesmas. A tipologia de construção é extremamente importante visto existirem uma série de patologias distintas para cada tipo de edifício, sendo a causa dessas patologias por vezes comum dentro da mesma patologia. Desta forma, e de uma forma muito sucinta, é possível identificar quais os aspetos críticos num edifício e efetuar *à posteriori* uma campanha de ensaios mais rigorosos e objetivos em função das características do edifício.

Quanto mais antigo é o edifício, mais difícil se torna a consulta, ou mesmo a existência de elementos informativos, como os projetos originais, dificultando em grande parte o trabalho dos técnicos. Para além disso, muitas das técnicas construtivas e materiais utilizados na época da construção, foram ao longo dos anos desaparecendo e fazendo com que seja pouco predominante a existência de técnicos especializados. Devido à vulgar escassez de informação relativamente aos edifícios antigos é portanto necessário recorrer-se a um levantamento exaustivo da arquitetura e planimetria numa primeira fase, e posteriormente proceder-se a um levantamento estrutural com o intuito de compreender o comportamento global da estrutura. Embora as tipologias construtivas dos edifícios antigos já tenham sido bastante estudadas, devido à

volatilidade dos processos construtivos e à decadência construtiva com o passar dos anos, é recorrente encontrar pormenores e situações bastante particulares na reabilitação de edifícios. Assim é de extrema importância avaliar todas as características e particularidades do edifício intervencionado, estruturando soluções e metodologias consoante a realidade encontrada.

### **6.2-Etapas da campanha de inspeção**

Assim antes de ser dado início à fase de projeto de edifícios antigos, é importante organizar uma campanha de inspeção debruçando-se essencialmente nos seguintes aspetos:

6.2.1- Averiguar a tipologia construtiva do edifício e conseqüentemente se o este respeita a construção inicial.

6.2.2- Analisar a estrutura do edifício e determinar as características geométricas dos elementos estruturais.

6.2.3-Identificar as patologias presentes no edifício bem como as respetivas causas.

6.2.4-Obter as características mecânicas dos materiais utilizados na construção do edifício, bem como o estado de conservação dos mesmos, recorrendo a ensaios que permitam avaliar e caracterizar, essencialmente, o módulo de elasticidade de Young e as tensões admissíveis à compressão, flexão e corte.

Relativamente à averiguação da originalidade do edifício ou se as alterações realizadas ao longo do tempo respeitam a construção inicial é possível estudar usando os projetos iniciais, quando estes existem. Para tal

deverá ser efetuada uma consulta no arquivo municipal ou no ministério das finanças, por forma a conseguir elementos que tivessem servido de projeto inicial do edifício. Se tais documentos existirem, é realizada uma comparação entre o edifício e as peças escritas e/ou desenhadas, averiguando e analisando se existem alterações, ou na presença destas que contribuições tem para a restante estrutura. É de extrema importância analisar as paredes exteriores bem como interiores, com particular atenção a fachadas e frontais, visto estes elementos serem geralmente resistentes nos edifícios antigos, possuindo uma grande importância na análise estrutural. Quando estes elementos não existem, é necessário recorrer ao conhecimento empírico sobre estas tipologias construtivas, averiguando se as características existentes contrariam em algum aspeto a tipologia do edifício, e caso tal aconteça quais as implicações destas alterações para a integridade da estrutura do edifício. Relativamente ao levantamento dimensional da estrutura, este é de extrema importância visto ser possível analisar se as secções do edifício são suficientes, se podem ser reaproveitadas ou ainda reforçadas. Para tal deverão ser medidas as espessuras de todas as paredes, fazendo corresponder em função da dimensão da mesma uma função estrutural. Devem ainda ser avaliados os vigamentos dos pavimentos e analisar as secções bem como o estado de conservação destes elementos. Nesta fase, se tal for conveniente, poderão ser utilizadas técnicas menos tradicionais para a recolha de informação relativamente às características geométricas dos elementos estruturais. Relativamente às fundações poderão ser efetuadas sondagens averiguando as características destes elementos, servindo também numa fase posterior para obtenção de informação relativamente as propriedades dos materiais não só do edifício mas também do terreno). Quando é realizada uma análise das patologias, esta deve ter o intuito de procurar a razão dessa ocorrência. É pois essencial associar os efeitos no edifício às causas, para poderem ser definidas soluções e filosofias de reparação. É de extrema importância identificar a origem da patologia e se esta se resolve apenas reparando o que é diretamente observável, ou se é necessário resolver situações mais profundas que levam à existência dos respetivos efeitos. Devem ainda ser analisadas as características mecânicas dos materiais, quer existentes quer a introduzir, visto ser de extrema importância na altura da elaboração dos modelos estruturais, saber a capacidade resistente dos

mesmos. Estes modelos devem contemplar não só os eventuais reforços estruturais bem como a existente estrutura, sendo imprescindível realizar uma análise combinada, visando o rigor na obtenção do comportamento estrutural. Para a determinação destas propriedades dos materiais é necessário recorrer a técnicas e ensaios que serão abordados no capítulo seguinte.

### 6.3-Técnicas de inspeção e ensaio

A fase de inspeção e diagnóstico quando realizada por técnicos com experiência neste tipo de trabalhos, bem como neste tipo de tipologias, possui etapas de obtenção de dados mais racionalizadas. A experiência leva a que em função das características do edifício e de uma posterior inspeção visual, sejam efetuados apenas os ensaios e levantamentos que se achem essenciais, não existindo desta forma recolha de informação excessiva que possa inclusive ser motivo de dispersão e acarretar perdas inúteis de tempo e dinheiro.

Para se proceder a uma correta recolha de informações relativamente as características mecânicas dos materiais constituintes dos edifícios antigos, nomeadamente dos seus elementos estruturais, é importante que sejam realizados ensaios. Estes ensaios podem ser caracterizados como não destrutivos, pouco destrutivos ou destrutivos. Dada a natureza das estruturas deste tipo de edifícios é sempre preferível optar pela utilização de técnicas não destrutivas ou pouco destrutivas, mas por vezes o tipo de informações que estas fornecem pode ser escasso. Desta forma é necessário encontrar um equilíbrio, sobre quais as necessidades concretas de levantamento, optando sempre que possível por técnicas que não causem sobretudo danos estruturais ao edifício; porem, se tal for indispensável, o programa de levantamento incluirá as medidas exigíveis para que tais danos sejam compensados. Assim, antes de se proceder a qualquer ensaio, é necessário realizar uma minuciosa vistoria ao edifício para posteriormente se poderem realizar os ensaios estritamente necessários nos locais mais indicados. De seguida apresentam-se duas tabelas resumo, a primeira relacionando cada tipo de ensaio com o tipo de

informação recolhida e a segunda relaciona os ensaios às propriedades mecânicas dos materiais.

**Tabela 3 Relação entre as principais técnicas in situ e o tipo de informação recolhida [adaptado de CARDOSO]**

Informação Pretendida		Principais Técnicas aplicáveis
Fendas e degradação do material (interior dos elementos)		Boroscopia
		Tomografia sónica
		Ensaios sónicos e de impulso mecânico
		Radar
		Impacto-eco
Identificação de Heterogeneidades	Ocos e Vazios	Auscultação
		Boroscopia
		Ensaios sónicos e de impulso mecânico
		Impacto-eco
		Radar
		Termografia
	Madeira	Auscultação
		Termografia
		Radar (eventualmente)
	Elementos Metálicos	Radar
		Resistografia
		Termografia (eventualmente)
	Panos diferentes de alvenaria (morfologia)	Boroscopia
Radar		
Impacto-eco		

**Tabela 4 Relação entre as principais técnicas *in situ* e as propriedades mecânicas [adaptado de CARDOSO]**

Informação Pretendida		Principais Técnicas aplicáveis
Variabilidade das propriedades no interior dos elementos		Tomografia sónica
		Ensaio sónicos
		Radar
Valores Qualitativos da Resistência	Alvenaria	Esclerómetro
		Pull-out
		Impacto-eco
	Madeira	Penetração
		Esclerómetro de madeira (Pilodyn)
Estado de tensão nos elementos estruturais		Macacos planos
		Dilatómetro
Resistência (quantificação)	À compressão	Macacos planos
		Ensaio de carotes à compressão
	À tração	Flexão de painéis
		Compressão diagonal de painéis
		Ensaio brasileiro de carotes
	Ao corte	Flexão de painéis
		Dois macacos planos e aplicação simultânea de força horizontal
		Ensaio de carotes ao corte
Deformabilidade (quantificação)	Módulo de Elasticidade	Caracterização dinâmica da estrutura
		Macacos planos
		Impacto-eco
		Calibração de Ensaio Ultra sónicos e de Impulso mecânico
		Ensaio de carotes à compressão
	Coeficiente de Poisson	Macacos planos
		Calibração de Ensaio Ultra sónicos e de Impulso mecânico
		Ensaio de carotes à compressão

## CAP VII – Intervenções efetuadas no decorrer do estágio

### 7.0-Nota Introdutória

No presente capítulo apresentam-se as intervenções efetuadas durante o período de estágio. Foram elaborados os projetos de especialidades de quadro edifícios, sendo eles o nº40 da avenida Visconde de Valmor, o nº72 da Rua Luciano Cordeiro, o nº3 a 5 na Travessa do Jogo da Bola e o nº35 da Rua Manuel Bernardes. Todas estas intervenções passam pela recuperação dos mencionados edifícios, sendo realizado um reforço estrutural em todas elas. Como forma a dar resposta às necessidades impostas pela reabilitação estrutural, foram criadas e adaptadas soluções construtivas que permitam a exequibilidade do projeto de estabilidade desenvolvido para cada uma das intervenções. O trabalho desenvolvido na empresa passou pela colaboração ativa na realização dos projetos de todas as especialidades bem como de arquitetura, como a elaboração dos modelos estruturais nos programas de cálculo SAP2000 e EDIF, dimensionamento de todas as peças de betão armado, elaboração das partes desenhadas dos projetos, dimensionamento das redes de águas e esgotos e acompanhamento à direção de obra no edifício da Avenida Visconde de Valmor. Desta forma, para além das temáticas apresentadas no presente TFM, foi desenvolvido trabalho na empresa que não se enquadra no âmbito do tema proposto, sendo apenas apresentados nos anexos os projetos dos referidos edifícios. Assim o presente TFM surge como uma extensão do trabalho efetuado a nível do projeto de estabilidade, indo ao encontro das metodologias construtivas e dos processos de construção. Para além da realização do projeto de estabilidade, foi possível acompanhar a fase de obra das intervenções apresentadas no edifício da Av. Visconde de Valmor bem como do da Rua Luciano Cordeiro. Este acompanhamento foi importante não só para melhor compreender as soluções e metodologias adotadas mas também para garantir a funcionalidade das novas soluções apresentadas. Desta forma serão apresentados 4 subcapítulos, cada um dizendo respeito ao edifício em causa, sendo descritas as intervenções consideradas relevantes no âmbito do presente TFM.

### 7.1-Intervenção no edifício nº40 na Avenida Visconde de Valmor



**Figura 44-Evolução do Edifício nº40 da Avenida Visconde de Valmor**

O edifício nº40, situado na Av. Visconde de Valmor, datado do início do séc. XX, é um edifício que pode ser englobado nos chamados edifícios gaioleiros. O referido edifício possui na sua generalidade todas as características relativamente à arquitetura bem como metodologias construtivas típicas dos edifícios da época, e tendo sido este tipo de construção já descrita anteriormente, apresentar-se-á de seguida um quadro resumo com as características mais marcantes do mesmo (tabela 5 e 6).

Tabela 5 – Características do edifício nº40 da Av. Visconde de Valmor

Ano de licenciamento	1928			
<b>Fundações</b>	Composição		Espessura (m)	
	Fachadas	Alvenaria de pedra rija, argamassa com areia de boa qualidade e cal cozida a mato ao traço de 2:5	1	
	Empenas	Alvenaria de pedra rija, argamassa com areia de boa qualidade e cal cozida a mato ao traço de 2:5	0,6	
	Saguão	Alvenaria de pedra rija, argamassa com areia de boa qualidade e cal cozida a mato ao traço de 2:5	0,5	
<b>Paredes exteriores</b>	Composição		Espessura (m)	
	Fachadas	Alvenaria de pedra macia, argamassa com areia de boa qualidade e cal cozida a mato ao traço de 2:5	0,8-0,4	
	Empenas	Alvenaria de pedra macia, argamassa com areia de boa qualidade e cal cozida a mato ao traço de 2:5	0,5-0,4	
	Saguão	Alvenaria de tijolo	0,4	
<b>Paredes interiores</b>	Composição		Espessura	
	Resistentes (Frontais)	Alvenaria de tijolo, 1 vez no R/Chão e 1º andar, 1/2 vez nos restantes	0,15-0,25	
	Não Resistentes (Tabiques)	Tabiques de costaneiras da terra de 1 1/2 polegadas, fasquiadas	0,1	
<b>Pavimentos</b>	Assoalhadas	Composição	Secções (cm)	
		Elementos em pinho	Vigamentos	18x8//40
			Frechais	10x8
			Prumos	10x8
			Vergas	10x8
			travessanhos	10x8
	pendurais	10x8		
	I.S.	Estrutura metálica com vigotas em "t", servindo de apoio a abobadilhas cerâmicas e a enchimento superior de betão		
	Cozinha	Estrutura metálica com vigotas em "t", servindo de apoio a abobadilhas cerâmicas e a enchimento superior de betão		
	Varanda	Estrutura metálica com vigotas em "t", servindo de apoio a abobadilhas cerâmicas e a enchimento superior de betão		

Tabela 6– Características do edifício nº40 da Av. Visconde de Valmor (continuação)

Cobertura	Composição	Secções (cm)	
	Elementos em pinho	Frechais	10x7
prumos		10x7	
varedo		10x7	
madre		14x7	
fileira		14x7	
ripado		4x2	
Varanda	Composição		
	Estrutura metálica, constituída por pilares circulares, com vigotas em "t", servindo de apoio a abobadilhas cerâmicas e com enchimento superior de betão		
Escada de incêndio	Inexistente (embora conste no processo de licenciamento, esta não se encontra presente devido a ruína da mesma)		
Guarnecimentos	Cantarias em Lioz		

### 7.1.1-Fase de inspeção e diagnóstico

Numa fase inicial foi requerida uma consulta dos elementos existentes no arquivo da Câmara Municipal de Lisboa (CML), visando a obtenção do maior número de informações possível. Foi também realizada uma vistoria ao local, sendo possível evidenciar e concluir os aspetos que foram considerados os mais determinantes na opção do tipo de intervenção a adotar. Tendo sido mantidas grande parte das paredes do edifício no projeto de arquitetura, nomeadamente as resistentes interiores, estas foram alvo de uma observação cuidada. Foram então realizadas aberturas nas paredes interiores por forma a identificar a constituição das mesmas bem como avaliar o seu estado de conservação. Após uma análise destas, foi possível identificar a boa qualidade e estado de conservação das mesmas, possuindo ainda capacidade resistente satisfatórias a longo prazo. A qualidade dos materiais destas alvenarias mostrou-se tão satisfatória, que foi tomada a decisão de não realizar ensaios *in situ* para a determinação das propriedades mecânicas, dadas as condições evidenciadas por estes elementos. Visando a confirmação deste facto, no decorrer da obra, irão ser aplicados testemunhos de gesso nalgumas fendas existentes, que irão ser periodicamente consultados ao longo das atividades desenvolvidas no decorrer da obra, visando quais as influencias das mesmas na estrutura existente. Relativamente aos pavimentos, estes nos pisos inferiores possuíam um elevado estado de degradação, existindo uma melhoria da sua qualidade à medida que se avança em altura. A entrega dos vigamentos de madeira nas paredes resistentes encontravam-se bastante degradados, tendo os pavimentos perdido uma grande parte da sua capacidade resistente. Além patologias já referidas, tendo sido estas as que basearam a escolha do tipo de intervenção a efetuar, existem outros às quais serão dadas respostas através de processos mais tradicionais no decorrer da obra. De seguida apresenta-se um quadro resumo com todas patologias evidenciadas no edifício em causa. (tabela 7)

Tabela 7– Patologias do edifício nº40 na Av. Visconde de Valmor

<b>ESTRUTURA</b>	Fundações/Paredes	Fendas verticais e oblíquas
	Pavimentos	Degradação dos vigamentos Degradação do soalho
	Estruturas metálicas	Oxidação Deformação Colapso parcial ou total
	Cobertura	Abatimentos Falta de estanquidade
<b>ELEMENTOS SECUNDÁRIOS</b>	Vãos de madeira	Delaminação e envelhecimento de pinturas Variação dimensional das peças Ataque de fungos e xilófagos
	Escadas interiores	Desgaste Variação dimensional das peças Ataque de fungos e xilófagos
<b>REVESTIMENTOS</b>	Pinturas	Delaminação Empolamentos Manchas de fungos e bolores
	Rebocos	Empolamentos Destacamentos Eflorescências

### 7.1.2-Fase de projeto

Após concluir qual o estado de conservação do edifício foi tomada a decisão de quais os tipos de intervenções a efetuar. Dadas as boas condições da globalidade das paredes do edifício, optou-se pelo reaproveitamento das mesmas. Como já foi referido, o projeto de arquitetura contempla a maioria destes elementos, e a boa qualidade demonstrada levou a que estes permanecessem no local. Após a análise aos pavimentos concluiu-se que estes se encontravam bastante degradados e que seria necessária uma reabilitação profunda relativamente a estes elementos. Surgiu então a solução de pavimentos aligeirados de vigotas pré-esforçadas. Este facto leva a que seja criada uma estrutura de betão interior, composta por vigas e pilares fundados em sapatas ligadas por entremeio de vigas de fundação. Esta estrutura de betão interior

encontrar-se-á ligada à estrutura original, sendo utilizados para o efeito conectores, descrevendo-se posteriormente o processo construtivo. A manutenção das paredes interiores, nomeadamente dos frontais, exige que seja criado um sistema construtivo que permita a construção da estrutura de betão, nunca comprometendo a integridade das paredes, garantindo a correta interligação destas à nova estrutura. Como o R/C do prédio será dedicado a comércio, a frente do mesmo será ligeiramente alterada, tendo resultado na abertura de um vão para a entrada e montra da loja. Como a criação de um elevado vão numa parede resistente original do edifício exige a compensação do material retirado à parede, surgiu a necessidade de ser dimensionado um conjunto de três vigas metálicas que garantirão a estabilidade da fachada. Este processo será descrito posteriormente.

### **7.1.3-Fase de intervenção**

#### **7.1.3.1-Escoramento das paredes interiores**

Este processo construtivo surge de forma a dar resposta a uma necessidade que se impôs na fase de projeto: manter as paredes resistentes interiores. Como a utilização de uma estrutura interior de betão armado e pavimentos aligeirados de vigotas pré-esforçadas, foi a solução globalmente utilizada, haveria que conjugar este facto com os elementos existentes. Esta solução também permite a intervenção no edifício em causa sem que seja necessário realizar uma contenção de fachada. Esta particularidade é extremamente rentável para o dono de obra, visto o custo desta operação ser inexistente.

A solução adotada foi a introdução de uma viga de betão armado sob os frontais do edifício, servindo esta viga de suporte à própria parede, bem como de apoio dos pavimentos aligeirados. A construção das novas lajes será realizada piso a piso, por pares de painéis adjacentes a cada um dos três frontais, com início nos painéis mais próximos da fachada principal.

Inicialmente procede-se à remoção das tábuas de solho nas zonas adjacentes ao frontal em causa, por forma a se poder intervir o mesmo. De seguida procede-se à abertura de caixas verticais no 1º frontal, de uma

forma intercalada, com a largura de 0,20 m, espaçadas de 0,60 m entre eixos. As referidas caixas desenvolver-se-ão desde o nível da cofragem de fundo da viga de apoio dos novos pavimentos do teto de R/C até ao nível superior do pavimento do 1º piso. Posteriormente ir-se-á proceder a introdução de escoramentos perdidos em aço. Estes serão constituídos por prumos de tubo quadrado de 35 mm, confinados por chapas de 200 x 200 x 10, apoiadas diretamente sobre a parede do piso inferior, adjacentes ao piso superior. De seguida, acompanhar-se-ão com argamassa não retráctil as faces superiores das chapas, visando a não deformação da parede, evitando qualquer tipo de fissuração. Posteriormente será aberta a restante caixa para a viga, havendo então lugar à remoção das restantes tábuas de solho, bem como dos vigamentos de madeira que se encontram apoiados no frontal. De seguida proceder-se-á à armação da viga na própria caixa e subsequente colocação das vigotas pré-esforçadas e tijoleiras correspondentes ao 1º e 2º painéis. Nesta primeira fase serão abertas no 2º frontal caixas apenas para a introdução das vigotas do 2º painel. De seguida é realizada a betonagem da laje, sendo a mesma interrompida no 2º painel e do lado do 2º frontal a cerca de  $\frac{1}{4}$  do respetivo vão.

Concluída a intervenção no 1º frontal e painéis adjacentes passa-se ao 2º e 3º frontais, sendo o processo construtivo exatamente igual. Após estas 3 fases de intervenção fica concluída a conceção da laje do teto do R/C. Estas mesmas 3 fases repetir-se-ão em todos os pisos, realizando assim todas as lajes de uma forma ascendente.

A distância entre aberturas de caixas verticais foi estabelecida em função do pavimento a aplicar, tendo sido previamente dimensionado um pavimento com largura de tijoleira de 0,48 m e conseqüente distancia entre eixos de vigotas de 0,60m. Desta forma, as vigotas andarão sempre que possível a meio vão entre prumos metálicos, não existindo assim sobreposição de elementos e conseqüente restrição construtiva.

No decorrer da obra, e recorrendo aos testemunhos de gesso inicialmente colocados, observou-se que o comportamento das paredes foi exemplar, não tendo estas manifestado qualquer sinais de instabilidade. Desta feita, a partir da laje do teto do 2º piso optou-se por a colocação de

escoramentos perdidos se efetuar com o dobro do espaçamento (1.2m) por forma a minimizar os custos de construção bem como acelerar a obra.

Este processo de construção requereu um dimensionamento que garantisse a estabilidade do frontal bem como da própria estrutura de betão armado. Foi então realizada uma verificação dos perfis metálicos em função dos esforços atuantes. Dada a natureza da intervenção ser provisória, ficando a parede escorada somente pelos montantes num curto período de duração, não se achou pertinente um dimensionamento para ações horizontais. Desta forma a verificação dos perfis foi efetuada para que seja garantida a resistência dos mesmos apenas para o peso próprio da parede de pedra calcária. Este dimensionamento irá também desprezar a encurvadura dos próprios elementos visto tratarem-se de secções com uma altura bastante reduzida. Assim para efeitos de cálculo apenas se realiza a verificação ao esforço axial de compressão (tabelas 8, 9 e 10)

**Tabela 8- Características da Secção**

Características da Secção										
Coluna	Perfil	Classe Aço	$f_y$	$\epsilon$	$\lambda_1$	h(mm)	b(mm)	h/b	tf(mm)	A(cm <sup>2</sup> )
P1	R4S	S275	275	0,92	86,80	35	35	1	4	4,79

**Tabela 9- Esforço normal resistente da secção**

Compressão
Nc,Rd (KN)
<b>131,7</b>

**Tabela 10- Ações de dimensionamento**

Ações de Dimensionamento (Majoradas)	
Altura da Parede (m)	18,4
Largura Parede (m)	0,2
Peso Parede (KN/m <sup>3</sup> )	16,0
Carga /ml (KN)	88,3
<b>Carga/prumo (KN)</b>	<b>53,0</b>

$N_{sd} < N_{rd}$ , verifica-se a segurança do prumo metálico

**Esquema representativo da intervenção:**

Antes de ser efetuada qualquer intervenção à parede é necessário proceder à remoção dos pavimentos dos painéis intervencionados (figuras 45 e 46).



**Figura 45-Remoção do soalho**



**Figura 46- Remoção dos vigamentos do piso**

Após removidas às tabuas de soalho bem como os vigamentos do piso seguem-se assim os trabalhos nas paredes em causa.

**-Fase 1:** Abertura no frontal das caixas verticais, com largura de 0,20m, afastadas entre eixos de 0.60m (figura 47 ).

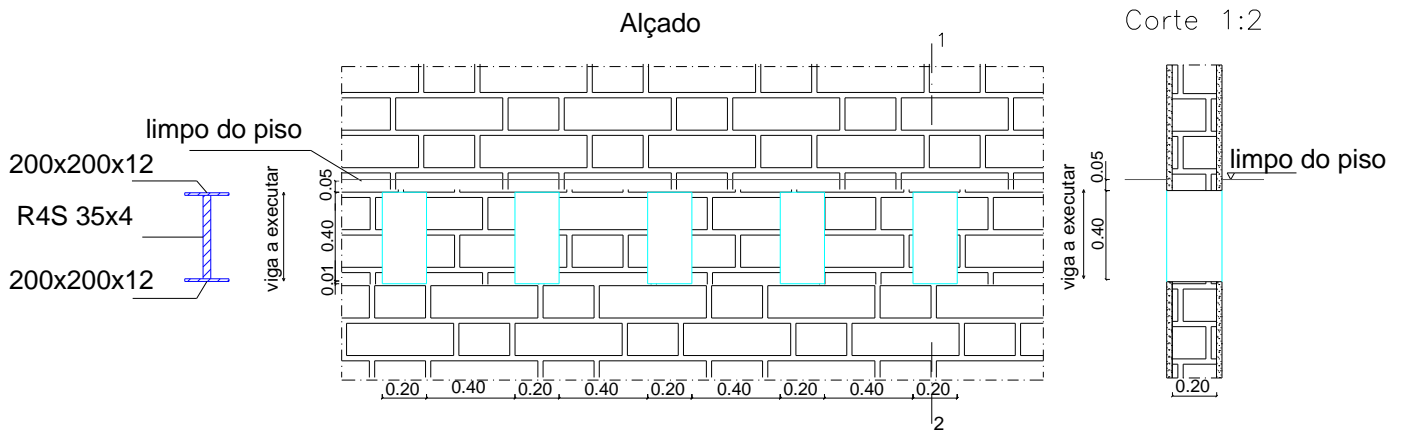


Figura 47-Fase 1

**-Fase 2:** Introdução dos escoramentos metálicos nas aberturas, sendo a sua face superior acompanhada com argamassa não retrátil (figuras 48, 49 e 50 ).

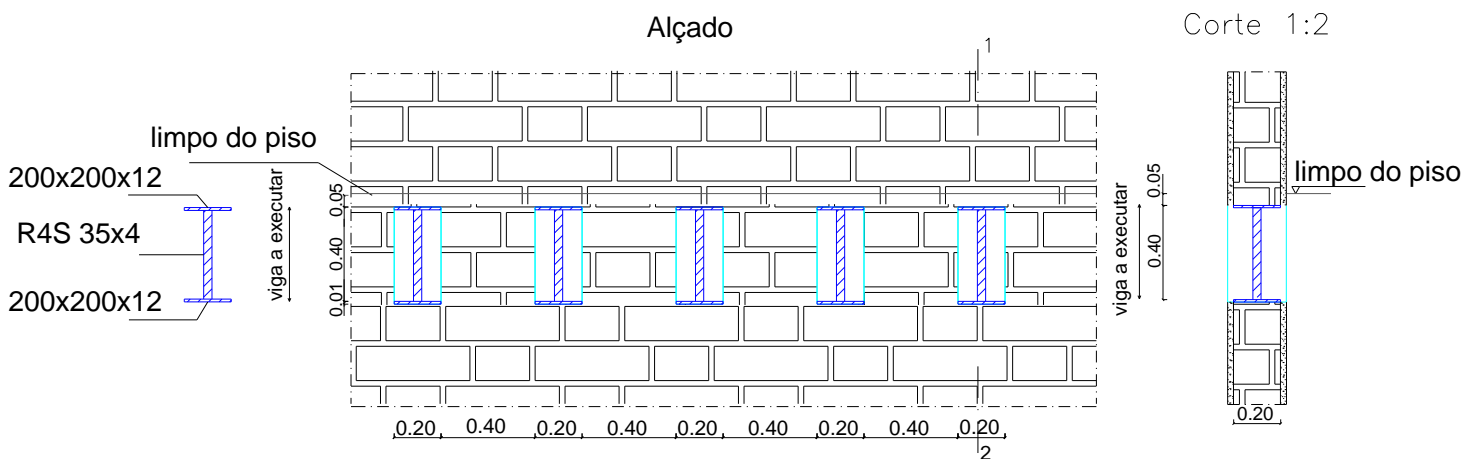


Figura 48- Fase2



Figura 49-Prumo metálico (ligação chapa)



Figura 50-Prumo metálico

**-Fase 3:** Abertura da restante caixa para a viga, sendo a face inferior da mesma acompanhada com EPS ou idêntico, servindo este de cofragem de fundo da viga (figura 51).

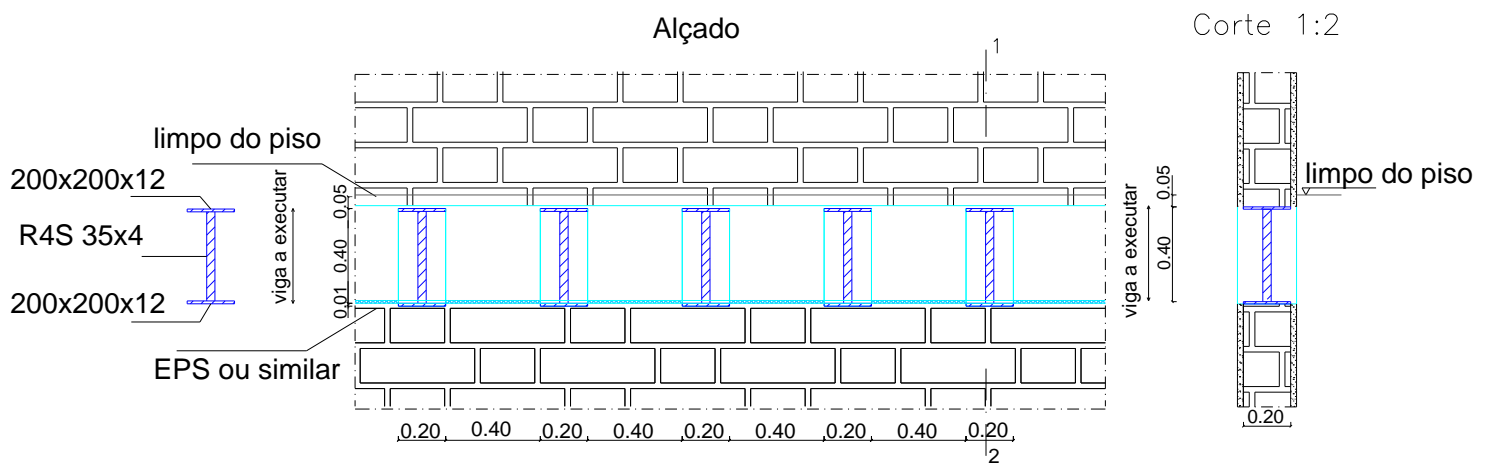
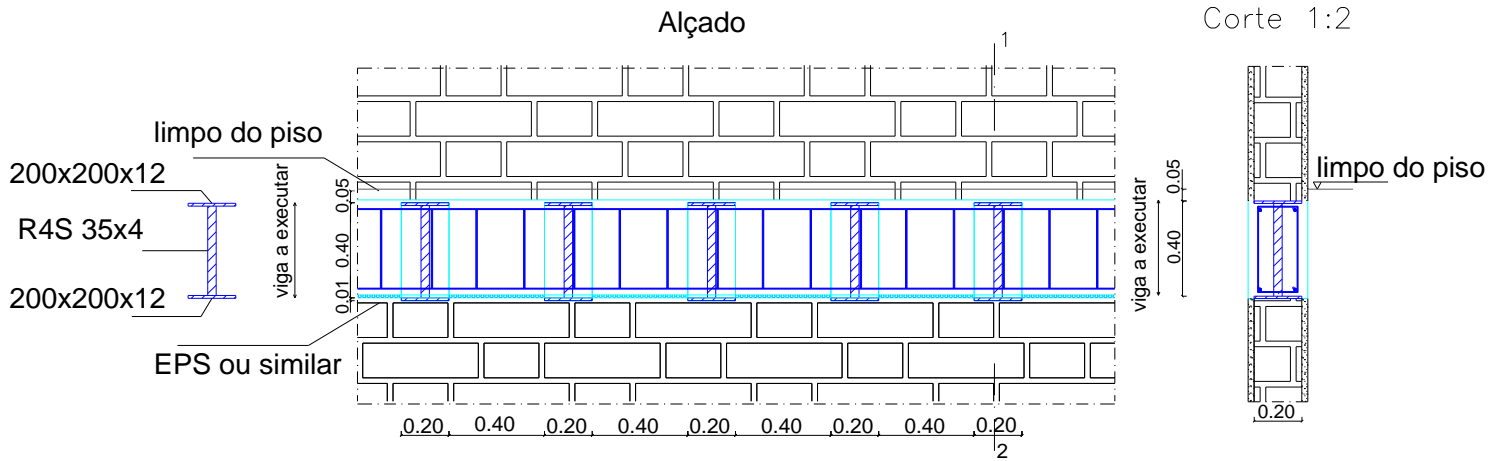


Figura 51-Fase 3

**-Fase 4:**Armação da viga “*in situ*” (figuras 52 e 53).



**Figura 52-Fase 4**



**Figura 53- Viga armada no interior da caixa da parede**

**-Fase 5:**Cofragem da viga e colocação de vigotas, abobadilhas e armadura superior da laje (figuras 54 e 55).



Figura 54- Introdução das vigotas e das abobadilhas



Figura 55- Introdução das vigotas e das abobadilhas

-Fase 6: Betonagem da laje e da viga (figura 56).



Figura 56- Betonagem da laje

### 7.1.3.2-Conectores de fachada e empena

Visto a reabilitação do edifício possuir uma estrutura de betão armado no interior das paredes exteriores de pedra calcária, é necessário garantir uma correta ligação entre elementos. Em caso do sismo estas paredes irão ser solicitadas horizontalmente, respondendo como elementos laminares verticais, dotados de elevada massa. Desta forma existe a possibilidade que estes elementos se desprendam da estrutura de betão e que caiam para o exterior em placas. Para salvaguardar a não ocorrência deste efeito ir-se-á conectar a estrutura de betão armado às alvenarias e empenas exteriores. Possuindo a estrutura de betão armado um aumento da solicitação horizontal em caso de sismo devido ao peso das paredes, esta foi dimensionada para o efeito. Foi determinado o peso próprio das fachadas e das empenas e foi contabilizada uma ação horizontal com 16% do peso dos elementos exteriores. Este valor é globalmente aceite pela comunidade científica sendo frequente a sua adoção.

Ir-se-ão colocar conectores nas fachadas bem como nas empenas do edifício (figuras 57, 58, 61, 62 e 63). Estas conceções irão ser realizadas nos pilares bem como nas vigas da estrutura de betão. Inicialmente procede-se à abertura de um furo na alvenaria, com a profundidade de 0,30 na zona a colocar o conector. De seguida é colocado no furo previamente realizado um varão em aço A400NR com diâmetro de 20mm, e 0.50m de comprimento, sendo posteriormente o mesmo cheio com argamassa de alta resistência não retrátil. Em sequência procede-se à armação do elemento estrutural a que o conector está a ser ligado, pilar ou viga, e à posterior betonagem. A distribuição dos conectores foi estabelecida em projeto de estabilidade, não ultrapassando os 0,75m nos pilares e 1,5m nas vigas (figura 59 e 60).

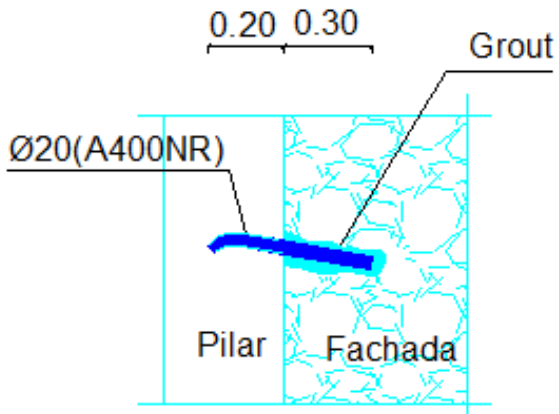


Figura 57- Ligação a pilar

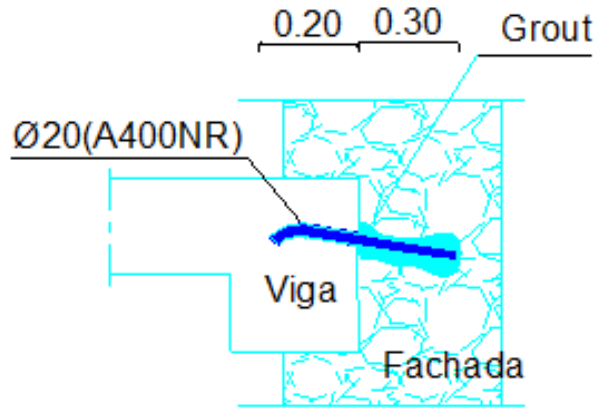


Figura 58- Ligação a viga

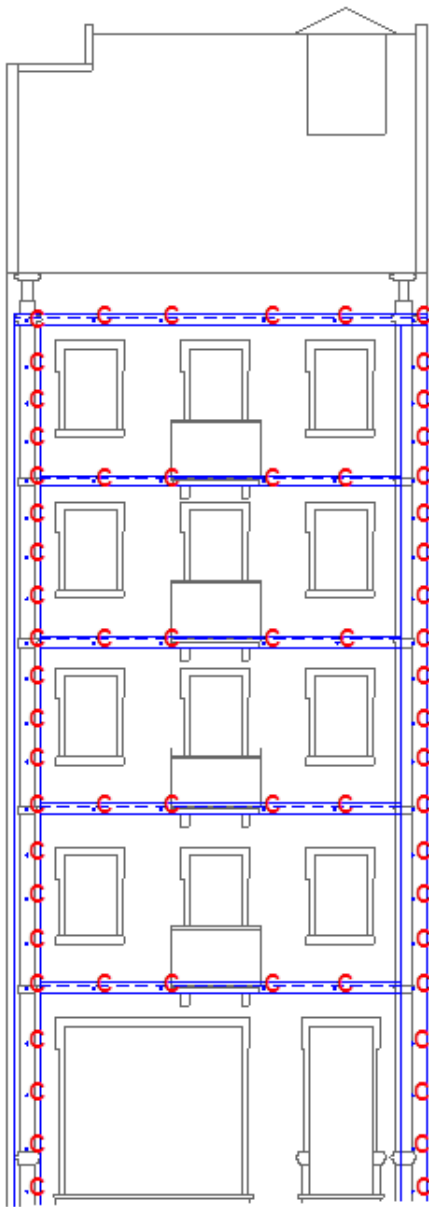


Figura 59- Distribuição de conectores no alçado principal

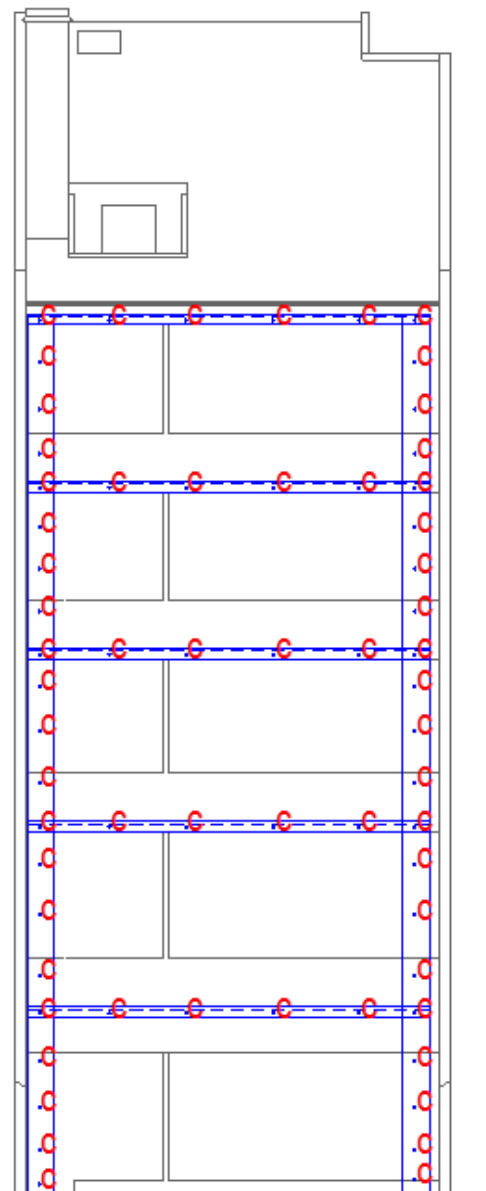
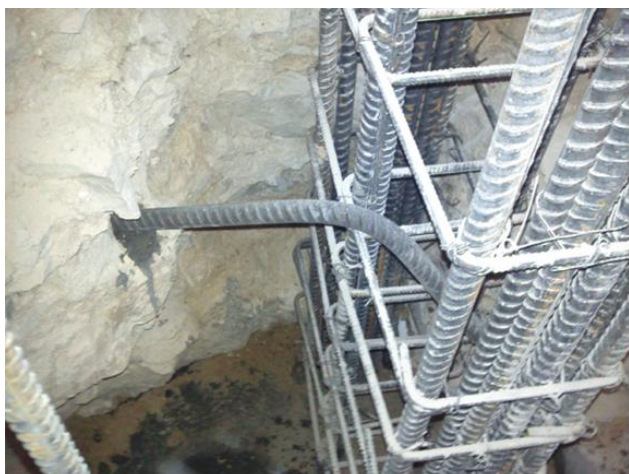


Figura 60- Distribuição de conectores no tardoz



**Figura 62- Conector fachada/pilar**



**Figura 61- Conector viga/empena**



**Figura 63- Conector pilar/empena**

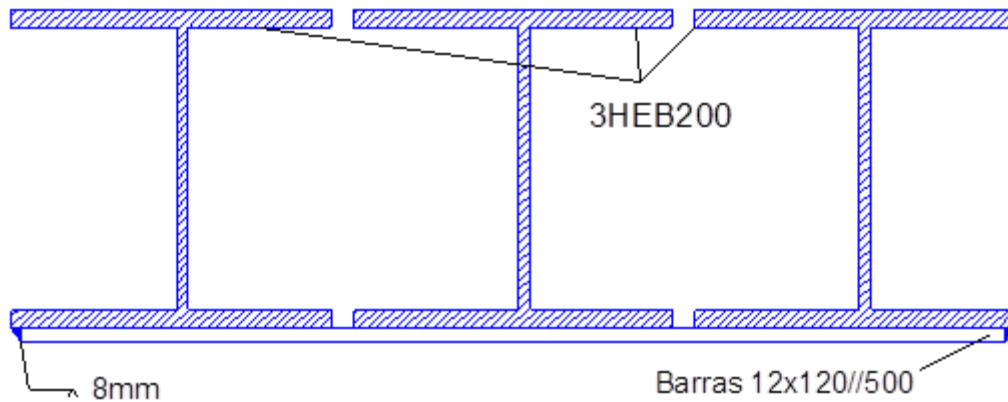
### 7.1.3.3-Introdução de estrutura metálica

O projeto de arquitetura previamente aprovado, contempla uma loja no R/C, pelo que houve necessidade de criar um sistema que suportasse a parte superior da fachada, relativa ao vão entretanto aberto na entrada e na montra da loja. Sendo esta parede resistente, foi necessário dimensionar um estrutura que possuisse capacidade para suportar as cargas que o vão criado iria descompensar na fachada. Desta forma foram criados dois pilares de betão armado, nos quais irão ser apoiadas vigas metálicas. Dada a pouca altura para introdução de um qualquer elemento estrutural, estando o limite superior do vão da entrada e montra da loja, bastante próximo do nível da viga de bordadura do teto do R/C, não foi possível dimensionar este elemento em betão aramado. Desta feita procedeu-se ao cálculo desta secção em aço, estando a altura limitada a 0.20m. Assim, após o dimensionamento, verificou-se que seriam necessárias 3 vigas HEB200 adjacentes umas às outras para garantir a segurança estrutural (figuras 64 e 65) .

A realização deste pórtico estrutural da fachada principal, inicia-se com a abertura dos caboucos dos pilares de apoio dos perfis metálicos e execução dos cortes na fachada, necessários para colocação da cofragem e armaduras dos citados pilares. De seguida procede-se à armação dos pilares bem como à referida cofragem e betonagem dos mesmos.

Após a betonagem destes elementos, numa 1ª fase, será aberta do lado exterior da parede, uma caixa para implantação imediata do primeiro dos três perfis metálicos previstos para esta zona nos cálculos de estabilidade. O banzo superior do perfil será logo acompanhado ao longo do seu comprimento com argamassa não retráctil, de modo a se impedir eventuais deformações nas alvenarias sobrejacentes por falta de apoio adequado. Realça-se que, quer nesta fase quer nas seguintes, está sempre assegurada a resistência das cargas permanentes (o edifício não está sujeito a qualquer sobrecarga de utilização), as quais inclusive estão aliviadas pelas picagens e remoções de revestimentos e enchimentos previamente já realizados. Também nunca existirá em qualquer momento apoio inferior a 2/3 da largura da parede ( 1ª fase ), ou a 1/3 e um perfil ( 2ª

fase ) ou a dois perfis ( 3ª e última fase ). Numa 2ª fase será retirado o terço central da fachada, a que se segue a colocação do perfil metálico intermédio e respetivo acompanhamento de modo análogo ao descrito para o primeiro. Na 3ª e última fase será retirado o terço interior da fachada, a que se segue a colocação do perfil metálico interior e respetivo acompanhamento de modo análogo ao descrito para o primeiro.



**Figura 64- Viga do vão da loja (secção transversal)**

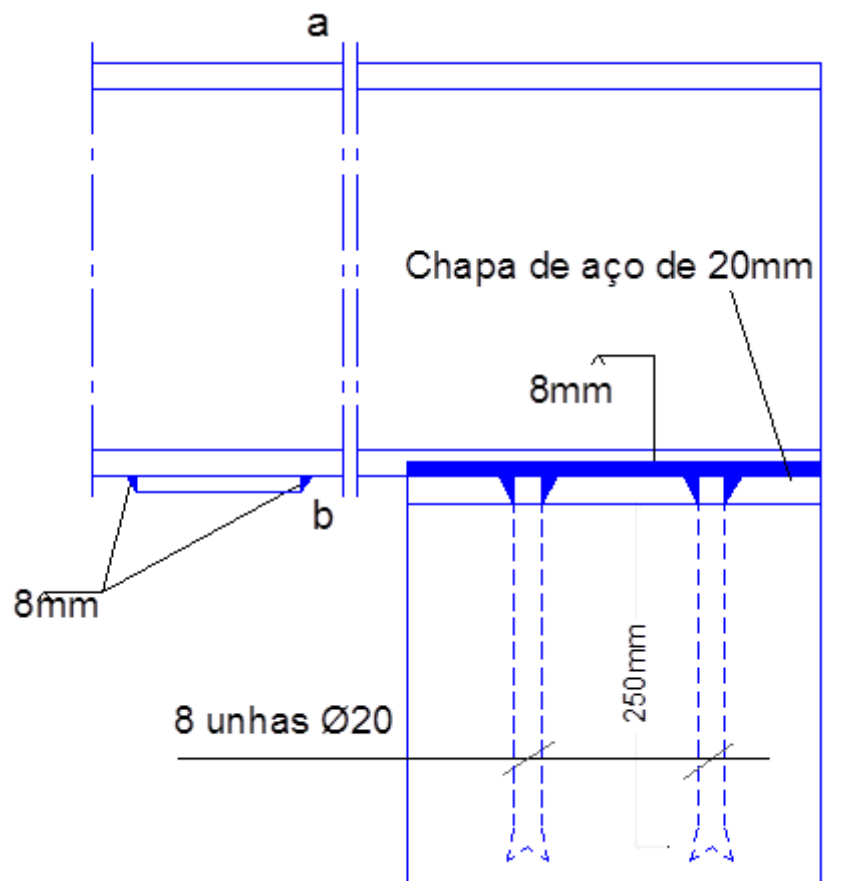


Figura 65- Ligação da viga do vão da loja aos pilares

## 7.2-Intervenção no Edifício nº 72 da Rua Luciano Cordeiro-Lisboa



**Figura 66-Evolução do edifício nº 72 da Rua Luciano Cordeiro**

O edifício situado na Rua Luciano cordeiro, nº72, datado da segunda década do séc. XX, à semelhança do edifício da intervenção abordada anteriormente, é um edifício que pode ser englobado nos chamados edifícios gaioleiros. O referido edifício possui na sua generalidade todas as características relativamente à arquitetura bem como metodologias construtivas típicas dos edifícios da época. De seguida apresentar-se um quadro resumo com as suas características mais relevantes (tabelas 11 e 12)

Tabela 11- Características do edifício nº72 da Rua Luciano Cordeiro

Ano de construção	1913			
Fundações	Composição		Espessura (m)	
	Fachadas	Alvenaria de pedra rija, argamassa com areia de boa qualidade e cal cozida a mato ao traço de 2:5	1	
	Empenas	Alvenaria de pedra rija, argamassa com areia de boa qualidade e cal cozida a mato ao traço de 2:5	0,6	
	Saguão	Alvenaria de pedra rija, argamassa com areia de boa qualidade e cal cozida a mato ao traço de 2:5	0,5	
Paredes exteriores	Composição		Espessura (m)	
	Fachadas	Alvenaria de pedra macia, argamassa com areia de boa qualidade e cal cozida a mato ao traço de 2:5	0,75-0,4	
	Empenas	Alvenaria de tijolo	0,4	
	Saguão	Alvenaria de tijolo	0,3	
Paredes interiores	Composição		Espessura	
	Resistentes (Frontais)	Alvenaria de tijolo, 1 vez no R/Chão e 1º andar, 1/2vez nos restantes	0,15-0,25	
	Não Resistentes (Tabiques)	Tabiques de costaneiras da terra de 1 1/2 polegadas, fasquiadas	0,1	
Pavimentos	Assoalhadas	Composição	Secções (cm)	
		Elementos em pinho	Vigamentos	18x7//40
			Frechais	10x7
			prumos	10x7
			vergas	10x7
			travessanhos	10x7
	pendurais	10x7		
	I.S.	Estrutura metálica com vigotas em "t", servindo de apoio a abobadilhas cerâmicas e a enchimento superior de betão		
	Cozinha	Estrutura metálica com vigotas em "t", servindo de apoio a abobadilhas cerâmicas e a enchimento superior de betão		
	Varanda	Estrutura metálica com vigotas em "t", servindo de apoio a abobadilhas cerâmicas e a enchimento superior de betão		

Tabela 12- Características do edifício nº72 da Rua Luciano Cordeiro (continuação)

	Composição	Secções (cm)	
		Cobertura	Elementos em pinho
Frechais	10x8		
prumos	10x8		
vergas	10x8		
travessanhos	10x8		
pendurais	10x8		
Varanda	Composição		
	Estrutura metálica, constituída por pilares circulares, com vigotas em "t", servindo de apoio a abobadilhas cerâmicas e com enchimento superior de betão		
Escada de incêndio	Escada metálica em perfis diversos, embora não esteja contemplada no projeto de licenciamento		
Guarnecimentos	Cantarias em Lioz		

### 7.2.1-Fase de inspeção

Inicialmente procedeu-se à consulta dos elementos existentes no arquivo da CML, servindo de base ao levantamento arquitetónico do edifício efetuado pela mesma empresa. Para complementar este levantamento arquitetónico foram efetuadas diversas visitas ao local, servindo ainda para inspecionar as condições do edifício. Assim sendo, verificaram-se as paredes, realizando sondagens nas mesmas (aberturas com dimensão suficiente para determinar as características pretendidas), identificando os tipos de materiais bem como o estado de conservação dos mesmos. Assim conclui-se que a generalidade das paredes se encontrava em ótimas condições, à exceção das paredes do R/C da fachada posterior que se encontravam em muito mau estado, comprometendo a segurança do próprio edifício. Observaram-se ainda algumas fendas na zona da caixa das escadas no piso térreo, que pela forma e desenvolvimento das mesmas evidencia um possível assentamento diferencial ao longo da parede. Este facto poderá dever-se a intervenções levadas a cabo no arruamento, nomeadamente na rede de abastecimento de água. Tendo existido uma rotura na conduta, é provável que os finos das fundações tenham sido removidos pela escorrência da água da própria fuga, tendo criado vazios na infraestrutura do edifício, debilitando este e reduzindo a capacidade resistente ao nível das fundações. Estas informações foram obtidas através de relatos dos moradores, onde os mesmos fizeram uma analogia entre a ocorrência da rotura com o aparecimento das fendas nas paredes. Relativamente aos pavimentos, na sua generalidade apresentavam-se em razoável estado de conservação, à exceção do R/C onde era possível observar pavimentos com pouca capacidade resistente bem como com anomalias. As estruturas metálicas presentes no tardo do edifício foram encontradas em elevado estado de oxidação, estando a sua segurança comprometida. Além das patologias já descritas, sendo estas as que mais pesaram na escolha do tipo de intervenção a efetuar, outras foram encontradas no restante edifício, sendo as mesmas apresentadas no seguinte quadro (tabela 13).

Tabela 13- Patologias do edifício nº72 da Rua Luciano Cordeiro

ESTRUTURA	Fundações/Paredes	Fendas verticais e oblíquas; Vergas de vãos inclinadas; Desagregação das alvenarias; Assentamentos diferenciais
	Pavimentos	Degradação dos vigamentos; Degradação do soalho
	Estruturas metálicas	Oxidação; Deformação; Colapso parcial ou total;
	Cobertura	Abatimentos; Falta de estanquidade
ELEMENTOS SECUNDÁRIOS	Vãos de madeira	Delaminação e envelhecimento de pinturas; Variação dimensional das peças; Ataque de fungos e xilófagos
	Escadas interiores	Desgaste; Variação dimensional das peças; Ataque de fungos e xilófagos
REVESTIMENTOS	Pinturas	Delaminação; Empolamentos; Manchas de fungos e bolores
	Rebocos	Empolamentos; Destacamentos; Eflorescências
	Cerâmicos	Destacamento

### 7.2.2-Fase de projeto

Após observados os elementos estruturais e dadas as semelhanças ao edifício da intervenção previamente efetuada, foi adotada a mesma solução para a realização do projeto de arquitetura bem como das restantes especialidades. Dadas as características semelhantes dos edifícios, construtivas como estado de conservação, contrastando apenas pelas dimensões, tendo este uma largura superior, optou-se pela uniformização de soluções. Haverá então lugar a um aproveitamento dos frontais dos edifícios

bem como das fachadas, permanecendo todas as paredes resistentes. Os pavimentos serão aligeirados de vigotas pré-esforçadas, sendo usado o mesmo sistema de compatibilização entre frontais e pavimentos, preconizado já na intervenção anterior. Para tal será então criada uma estrutura de betão armado pelo interior do edifício, ficando as paredes e empenas ligadas a esta usando conectores de aço. Esta estrutura será dimensionada considerando este facto e contemplará os efeitos da estrutura de alvenaria em caso de sismo. A principal diferença da intervenção já apresentada anteriormente, é o mau estado de conservação das paredes do tardo do piso térreo. Dada a urgência desta patologia visto a possível ruína eminente, foi criada uma estrutura de suporte temporária antes de ser iniciada a reabilitação do edifício. Esta estrutura é constituída por um conjunto de pórticos chumbados à fachada posterior, que serão ligados à fachada principal por meio de tirantes de aço A400NR, constituídos por varões com diâmetro de 25mm. Estes elementos foram dimensionados, tendo em conta a sua resistência a uma ação vertical corresponde a 16% do peso das alvenarias. De seguida apresenta-se um quadro resumo das verificações realizadas (tabelas 14, 15 e 16).

**Tabela 14- Características da secção**

<b>Características da Secção</b>				
Tirante	Secção	Classe Aço	fy	A(cm <sup>2</sup> )
T1	φ20	A400	348	4,91

**Tabela 15- Esforço normal resistente e ações de dimensionamento**

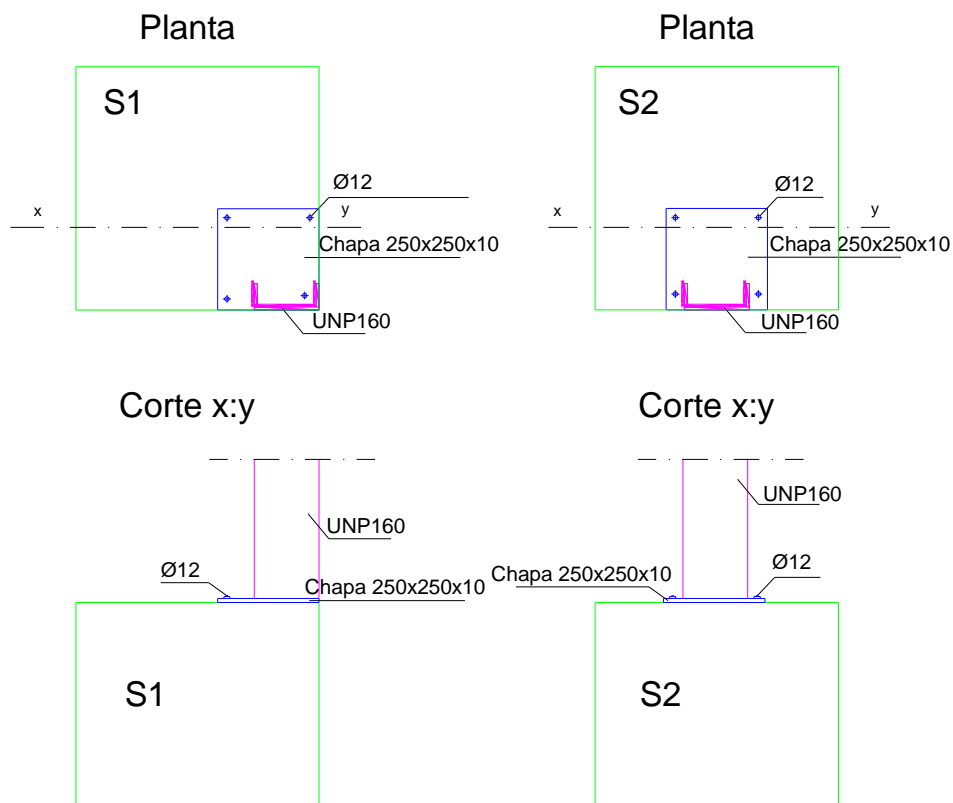
<b>Tração Resistente</b>	
Nc,Rd (KN)	
<b>170,9</b>	
<b>Ações de Dimensionamento (Majoradas)</b>	
Altura da Parede (m)	13,0
Largura Parede (m)	0,5
Peso Parede (KN/m <sup>3</sup> )	17,5
Peso da parede /ml (KN)	23,0
Ação Horizontal/ml (KN)	224,3
<b>Carga/tirante (KN)</b>	<b>78,5</b>

$N_{sd} < N_{rd}$ , verifica-se segundo a EN 1993-1-1

### 7.2.3-Fase de intervenção

#### 7.2.3.1-Consolidação das paredes da fachada posterior

Dadas as características das paredes de fachada, sendo as mesmas resistentes, a degradação destas podem provocar o desabamento da restante estrutura. Desta forma e antes de iniciar qualquer processo de reconstrução, é necessário proceder à consolidação das paredes que se encontram em mau estado de conservação. Estas apresentam desagregação do material ligante, bem como desprendimento das pedras da própria parede. Após uma visualização cuidada do estado destes elementos, numa primeira fase tomou-se a opção de consolidar as fendas existentes nas paredes, e numa segunda fase realizar um escoramento das mesmas. Assim inicialmente, procede-se a projeção de argamassa e preenchimento de todas as zonas que apresentem degradação. Este reforço da parede será realizado com betão simples, servindo também para uniformizar a superfície da parede para o assentamento dos montantes metálicos. De seguida e após dimensionamento, irá ser colocada uma estrutura metálica pela parte exterior do edifício no seu tardo, com perfis em U160, a qual será ligada a uma outra estrutura na fachada principal, por meio de tirantes de aço. Começa-se por escavar pequenas aberturas no pavimento, para a criação de sapatas aos montantes verticais. Estas sapatas serão de betão, sem armadura, 0,60m de largura, por 0,60m de comprimento e 0,50m de altura. De seguida serão chumbadas chapas com 250x250x10mm no topo da sapata, para posteriormente serem soldados os montantes verticais (figura 67).



**Figura 67-Fundação dos Pórticos metálicos**

Na fase seguinte serão então fixados os montantes verticais à fachada, em que inicialmente se chumbam varões roscados na parede, com um afastamento máximo de 0,70m, ao longo do desenvolvimento tanto dos montantes como da viga superior, para depois serem inserir os montantes já perfurados, e soldar os varões chumbados à fachada. Posteriormente são soldados os montantes verticais à viga de topo, por forma a uniformizar e rigidificar todo o pórtico (figuras 68 e 69).



**Figura 68- Pórtico metálico -Pormenor ligação à parede**



**Figura 69- Pórtico metálico**

De seguida procede-se à abertura de furos na fachada principal pela parte interior, por forma a serem introduzidos os varões. Serão introduzidos varões na parede com cerca de um metro, ficando entregues na alvenaria uma profundidade aproximada de 0,50m, sendo acompanhados com argamassa

não retráctil. De seguida é colocada uma viga previamente furada, que acompanha todos os tirantes junto à parede, sendo estes soldados ao perfil metálico. São posteriormente chumbados à viga metálica do tardo arranques de varões, que serviram para soldar o tirante pelo interior do edifício (figura 70).



**Figura 70- Pórtico metálico -Pormenor ligação ao tirante**

Todos os tirantes são constituídos por varões Ø25 em aço A400 NR, tendo sido adotada a sua utilização em vez de um cabo metálico, visando também o contraventamento da estrutura no sentido convergente. Depois de chumbados os referidos arranques é então vez de serem soldados os tirantes. Estes possuíram uma disposição previamente definida na fase de projeto, em que o seu afastamento não ultrapassa os 2.20m (figuras 71, 72 e 73).

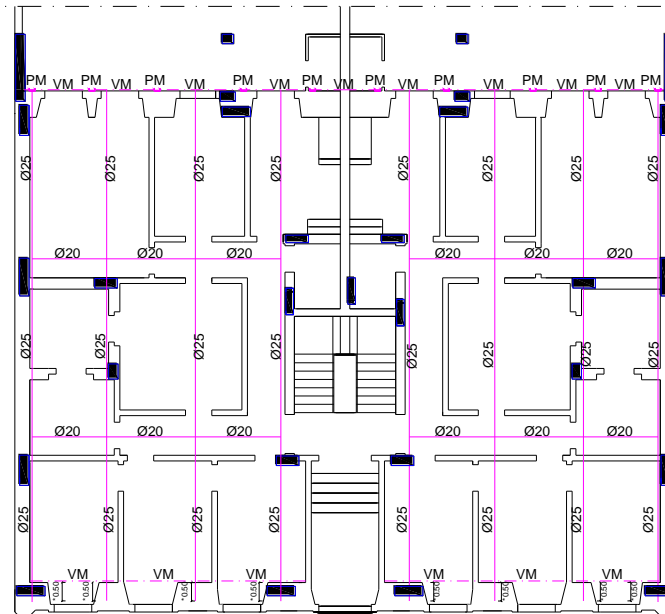


**Figura 71- Tirante -Pormenor ligação aos arranques**



**Figura 72- Tirante**

Antes de ser aplicada tração nos esticadores, irão ser soldados varões de  $\text{Ø}20$  em aço A400NR perpendicularmente aos tirantes, servindo estes elementos para contraventar os varões  $\text{Ø}25$ .



**Figura 73- Planta de distribuição dos tirantes**

Depois de soldados os elementos de contraventamento, finalizar-se-á a estrutura com a soldadura a um esticador (figuras 74). Este elemento irá provocar tração nos tirantes, a qual não deve ultrapassar 0,2MPa. A tração deverá ser instalada por acréscimos sucessivos de 0,05MPa, devendo o citado limite de 0,2Mpa ser reduzido em cada caso face às condições que se venham a constatar. Com o decorrer do tempo e até ao início das obras de recuperação do edifício os esticadores deverão ser frequentemente verificados com o intuito de adaptar a tensão em função das condições do local



**Figura 74- Tirante-Pormenor ligação ao esticador**

### 7.3-Intervenção no edifício nº 3-5 na Travessa do Jogo da Bola-Carnide



**Figura 75-Evolução do edifício nº3-5 da Travessa do Jogo da Bola**

O edifício situado no nº 3-5 na Travessa do Jogo da Bola, em Carnide, apresenta características de edifício pré-pombalino, tendo possivelmente sofrido alterações ou obras de melhoria com o decorrer do tempo. Este edifício possui piso térreo, 1º andar e aproveitamento de cobertura para arrumos, sendo a sua tipologia comparável a um T2. Este edifício não apresenta quaisquer elementos no arquivo da CML, tendo sido a visita ao local a única fonte de informações por forma a decidir quais os tipos de intervenção a efetuar. Após esta inspeção preliminar é possível apresentar as características do referido edifício no quadro seguinte (tabela 16).

Tabela 16- Características do edifício nº3 a 5 na Travessa do Jogo da Bola

Ano de licenciamento	Desconhecido			
Fundações	Composição			Espessura (m)
	Fachadas	Alvenaria de pedra calcária rija, argamassa com areia		0.60-0.75
	Empenas	Alvenaria de pedra calcária rija, argamassa com areia		0.60-0.65
Paredes exteriores	Composição			Espessura (m)
	Fachadas	Alvenaria de pedra macia, argamassa com areia		0,5
	Empenas	Alvenaria de pedra macia, argamassa com areia		0,45
Paredes interiores	Composição		Espessura	Orientação
	Resistentes (Frontais)	Alvenaria de pedra macia, argamassa com areia	0,25	Paralelas à fachada
	Não Resistentes (Tabiques)	Tabiques de costaneiras da terra de 1 1/2 polegadas, fasquiadas	0,1	Perpendiculares à fachada
Pavimentos	Assoalhadas	Composição	Secções (cm)	
		Elementos em pinho	Vigamentos	18x8//40
Cobertura	Composição	Secções (cm)		
	Elementos em pinho	madre fileira	30x7	
		Ripado	4x2	

### 7.3.1-Fase de inspeção

Relativamente à intervenção mencionada, será realizado pela empresa tanto o projeto de arquitetura, como os de todas as outras especialidades. Assim, a visita ao local serve para fazer o levantamento arquitetónico e a inspeção às características do edifício. Dadas as particularidades arquitetónicas (edifício de pequenas dimensões, não podendo haver grandes alterações relativamente ao existente), foi importante centrar as atenções na inspeção da estrutura, tentando aferir o estado de conservação da mesma. Sendo o edifício constituído por paredes de alvenaria resistentes, sobre as quais descarregam os pavimentos de madeira, procedeu-se numa primeira fase à visualização destes elementos. Foi possível então identificar interiormente uma grande deterioração ao nível das paredes de empena, bem como da fachada, traduzida visualmente num “esfarelar” generalizado. No entanto e após uma análise mais cuidada, tendo sido realizada para o efeito a abertura de sondagens na parede, foi possível observar que esta anomalia não se evidencia no interior da parede, possuindo esta uma maior resistência no seu núcleo. Também foi possível observar que no piso do R/C, as paredes encontram-se mais deterioradas que nos pisos superiores. O edifício possui apenas um frontal e este encontra-se em bom estado de conservação, aparentando possuir capacidades resistentes satisfatórias. Relativamente aos pavimentos estes encontram-se em bastante mau estado, apresentando estes elementos rotura parcial ou até mesmo total no caso da laje do teto do 1º piso. Relativamente à estrutura da cobertura esta encontra-se bastante degradada, faltando elementos (estruturais e de revestimento) e apresentando os vigamentos uma grande deformação dadas as características do material. De seguida apresenta-se um quadro resumo com as principais patologias detetadas no presente edifício (tabela 17).

Tabela 17– Patologias do edifício nº3 a 5 na Travessa do Jogo da Bola

ESTRUTURA	Fundações/Paredes	Fendas verticais e oblíquas; Vergas de vãos inclinadas; Desagregação das alvenarias;
	Pavimentos	Degradação dos vigamentos; Degradação do soalho; Deformação; Ruina parcial
	Cobertura	Abatimentos; Falta de estanquidade; Telhas partidas
ELEMENTOS SECUNDÁRIOS	Vãos de madeira	Delaminação e envelhecimento de pinturas; Variação dimensional das peças; Ataque de fungos e xilófagos
	Escadas interiores	Desgaste; Variação dimensional das peças; Ataque de fungos e xilófagos
	Cantarias	Cantarias partidas
REVESTIMENTOS	Pinturas	Delaminação; Empolamentos; Manchas de fungos e bolores
	Rebocos	Empolamentos; Destacamentos; Eflorescências

### 7.3.2-Fase de projeto

Dadas as características do edifício e o seu elevado estado de degradação, optou-se por ser dimensionada uma estrutura de betão armado interior à estrutura de alvenaria existente, semelhante ao já apresentado nos projetos anteriormente apresentados. Assim serão criados 6 pilares, nos cunhais e a meio vão das empenas, onde serão ligados por vigas de betão armado na periferia (figura 76). No centro os dois pilares de empena serão ligados por uma viga metálica, devidamente compatibilizada com o pavimento. Assim a descarga dos pavimentos irá seguir o mesmo princípio que foi adotado na génese do edifício, sendo esta efetuada perpendicularmente às fachadas. Comparativamente aos projetos anteriormente apresentados, as principais diferenças estão presentes nas fundações na nova estrutura de betão armado e na estrutura dos pavimentos, possuindo esta intervenção uma particularidade. Relativamente às fundações serão aproveitados os caboucos de pedra calcária rija proveniente da estrutura original. Dadas as boas condições destes elementos e após verificação de segurança, ir-se-ão aproveitar estes elementos para efetuar a descarga nas novas peças de betão. Assim os pilares de betão armado irão descarregar sobre uma sapata de pedra, contínua ao longo das paredes, sendo o processo construtivo descrito posteriormente. Relativamente às lajes, estas serão aligeiradas de vigotas pré-esforçadas, assentando em viga de betão armado quando a descarga é adjacente às fachadas e numa viga metálica quando as vigotas descarregam junto ao frontal. A opção pela referida viga metálica deve-se à limitação na altura deste elemento perpendicular às empenas, o qual terá um valor compatível com as exigências regulamentares e funcionais dos espaços interessados do piso térreo. Como uma viga de betão com reduzida altura é insuficiente para garantir a não deformação, optou-se pela utilização de uma viga metálica, englobada na laje, de modo a receber as duas extremidades das lajes aligeiradas. Dado o avançado estado de degradação dos revestimentos das paredes de pedra, entendeu-se por realizar um reforço destes elementos. Assim será criado um confinamento numa lâmina de betão reforçado com armadura, aumentando não só a resistência das paredes mas também a globalidade da estrutura.

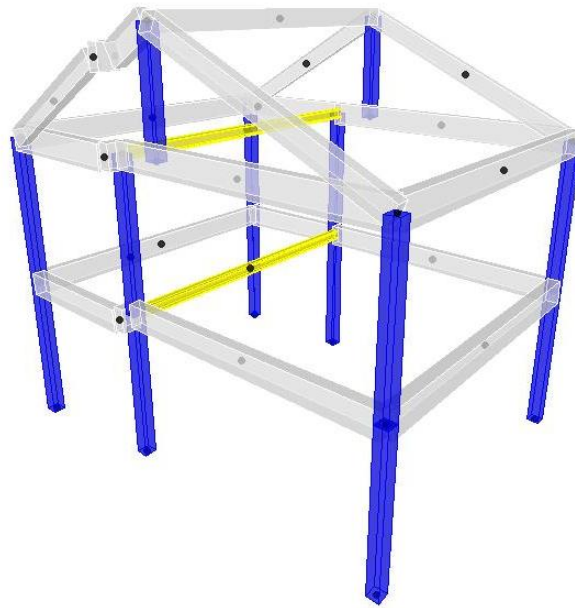


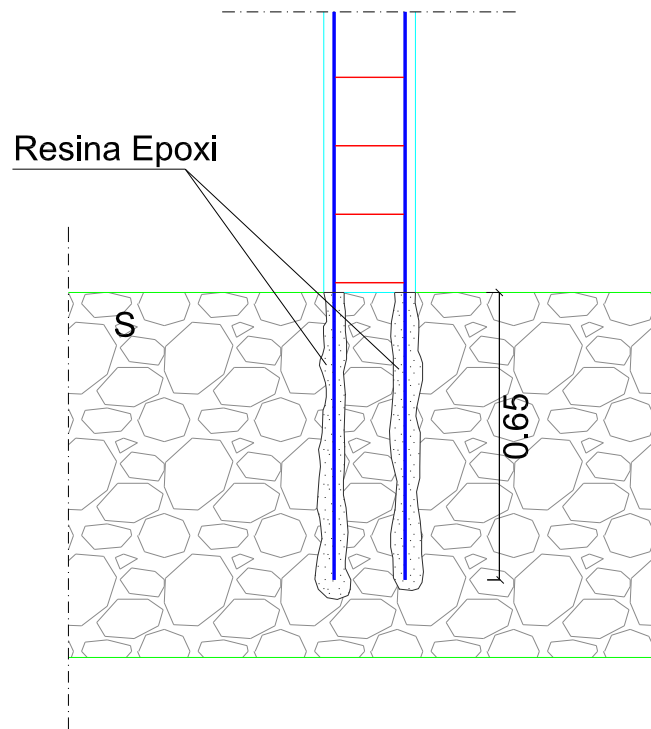
Figura 76- Modelo estrutural (SAP2000)

### 7.3.3-Fase de intervenção

#### 7.3.3.1-Fundação da nova estrutura de betão armado

A introdução de uma nova estrutura interior obriga a que esta tenha uma fundação sólida e que garanta a segurança da estrutura global. Dado este edifício possuir caboucos em pedra calcária rija em ótimo estado, foi entendido utilizar estes elementos presentes no edifício como fundação da nova estrutura. Foi então realizada a verificação de segurança do terreno bem como destes elementos com o intuito de averiguar a viabilidade da solução apresentada e tal facto foi constatado. Estes elementos possuem dimensões bastante generosas que permitem ao terreno suportar não só as cargas das paredes atualmente existentes mas também o novo acréscimo de carga agora provocado pela nova estrutura. Numa fase inicial retira-se todo o pavimento de madeira do piso térreo, com o intuito de poderem ser efetuados todos os trabalhos em toda a periferia da parede. De seguida serão efetuadas furações nos caboucos com cerca de 0,65m de profundidade e diâmetros compatíveis com os dos varões provenientes dos pilares. Após bem limpa a superfície agora aberta, serão introduzidos os arranques dos novos pilares nas aberturas anteriormente efetuadas. O

procedimento seguinte é realizar o enchimento dessas aberturas com uma resina epóxi, garantindo a correta fixação dos varões à pedra. Concluído este processo e após endurecimento da resina é depois possível efetuar a restante armação do pilar, precedida de cofragem e betonagem, dando desta forma início à continuação da nova estrutura (figura 77).

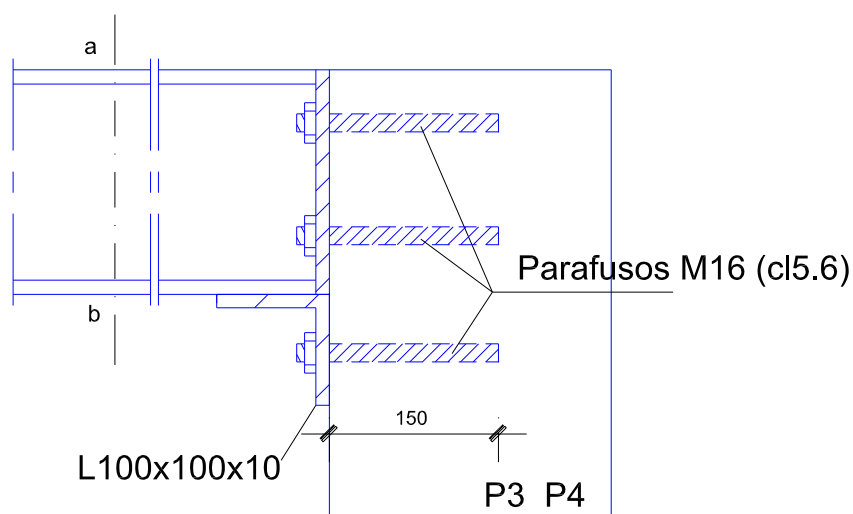


**Figura 77- Ligação do pilar de betão à fundação**

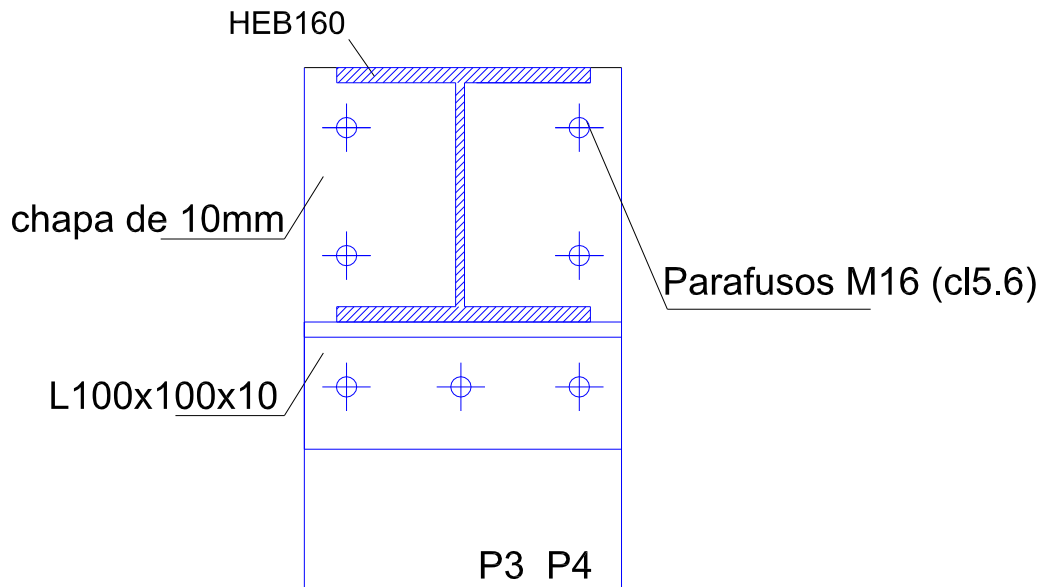
### 7.3.3.2-Compatibilização de vigas metálicas com lajes aligeiradas de vigotas pré-esforçadas

Relativamente à intervenção levada a cabo no presente edifício existem limitações relativamente a altura do pé direito. Este facto levou a que fossem adotadas dimensões para as lajes o mais reduzidas possível (12 cm no toco, 15 cm no limpo). Após a opção pelo tipo de laje, aligeirada de vigotas pré-esforçadas, e após o dimensionamento das mesmas, concluiu-se que as lajes de pavimento a aplicar são B3-40x09-12. Prosseguindo com o dimensionamento, foi calculada a estrutura e na verificação ao estado limite de utilização, observou-se que a única viga existente no centro do edifício, ligando ambas as

empenas, e recebendo esta as vigotas de dois pavimentos, teria que ter uma altura incompatível com o projeto de arquitetura se a mesma fosse realizada em betão. Desta forma a solução encontrada para resolver o problema da deformação da viga foi optar por um perfil metálico; por se tratar, ao contrario do betão armado, de um material sem fluência - a sua flecha instantânea é igual à flecha a longo prazo e deste modo é correntemente possível uma redução significativa da altura da peça em causa. Após realizado o dimensionamento, foi determinado um perfil HEB160, permitindo o cumprimento de todos os regulamentos aplicáveis, bem como do projeto de arquitetura, com a ocultação da viga no interior da laje do teto do piso térreo bem como do piso 1. Relativamente ao processo de construção este inicia-se com a fixação de uma chapa e uma cantoneira ao pilar metálico. Esta fixação será realizada com 7 parafusos M16 cl.5.6, tendo sido os mesmos determinados após dimensionamento da ligação. Posteriormente é assente a viga sobre a cantoneira e são soldados ambos os elementos (figuras 78 e 79).

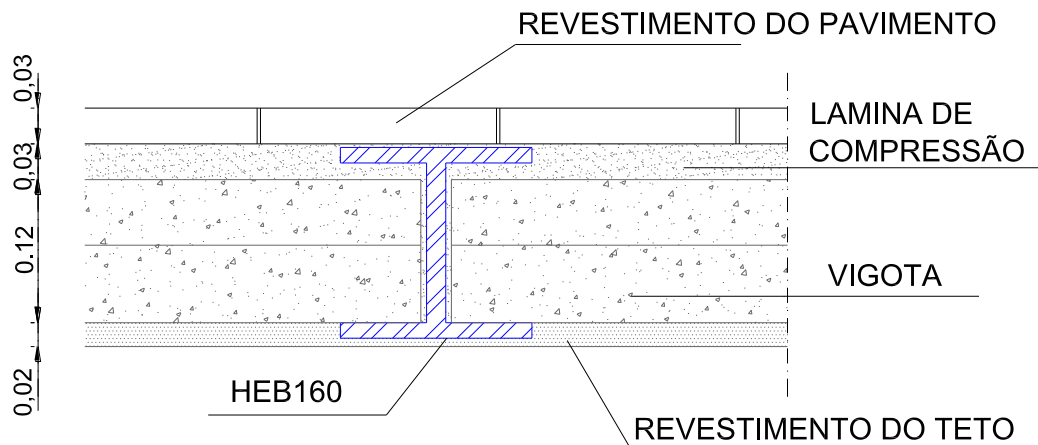


**Figura 78- Ligação da viga metálica aos pilares de betão**



**Figura 79- Ligação da viga metálica aos pilares de betão (corte a:b)**

Após este processo, o pórtico fica constituído e é então altura de poder ser executada a laje de piso. Inicialmente ao assentam-se as vigotas perpendicularmente à viga metálica, apoiando estes elementos no banzo inferior da viga. De seguida são assentes as tijoleiras cerâmicas nas vigotas e por cima destas é colocada uma armadura de malha quadrada com varões de diâmetro de 8mm de aço A400NR. Após a colocação da malha poderá então ser executada a betonagem da lâmina de compressão e será realizado também o enchimento entre o banzo superior da viga metálica e as vigotas, garantindo uma correta união entre elementos. Esta lâmina de compressão ficará sensivelmente ao mesmo nível que o limite superior da viga, ficando a mesma oculta quando forem realizados os revestimentos do piso. A parte inferior da viga também será oculta quando se aplicarem os revestimentos do teto do piso subjacente, resultando assim numa solução integrada dentro da placa do piso em causa (figura 80).



**Figura 80- Inserção da viga metálica na laje de pavimento**

### 7.3.3.3-Reforço estrutural das paredes resistentes

Por forma a melhorar as características das paredes do edifício, dado apresentarem elevada degradação, far-se-á um confinamento das paredes de empena e de fachada pelo seu interior. Assim numa fase inicial procede-se à picagem dos elementos soltos das paredes. Estas apresentam bastante laminação e é necessário nesta fase garantir que esta primeira camada de material bastante degradado seja eliminada, garantindo a correta aderência da nova camada à parede existente. Para tal, depois de removida esta primeira camada, deverá ser projetada água para a parede, não só para limpar o material solto mas também para humedecer a parede para a projeção de betão. Na segunda fase é necessário chumbar pequenas “bengalas” em varões de aço A400NR com diâmetro de 8mm para garantir o suporte na fase de construção e de conceção na fase definitiva das armaduras a aplicar nas paredes. Na fase seguinte é então altura de aplicar uma malha electrosoldada tipo MALHASOL CQ30 150x150 em aço A500 ao longo de toda a parede, garantindo uma correta sobreposição de armaduras nos encontros entre os diferentes elementos de rede. De seguida é altura de efetuar a betonagem da lâmina sobre as armaduras. Esta betonagem deverá ser realizada através da projeção de betão, por via húmida ou seca, desde que seja garantido um correto preenchimento de todos os vazios, salvaguardando a integridade da

camada de betão; as dimensões dos inertes deste betão serão compatíveis com a espessura total da lâmina. A projeção deverá feita na perpendicular à parede, evitando o efeito de ricochete e garantindo o preenchimento dos vazios atrás e entre as amaduras. Depois de betonada a lâmina iniciar-se-á o processo de cura do betão, garantindo o seu humedecimento nas primeiras horas. Depois de terminado este reforço estrutural da parede, será ser então aplicado o revestimento interior. (figuras 81 e 82).

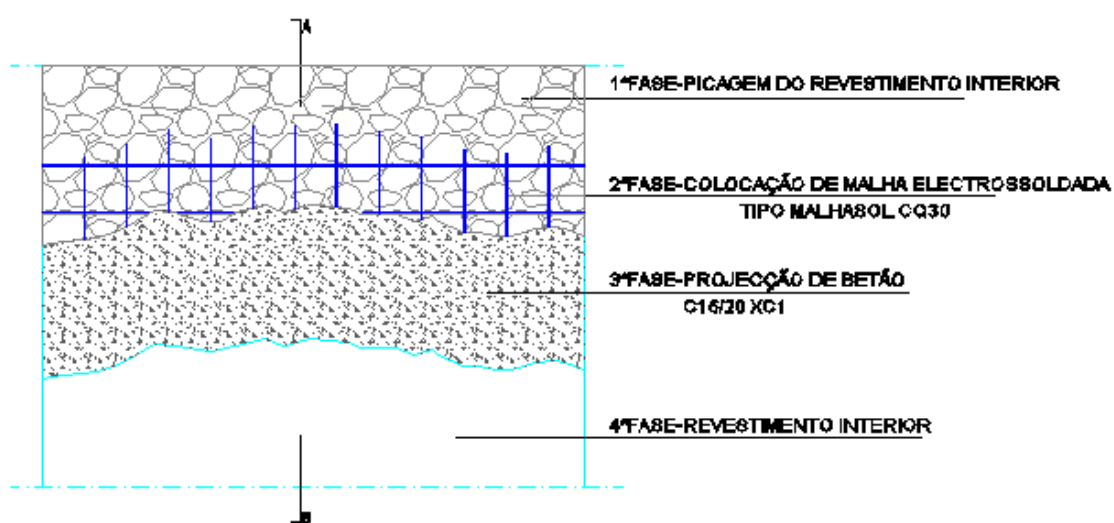


Figura 81- Esquema das fases de intervenção no reforço estrutural das paredes

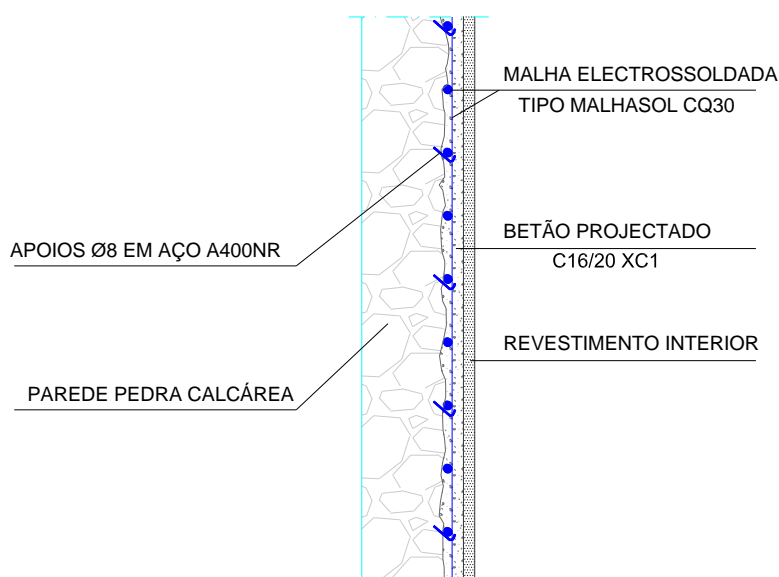


Figura 82- Esquema das fases de intervenção no reforço estrutural das paredes (corte a:b)

#### 7.4-Intervenção no 3º piso do edifício nº 35 da Rua Manuel Bernardes-Lisboa



**Figura 83-Fachada principal no edifício nº35 da Rua Manuel Bernardes**

O edifício situado no nº 35 da Rua Manuel Bernardes apresenta características de edifício pré-pombalino, tendo sofrido ao longo do tempo obras de reparação. A intervenção levada a cabo apenas dirá respeito ao 3º Piso, bem como ao aproveitamento da cobertura, tornando os dois fogos superiores em duplex. Relativamente à globalidade do edifício este apresenta 4 pisos e aproveitamento de cobertura, sendo constituído por dois fogos por andar. O presente edifício não possuiu quaisquer elementos no arquivo da CML, sendo desta forma a visita ao local a única fonte de informações relativamente à estrutura. Será então realizada uma inspeção ao edifício em causa, por forma a identificar quais os elementos resistentes, garantindo o correto apoio da nova estrutura a construir por forma a dar cumprimento à nova arquitetura. No quadro resumo seguinte apresentar-se-ão todas as características relevantes para a intervenção no edifício. (tabela 18)

Tabela 18- Características do 3º piso do edifício nº35 da rua Manuel Bernardes

Ano de construção	Desconhecido				
Fundações	Composição			Espessura (m)	
	Fachadas	-		-	
	Empenas	-		-	
	Saguão	-		-	
Paredes exteriores	Composição			Espessura (m)	
	Fachadas	Alvenaria de pedra macia, argamassa com areia de boa qualidade e cal cozida a mato ao traço de 2:5		0,8-0,4	
	Empenas	Alvenaria de tijolo		0,5-0,4	
	Saguão	Alvenaria de tijolo		0,4	
Paredes interiores	Composição		Espessura	Orientação	
	Resistentes (Frontais)	Alvenaria de tijolo, 1 vez no R/Chão e 1º andar, 1/2vez nos restantes	0,15-0,25	Paralelas à fachada	
	Não Resistentes (Tabiques)	Tabiques de costaneiras da terra de 1 1/2 polegadas, fasquiadas	0,1	Perpendiculares à fachada	
Pavimentos	Assoalhadas, IS e Cozinhas	Composição	Secções (cm)		
		Elementos em pinho	Vigamentos	16x8//40	
			Frechais	10x8	
			prumos	10x8	
			vergas	10x8	
			travessanhos	10x8	
			pendurais	10x8	
Cobertura	Composição	Secções (cm)			
	Elementos em pinho	Frechais	10x7		
		prumos	10x7		
		varedo	10x7		
		madre	14x7		
		fileira	14x7		
		ripado	4x2		

- Elementos sem interesse para a intervenção

#### 7.4.1-Fase de inspeção

Após uma visita ao local, foi possível identificar as características fundamentais para o correto dimensionamento de uma nova estrutura para o 3º piso e sótão, que garanta a segurança destes pisos recuperados, bem como salvasgarde a segurança do restante edifício. Assim, identificou-se o tipo de estrutura resistente, composta por paredes de alvenaria de pedra, sendo a descarga dos pavimentos efetuada nas fachadas e nos frontais.

Inicialmente observaram-se as paredes resistentes, frontais, fachadas e empenas, e todos estes elementos apresentavam um ótimo estado de conservação. Para tal foram realizadas aberturas nestas paredes e foi possível observar a competência estrutural dos seus materiais constituintes. Nesta etapa foram bem identificadas quais as paredes resistentes do piso adjacente, sendo estas as que receberão a descarga da estrutura superior. Relativamente aos pavimentos estes também apresentavam um bom estado de conservação, que originou na fase de projeto um cuidado especial de modo a aproveitar ao máximo todos os materiais existentes.

Após uma análise cuidada dos vários elementos resistentes da estrutura, foi possível concluir que grande parte dos mesmos poderá ser reaproveitada. Desta forma o que condicionará o aproveitamento ou não de elementos será a nova arquitetura, sendo esta responsável pela demolição de algumas paredes, por norma tabiques e costaneiros, levando a que fossem adotadas algumas soluções construtivas bastante específicas. Nesta intervenção a utilizar-se- o máximo possível, materiais compatíveis com os existentes visando um aproveitamento dos elementos presentes no local, bem como uma aproximação no comportamento destes relativamente aos do próprio edifício. Como os fogos do 3º piso se encontram habitados e em bom estado de conservação, não será apresentado nenhum quadro de patologias visto estas poderem ser consideradas irrelevantes, sendo o principal objetivo desta intervenção o aproveitamento da cobertura e a transformação das frações em duplex.

### 7.4.2-Fase de projeto

Após uma identificação das características funcionais de cada elemento e do estado de conservação dos mesmos, é altura de avaliar a sua compatibilidade com a estrutura resultante. Assim, a primeira fase de intervenção será a demolição das paredes incompatíveis com a nova arquitetura. As paredes de fachada e de empena não sofrerão quaisquer alterações, os frontais praticamente manter-se-ão, continuando desta forma, grande parte dos elementos estruturais globalmente intactos. Relativamente aos tabiques de costaneiros estes serão na sua maioria demolidos, dando lugar a paredes de gesso cartonado. A opção por estes elementos vai ao encontro do alívio de cargas, sendo esta uma preocupação constante ao longo da intervenção, tendo sempre em vista não se agravarem as cargas sobre a estrutura subjacente e conseqüentemente as suas condições de funcionamento. Relativamente aos vigamentos do piso, estes serão na sua generalidade de madeira, coexistindo com vigas metálicas, sendo necessária a sua introdução para servirem de elementos de contraventamento dos pilares metálicos e dotar a estrutura do pavimento, de maior capacidade resistente à deformação. Os referidos vigamentos de madeira e de metal descarregarão em pilares, na sua maioria metálicos. Apenas se optou pela introdução destes elementos metálicos quando no dimensionamento se observaram as elevadas secções que os elementos de madeira teriam que possuir para garantir a resistência das peças, nomeadamente à deformação. Assim colocaram-se pilares metálicos descarregando estes em paredes resistentes no piso adjacente, ou quando tal não acontece, descarregam em vigas metálicas devidamente apoiadas nas paredes mais próximos existentes no andar abaixo com capacidade para o efeito. Para se dar resposta a uma necessidade arquitetónica relativamente a um desnível no pavimento, foi criada uma treliça em madeira, devidamente dimensionada para salvaguardar o bom funcionamento das mesmas. Uma solução idêntica foi adotada para apoiar uma das águas da cobertura no nível do teto do sótão. Com o intuito de melhorar a resistência do edifício a cargas horizontais foi ainda introduzida uma cintagem metálica das paredes de empena e na fachada posterior no seu topo. Todas as intervenções serão agora descritas na fase de intervenção.

### 7.4.3-Fase de intervenção

#### 7.4.3.1-Fundação dos novos pilares através de elementos metálicos

A criação de uma nova laje de piso para o duplex e a necessidade de apoiar os vigamentos da cobertura obrigou à colocação de pilares de modo a apoiar os referidos elementos. Desta forma, estes pilares necessitam de uma fundação que garanta a estabilidade da nova estrutura bem como da existente. Estes novos elementos terão que efetuar a sua descarga para os elementos resistentes no piso inferior, mas como a arquitetura nem sempre o permite, foi criado este sistema de degradação de cargas. Assim é possível distinguir dois tipos de pilares relativamente à sua descarga: pilares com fundação direta em parede resistente e pilares com fundação indireta em parede resistente

##### *7.4.3.1.1-Pilares com fundação direta em parede resistente*

Sempre que a arquitetura o permitir é esta a opção preferível, embora seja sempre necessário adotar algumas medidas. Então neste tipo de pilares será construído na base um sistema de degradação de cargas através de chapas metálicas. Este processo inicia-se chumbando varões roscados de diâmetro de 12mm em aço A400NR, e afastados no máximo de 0,3m m. Depois de fixados estes elementos, é altura de aplicar uma camada de regularização no topo da parede, através de argamassa não retráctil de alta resistência. É importante que a face superior desta camada fique perfeitamente plana, para que o apoio da chapa na parede se faça de um modo uniforme, garantindo uma correta distribuição de carga. De seguida é então aplicada a chapa metálica previamente furada, com 12mm de espessura e 200mm de largura. Esta última medida foi estabelecida em função da espessura da parede resistente, de mais ou menos 0,1m, e a chapa com duas abas laterais que apoiam por sua vez sobre os vigamentos. O comprimento destas chapas variará de pilar para pilar visto cada um possuir as suas limitações. Depois de aplicadas as referidas chapas serão apertadas as porcas aos varões, garantindo uma correta fixação destes elementos. Está assim criado o elemento de fundação dos

pilares, podendo posteriormente estes elementos serem soldados ao embasamento (figuras 84 e 85).

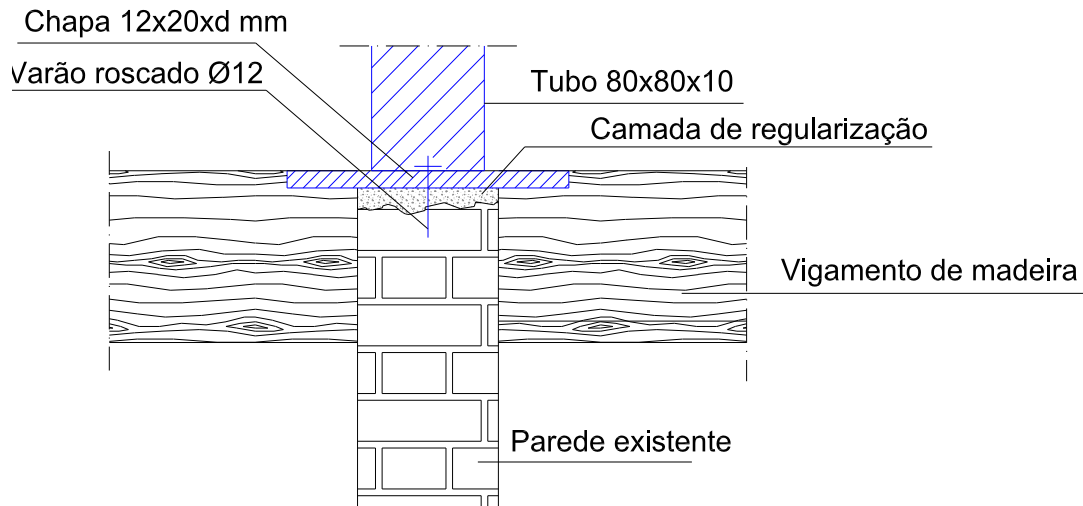


Figura 84– Ligação das chapas de fundação dos pilares à parede resistente (secção)

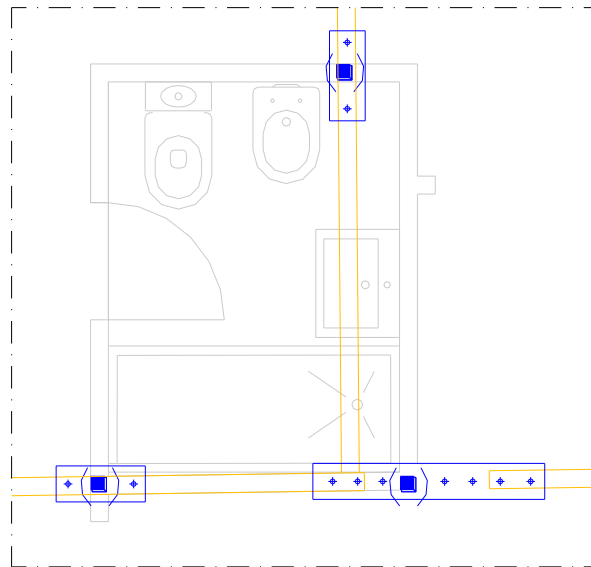


Figura 85- Ligação das chapas de fundação dos pilares à parede resistente (planta)

#### 7.4.3.1.2-Pilares com fundação indireta em parede resistente

Dadas as características arquitetónicas, nem todos os pilares puderam assentar diretamente em cima das paredes resistentes do piso inferior, pelo que teve de ser criado um sistema que garantisse a segurança da nova estrutura bem como da existente. Este sistema, consistiu na introdução de uma viga metálica sob o pilar, estando por sua vez esta viga apoiada nas paredes resistentes com qualidade para o efeito mais próximas do piso adjacente. Esta viga apresenta a mesma orientação dos vigamentos de madeira, apoiando nos frontais do edifício à semelhança destes elementos. Será necessário adotar esta solução em dois pilares e em ambos os casos a viga apoiará diretamente numa das extremidades numa parede resistente. A sua fixação é executada com argamassa hidráulica e na outra extremidade apoiará em cima da chapa de embasamento colocada previamente na intervenção mencionada anteriormente, sendo a sua fixação realizada através da soldagem das peças. Após esta fase é então possível soldar os respetivos pilares às vigas (figuras 86, 87 e 88). Esta solução foi contemplada no projeto de estabilidade, tendo sido verificada a sua segurança de acordo com a EN 1993-1, resultando na adoção de um perfil HEB100 após o dimensionamento.

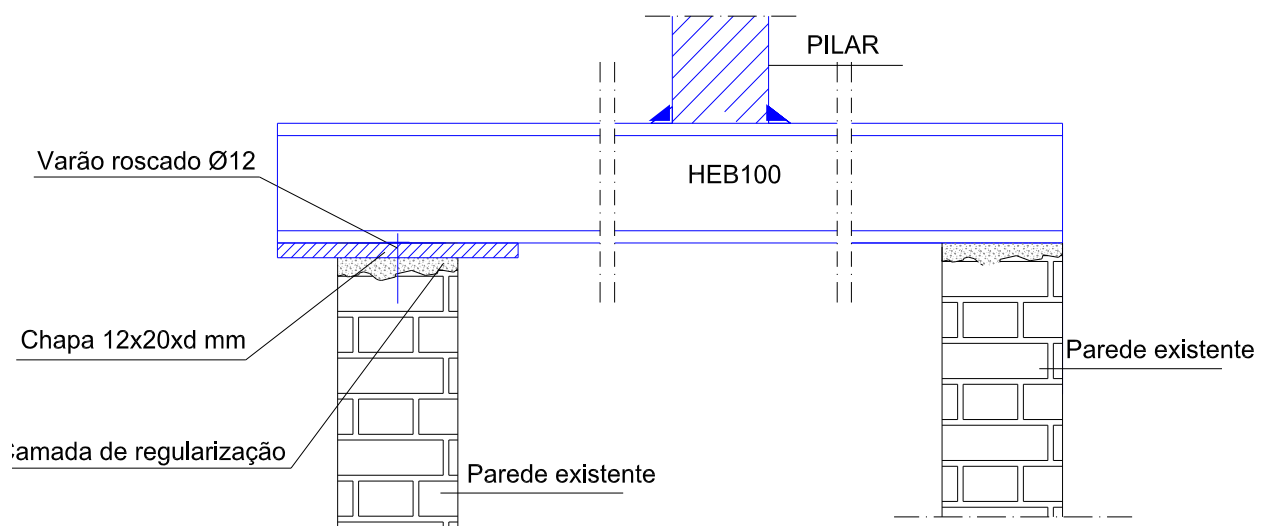


Figura 86- Ligação das vigas de fundação dos pilares à parede resistente (secção transversal)

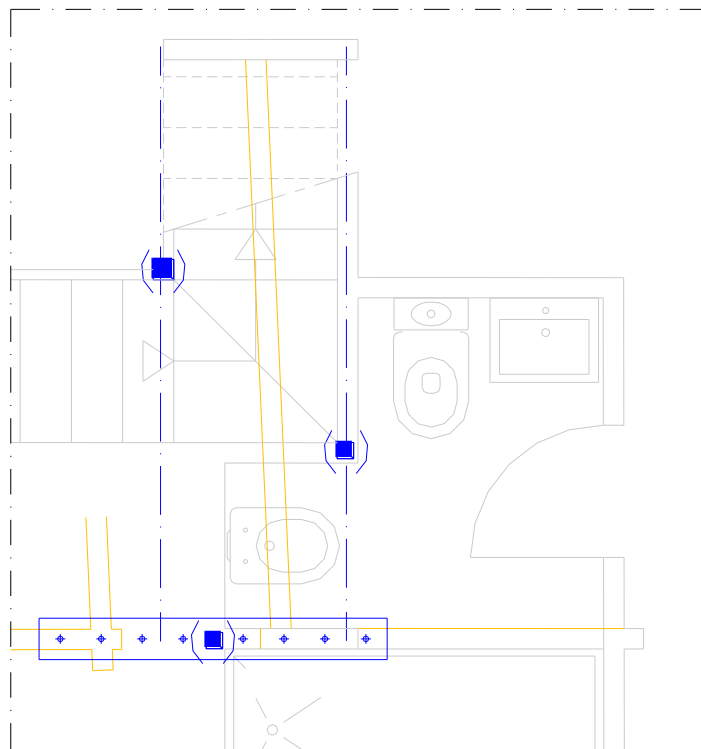


Figura 87- Ligação das vigas de fundação dos pilares à parede resistente (planta)

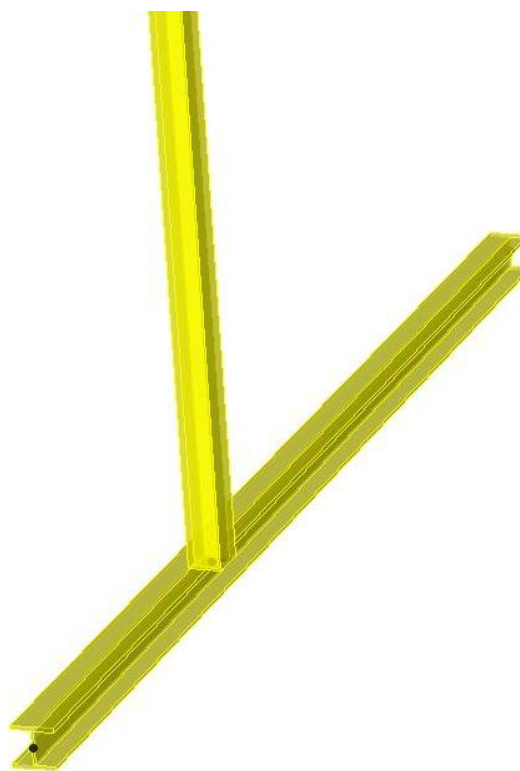
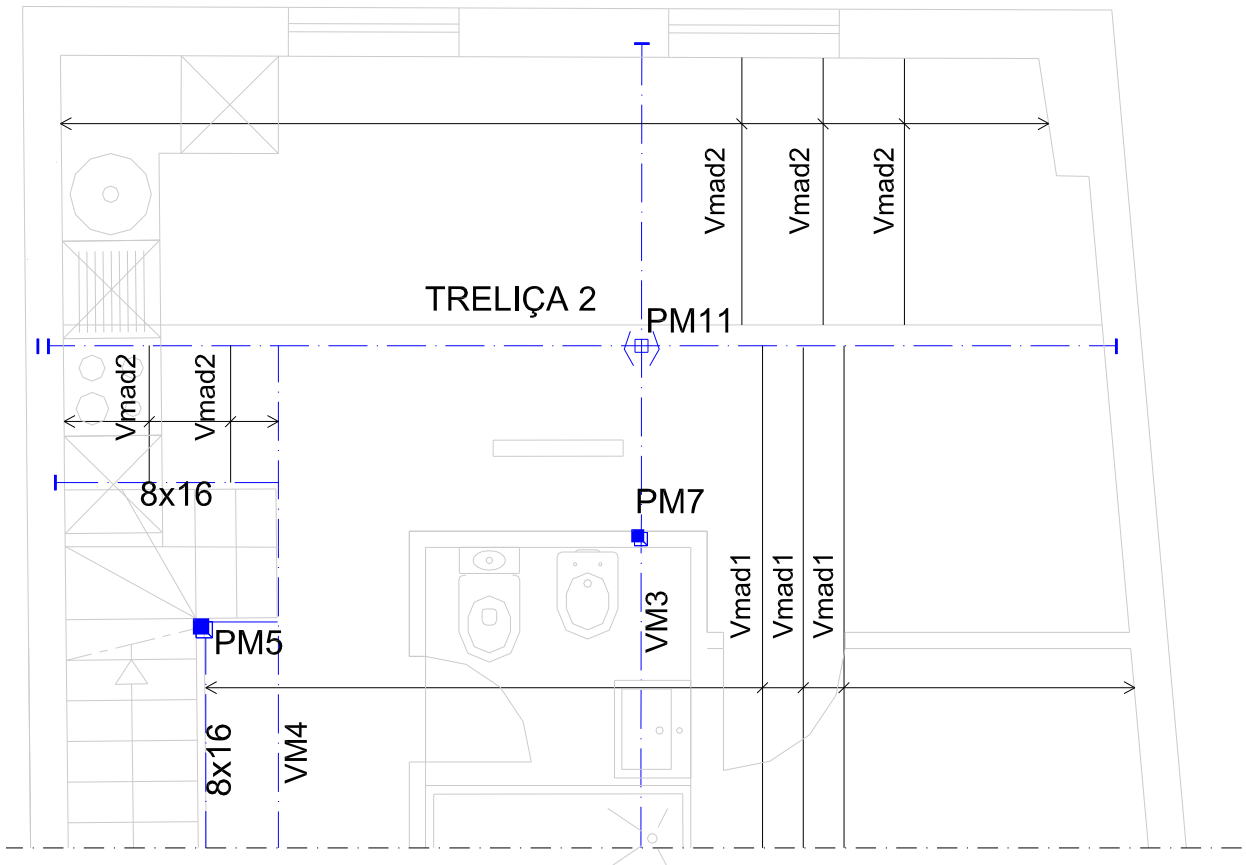


Figura 88- Modelo da ligação do pilar à viga metálica (SAP2000)

#### 7.4.3.2-Introdução de vigas metálicas no pavimento

Com a introdução de uma nova estrutura e com a criação de pilares com uma altura significativa, obriga que seja efetuado um travamento destes ao nível do piso do sótão. Desta forma foram utilizadas vigas metálicas em perfis HEB100 e HEB140 para garantir este travamento da estrutura. A opção pela introdução destes elementos também se deveu ao facto deles dotarem o pavimento com uma maior resistência à deformação. Dado que a maioria dos vigamentos do piso são de madeira e devido às características deste material relativamente à fluência, foi particularmente complicado dotar a estrutura de capacidade resistente, visto ter sido tomada em conta a decisão de aproveitar ao máximo os vigamentos existentes. Desta forma, a solução adotada foi acrescentar mais vigamentos à estrutura existente e ligar as novas vigas metálicas às de madeira através de tarugos. Estes elementos vão provocar um efeito de grelha, o qual gera um contraventamento global no pavimento e torna possível a sua verificação aos estados limites de utilização. Sobre estes vigamentos serão posteriormente aplicado o soalho, servindo este não só de revestimento do piso mas também de elemento introdutor de uma rigidez acrescida no piso – embora não tenha sido contabilizada no dimensionamento deste. Desta forma, esta laje do piso do sótão funcionará como uma laje mista de madeira e metal. (figuras 89 e 90)



### Legenda:

**8x16**-Secção em madeira de pinho bravo, classe de qualidade E (EN 1995:- 1.1:2004) com 8cm de largura e 16 cm de altura

**VM3**-HEB100

**VM4**-HEB140

**Vmad1**-secções de madeira de pinho bravo, classe de qualidade E (EN 1995:- 1.1:2004) 8x16//33 com tarugos 8x12 a meio vão

**Vmad2**-secções de madeira de pinho bravo, classe de qualidade E (EN 1995:- 1.1:2004) 8x16//50

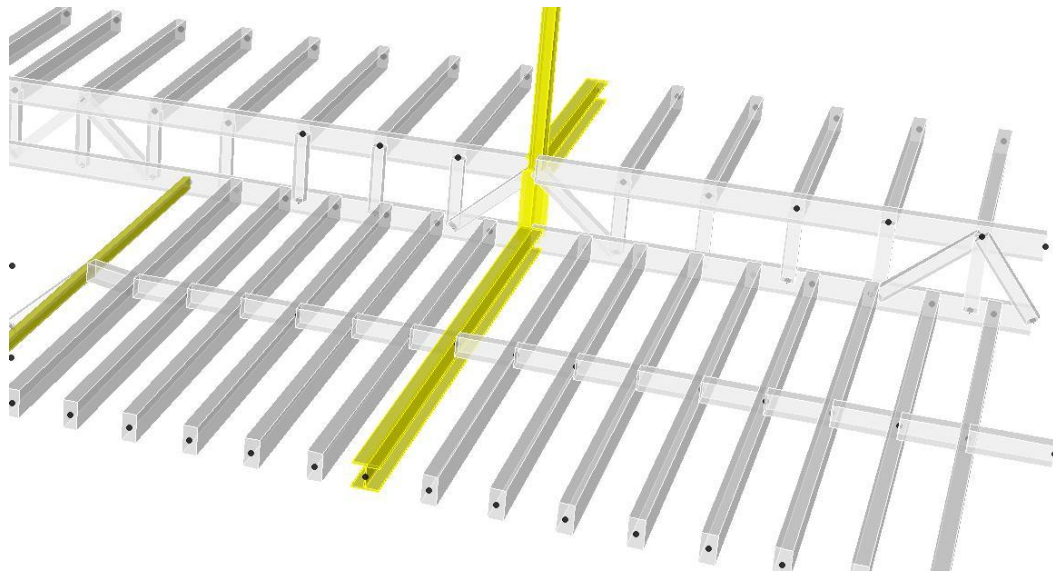
**PM7**-Tubo em aço S275, com dimensão de 80x80x10

**PM5**-Tubo em aço S275, com dimensão de 80x80x10

**PM11**- Tubo em aço S275, com dimensão de 80x80x10

**Treliça**-Descrição no próximo capítulo

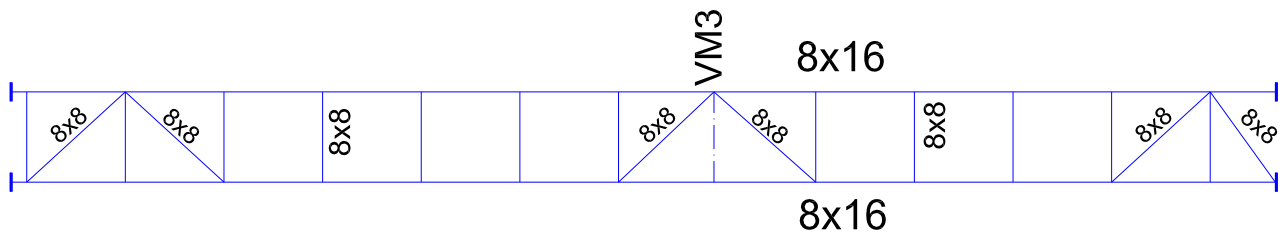
**Figura 89- Planta de distribuição dos vigamentos**



**Figura 90- Modelo dos vigamentos do piso (SAP2000)**

#### 7.4.3.3-Treliças de apoio de pavimento

A arquitetura apresentada contempla um desnível na laje do piso do sótão de cerca de 0.7m de altura. Estruturalmente para vencer esse vão foi criada uma treliça de madeira (figura 91 e 93), sendo esta apoiada nas empenas do edifício e em vigas metálicas que acompanham o desnível da laje. Estas vigas metálicas são as referidas no capítulo anterior, servindo também nesta fase para melhorar as características resistentes da treliça relativamente à deformação. Estas vigas metálicas nesta treliça, também recebem os pilares que apoiam uma das madres da cobertura, servindo assim como fundação destes elementos (figura 92). Assim, o processo construtivo inicia-se pela introdução dos vigamentos horizontais superiores e inferiores da treliça, servindo estas peças como vigas de bordadura das lajes. Depois procede-se à introdução dos montantes verticais que ligam as vigas horizontais. Por último e onde for necessário, serão introduzidas as diagonais da treliça. Estes elementos estão indicados no projeto de estabilidade, tendo sido determinada a sua necessidade no modelo estrutural concebido.



### Legenda:

**8x8**-Secção em madeira de pinho bravo, classe de qualidade E (EN 1995:-1.1:2004) com 8cm de largura e 8cm de altura

**8x16**-Secção em madeira de pinho bravo, classe de qualidade E (EN 1995:-1.1:2004) com 8cm de largura e 16 cm de altura

**VM3**-HEB100

Figura 91- Pormenor da treliça

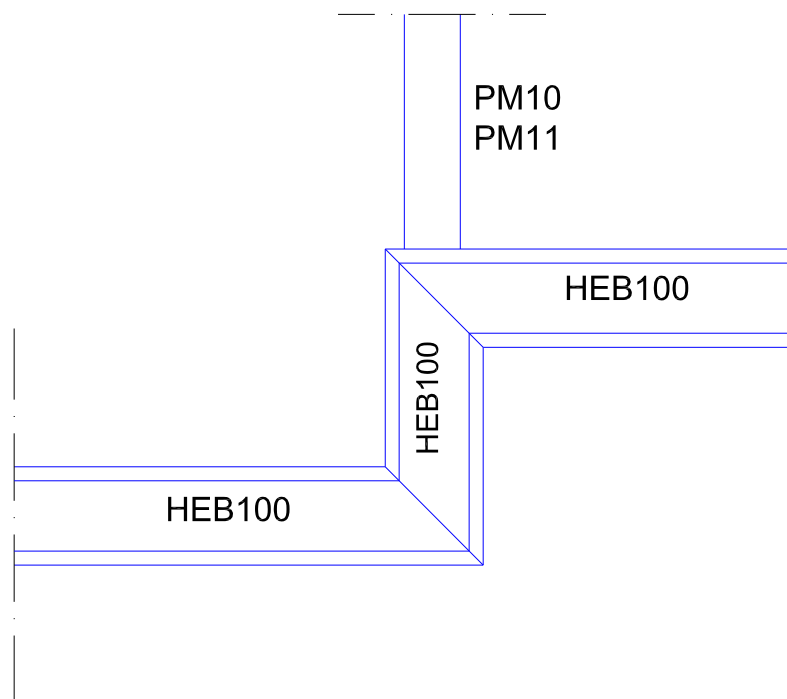
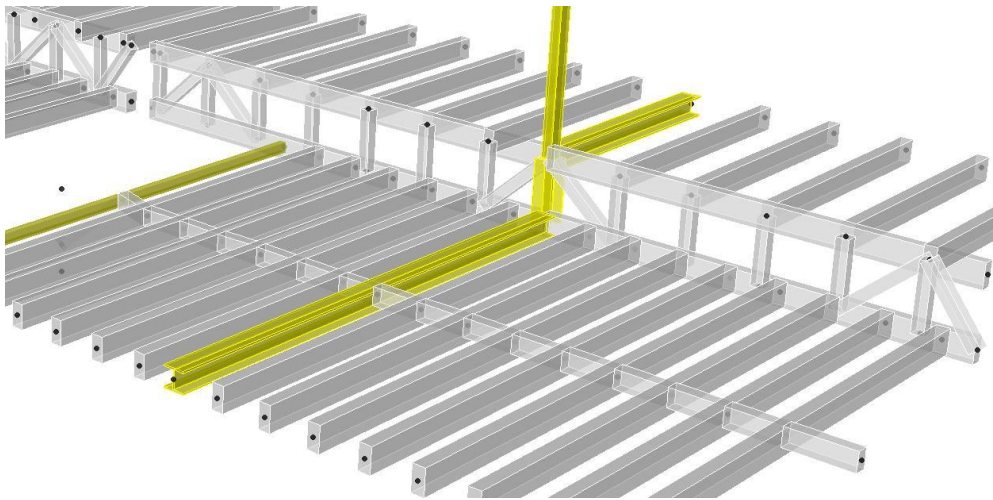


Figura 92- Pormenor da ligação do pilar à viga metálica da treliça



**Figura 93- Modelo da ligação do pilar à viga metálica da treliça**

#### **7.4.3.4-Cintagem periférica das paredes**

Por forma a dotar o edifício de um acréscimo de resistência a cargas horizontais (que se estima possa ser da ordem dos 30%), melhorando desta forma a sua vulnerabilidade sísmica, optou-se por efetuar uma cintagem periférica das paredes, no teto do sótão. Este processo construtivo terá lugar numa fase final da intervenção, chumbando-se varões roscados com diâmetro de 12mm em aço A400NR às paredes das empenas e da fachada posterior. A próxima fase será garantir a regularidade das paredes, e colocar uma camada de regularização se necessário para garantir o correto assentamento deste perfil na parede. Esta fase poderá ou não ser efetuada dependendo das características da parede. De seguida são introduzidos perfis UPN 140 em aço S275 previamente furados, prosseguindo com o aperto das porcas, garantindo desta forma a correta ligação do perfil à parede (figura 94). Para finalizar são soldados os encontros dos perfis nos vértices desta estrutura, garantindo que a mesma fique bem ligada entre si salvaguardando o desejado contraventamento do edifício.

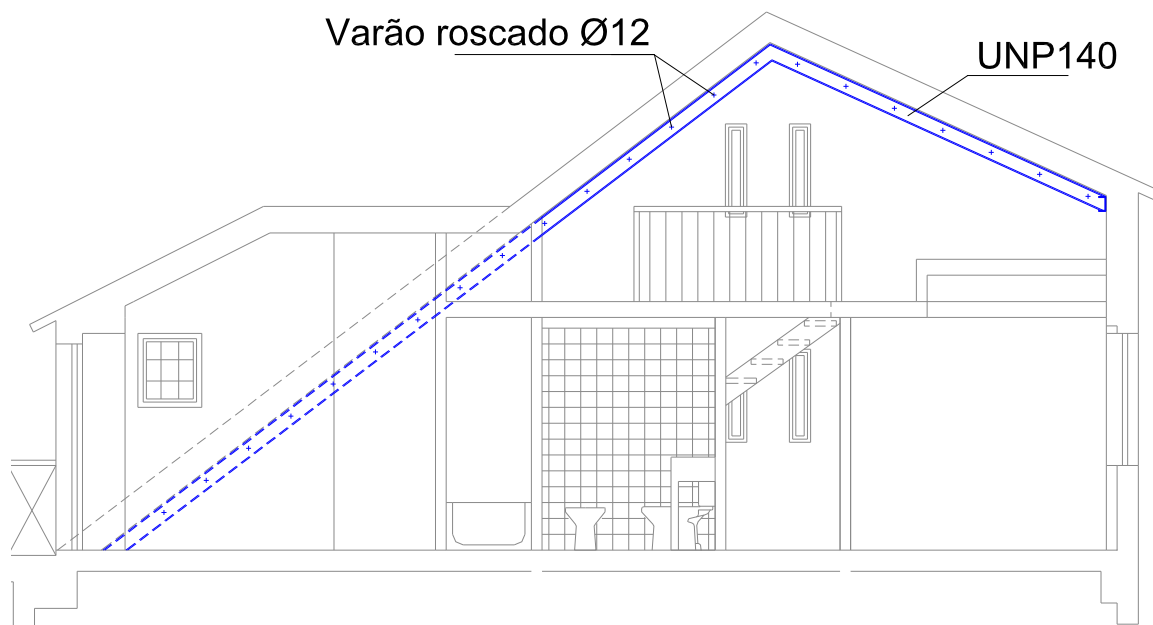


Figura 94- Cintagem periférica das paredes (corte)



## CAP. VIII-Conclusão

No presente capítulo ir-se-á proceder à apreciação global do estágio efetuado, sendo realizada uma comparação entre os objetivos inicialmente propostos e as atividades desenvolvidas na empresa.

O trabalho desenvolvido durante o período de estágio foi ao encontro dos objetivos previamente estabelecidos, tendo sido possível desenvolver bem como acompanhar processos de construção utilizados na reabilitação de edifícios. Outra vertente que se mostrou bastante satisfatória foi a criação e inserção no mercado da construção de novas técnicas construtivas, inclusive aprovadas e típicas pela Camara Municipal de Lisboa, sendo as mesmas distinguidas como inovadoras e originais. A replicação destas novas metodologias construtivas poder-se-á manifestar interessante no contexto atual da construção em Lisboa, dada a necessidade de reabilitar o património existente, podendo o presente trabalho servir de guia e de apoio a situações semelhantes.

Desta forma o estágio não poderia ter sido mais proveitoso para o estagiário visto todos os objetivos inicialmente propostos terem sido cumpridos, excedendo até as expectativas relativamente à quantidade e diversidade de intervenções efetuadas.



## Referencias Bibliográficas

[1]ANDRADE, Hugo - “Caracterização de edifícios gaioleiros”, Dissertação para a obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Civil. FCT, Lisboa, 2011

[2]Apontamentos do ISEL referentes às cadeiras de Materiais de Construção I e II, Processos de Construção e Edificações I, Tecnologias dos Revestimentos de Edifícios e Reabilitação de Edifícios e Monumentos.

[3]APPLETON, João A. S. – “Reabilitação de Edifícios Antigos, Patologias e técnicas de Intervenção” 1ª Edição. Edições Orion, Amadora, 2003.

[4]APPLETON, João. G. – “ Reabilitação de Edifícios Gaioleiros”. 1ª Edição, Edições Orion, Alfragide, 2005.

[5]BRANCO, Miguel E. – “Avaliação do Comportamento Sísmico de um Edifício Gaioleiro” – Métodos de Reforço. Trabalho final de curso. IST, Lisboa, 2005.

[6]BRAZÃO, Farinha e CORREIA, Reis – “Tabelas Técnicas”. Edições P.O.B, 1993

[7]CANDEIAS, Paulo J. – “ Avaliação da vulnerabilidade sísmica de edifícios de alvenaria”. Tese de Doutoramento. Universidade do Minho, Guimarães, 2008.

[8]CANDEIAS, Paulo J. - “Avaliação sísmica de edifícios existentes – Contribuição para a avaliação da vulnerabilidade em Portugal”. Tese de Mestrado. IST, Lisboa, 2001

[9]CARDOSO, M. R. – “Vulnerabilidade Sísmica de Estruturas Antigas de Alvenaria – Aplicação a um Edifício Pombalino”. Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Estruturas. IST, Lisboa, 2002.

[10]FERREIRA, José,” Aplicabilidade dos novos regulamentos da construção em edifícios gaioleiros”, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia civil, IST,2008

[11]INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA – Censos 2001. Resultados definitivos – Lisboa. INE, Lisboa, 2002.

[12]JESUS, Cátia S. – “Vulnerabilidade Sísmica de um Edifício Gaioleiro” – Proposta de Reforço. Dissertação para a obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Civil. IST, Lisboa, 2007.

[13]LNEC – Evolução das tipologias construtivas em Portugal. Núcleo de engenharia Sísmica e Dinâmica de Estruturas. LNEC, Lisboa, 2005.

[14]MASCARANHAS, Jorge – “Sistemas de Construção XIII-Reabilitação urbana”,1ªEdição, Livros Horizonte,Lisboa,2012

[15]MIRANDA, Frederico. – “Caracterização dos Edifícios Pombalinos da Baixa de Lisboa”. Dissertação para a obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Civil. FCT, Lisboa, 2011

[16]PENA, André, - “Análise do comportamento sísmico de um edifício pombalino”, Dissertação para a obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Civil, IST, Lisboa, 2008

[17]PROENÇA, Jorge M. e GAGO, António S.-"Parque escolar, reforço sísmico de edifícios escolares, 1ªedição, Argumentum, Lisboa,2011

[18]RODRIGUES, Isabel M. – Prédios de Rendimento das Avenidas de Ressano Garcia 1889-1926: Caracterização Construtiva. Dissertação – Mestrado em Construção. IST, Lisboa, 2000.

### **Legislação e Cartas Internacionais:**

Regulamento geral das edificações urbanas

Regulamento de segurança e ações

Regulamento de estruturas de betão armado e pré-esforçado

Decreto-lei nº 60/2007

Decreto-lei nº 26/2011

Carta de Atenas(1931)- Conclusões da Conferência Internacional de Atenas sobre o Restauro dos Monumentos-IGESPAR

Carta de Atenas-IPHAN

Carta de Veneza-IGESPAR

Carta de Veneza-IPHAN

Carta de Cracóvia 2000-IGESPAR

### **Programas de cálculo:**

SAP2000, V15.1, Computers and Structures, Inc

EDIF, LNEC

BIAXIAL, CXS



## ANEXOS

Anexo I- Peças desenhadas da intervenção do edifício nº40 da Avenida Visconde de Valmor

Anexo II- Peças desenhadas da intervenção do edifício nº72 da Rua Luciano Cordeiro

Anexo III- Peças desenhadas da intervenção do edifício nº3-5 na Travessa do Jogo da Bola

Anexo IV- Peças desenhadas da intervenção do edifício nº35 da Rua Manuel Bernardes

(Anexos presentes na versão digital)