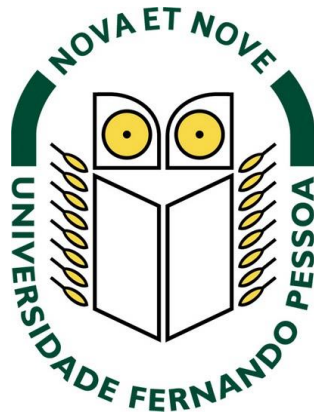


JOSÉ AGOSTINHO FREITAS MAIA

Proposta de Intervenção em Edifícios Antigos  
Rua de Cedofeita, nº433 e Rua Ferreira Borges, nº 82  
Porto

---



Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil

Orientadora: Professora Doutora Celeste Almeida

Porto, Novembro de 2015



JOSÉ AGOSTINHO FREITAS MAIA

Proposta de Intervenção em Edifícios Antigos  
Rua de Cedofeita, nº433 e Rua Ferreira Borges, nº 82  
Porto

---



Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil

Orientadora: Professora Doutora Celeste Almeida

Porto, Novembro de 2015

JOSÉ AGOSTINHO FREITAS MAIA

Proposta de Intervenção em Edifícios Antigos  
Rua de Cedofeita, nº433 e Rua Ferreira Borges, nº 82  
Porto

---

“Trabalho apresentado à Universidade Fernando Pessoa, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, sob a orientação da Exma. Professora Doutora Celeste Almeida”

---

## **Índice Geral**

Índice Geral .....	I
Resumo .....	II
Abstract.....	III
Agradecimentos .....	IV
Índice de Texto .....	V
Índice de Figuras .....	VIII
Índice de Tabelas .....	XIII
Capítulo I – Evolução da reabilitação urbana em Portugal .....	1
Capítulo II – Sistema construtivo de edifícios antigos do Porto .....	15
Capítulo III – Metodologias com vista à inspeção, diagnóstico e reforço de edifícios antigos.....	30
Capítulo IV - Casos Práticos de Estudo .....	38
Capítulo V - Conclusões Finais .....	76
Referências Bibliográficas.....	77
Anexos .....	79

## **Resumo**

As intervenções em edifícios antigos têm vindo a crescer no sector da construção civil em Portugal, na sequência da maior preocupação da salvaguarda do património histórico e cultural edificado.

O presente trabalho centra-se no tema da reabilitação urbana em Portugal, focando nas ferramentas empregues, principais interesses e preocupações inerentes, com aplicação mais direta nas intervenções realizadas em edifícios antigos da zona do centro histórico da cidade do Porto. Para uma melhor compreensão da edificação antiga é apresentada e caracterizada a casa típica do Porto (casa tipo burguesa) em termos de funcionalidade e sistema construtivo. São igualmente abordadas as metodologias recomendadas na inspeção, diagnóstico e reforço de estruturas que visam a perceção das patologias existentes, bem como a definição das técnicas de intervenção mais adequadas.

Por último, são apresentados dois casos de estudo localizados no centro histórico do Porto, focando na descrição arquitetónica e estrutural e na apresentação da solução de intervenção preconizada.

## **Abstract**

The interventions in ancient buildings has coming to grow in the sector of the civil construction in Portugal, in the sequence of the biggest concern of the safeguard of the historical patrimony and cultural buildings.

The present work focuses on the theme urban rehabilitation in Portugal, focusing on the used tools, main interests and inherent concerns, with more direct application in interventions of old buildings in the area of the historic center of Oporto city. For a better understanding of ancient building is presented and characterized the typical Oporto house (house bourgeois type) in terms of functionality and constructive system. Are equally dealt the methodologies recommended in the inspection, diagnostic and fortification of structures which aims the perception of existing pathologies as well the definition of the most appropriate intervention techniques.

Finally, are presented two case studies in the historic center of Oporto, focusing on architectural and structural description and the presentation of the recommended intervention solution.

## **Agradecimentos**

Os meus mais sinceros agradecimentos são direcionados á Professora Doutora Celeste Almeida que tanto me impulsionou e orientou na dissertação da tese de mestrado para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil.

Particularmente apresento os meus mais sinceros agradecimentos a todo o corpo docente da Universidade Fernando Pessoa que ao longo destes cinco anos me acompanhou e conduziu neste percurso académico.

Especialmente apresento os meus mais sinceros agradecimentos ao Professor Doutor Miguel Teixeira Branco que sempre me incentivou e motivou neste percurso.

## **Índice de Texto**

### **Capítulo I – Evolução da reabilitação urbana em Portugal**

1.1 Introdução .....	1
1.2 Evolução das políticas de intervenção.....	2
Políticas de intervenção do século XX.....	2
Políticas de intervenção do século XXI .....	7
1.3 Exemplo das Sociedades de Reabilitação Urbana no processo de reabilitação .....	8
1.4 Políticas de intervenção aplicadas no centro histórico da cidade do Porto .....	9

### **Capítulo II – Sistema construtivo de edifícios antigos do Porto**

2.1 - Enquadramento .....	15
2.2 Descrição dos principais materiais construtivos .....	16
Cerâmicos.....	16
Madeira .....	16
Ferro.....	20
Granito .....	21
Telha .....	22
Gesso.....	23
Vidro .....	24
2.3 Sistema construtivo dos edifícios antigos .....	24
2.3.1 Fundações.....	24
2.3.2 Pavimentos em madeira .....	26
2.3.3 Caixa de Escadas.....	27
2.3.4 Paredes interiores em tabique.....	27
2.3.5 Paredes exteriores .....	28
2.3.6 Cobertura e claraboia .....	29

### **Capítulo III – Metodologias com vista à inspeção, diagnóstico e reforço de edifícios antigos**

3.1 Introdução .....	30
3.2 Recolha e análise histórica .....	30
3.3 Levantamento geométrico e registo de danos observados .....	31
3.4 Caracterização material e estrutural por aplicação de técnicas de ensaio .....	31
Madeira .....	32

<u>Proposta de Intervenção em Edifícios Antigos - Rua de Cedofeita, nº433 e Rua Ferreira Borges, nº 82, Porto</u>	
Granito .....	32
3.5 Aplicação de técnicas de reforço.....	33

## **Capítulo IV - Casos Práticos de Estudo**

4.1 Introdução .....	38
4.2 Palacete da Baronesa do Bom Seixo .....	39
4.2.1 Descrição geral do edifício.....	39
Fachada .....	40
Janelas e Portas .....	42
Tetos.....	42
4.2.2 Descrição estrutural.....	43
Pavimento .....	43
Paredes interiores .....	43
Caixa de escadas e elevador.....	44
4.2.3 Descrição da solução estrutural.....	44
Movimento de terras .....	45
Fundações e contenção periférica .....	47
Pilares em betão armado .....	48
Vigas metálicas .....	49
Vigas em betão armado.....	50
Lajes colaborantes.....	50
Caixa de escadas em betão armado.....	52
Cobertura e claraboia .....	53
Observações finais .....	54
4.3 Edifício nº82 da Rua Ferreira Borges.....	55
4.3.1 Descrição geral do edifício.....	55
Fachada .....	55
Cobertura .....	56
Janelas e portas .....	57
Rodapés.....	57
Granito .....	58
4.3.2 Descrição estrutural.....	59
Pavimento .....	59
Paredes interiores .....	60
Tetos.....	61
Caixa de escadas .....	61

Proposta de Intervenção em Edifícios Antigos - Rua de Cedofeita, nº433 e Rua Ferreira Borges, nº 82, Porto

4.3.3 Descrição da solução.....	64
Notas de cálculo.....	64
Ações consideradas.....	64
Ações permanentes.....	65
Materiais utilizados.....	67
Fundações.....	68
Pilares.....	69
Vigas.....	71
Laje colaborante.....	72
Escadas.....	74
Observações finais.....	75
<b>Capítulo V - Conclusões Finais .....</b>	<b>76</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>77</b>

**Anexos**

Anexo A – Projeto de Arquitetura - Palacete da Baronesa, rua de Cedofeita nº 433, Porto .....	79
Anexo B - Projeto de Estabilidade - Palacete da Baronesa, rua de Cedofeita nº 433, Porto.....	79
Anexo C - Projeto de Arquitetura - Edifício nº 82 da rua de Ferreira Borges, Porto.....	79
Anexo D - Projeto de Estabilidade - Edifício nº 82 da rua de Ferreira Borges, Porto .....	79

## **Índice de Figuras**

### **Capítulo I - Reabilitação Urbana**

Figura 1 - Fachada de edifício reabilitado na cidade do Porto (Fonte: SRU – Porto Vivo, 2014)	1
Figura 2 - Edifícios burgueses da cidade do Porto (Fonte: a) Projeto de Reabilitação de Edifícios - Universidade Fernando Pessoa, 2014; b) Irmãos Maia C. C. O. P., Lda., 2008).....	2
Figura 3 - Política de Cidades POLIS XXI: Configuração geral (Fonte: www.dgterritorio.pt, 2007) .....	8
Figura 4 - Área Crítica de Recuperação e Reconversão Urbanística (Fonte: SRU – Porto Vivo, 2012) .....	9
Figura 5 - Morro da Sé do Porto (Fonte: www.portojofotos.blogspot.pt).....	10
Figura 6 - Limite da área de reabilitação urbana do centro histórico do Porto (Fonte: SRU – Porto Vivo, 2012) .....	11
Figura 7 - Delimitação das sete áreas de reabilitação urbana na ZIP (Fonte: SRU – Porto Vivo, 2012) .....	12
Figura 8 - Estado de Conservação do Edificado da Baixa Portuense (Fonte: SRU – Porto Vivo, 2012) .....	13
Figura 9 - Estado de conservação das infraestruturas viárias (Fonte: SRU – Porto Vivo, 2012)	14

### **Capítulo II – Sistema construtivo de edifícios antigos do Porto**

Figura 10 - Esquema dos elementos mais representativos da casa burguesa do Porto (Fonte: Valentim, N. 2006).....	15
Figura 11 - Azulejo utilizado em edifícios burgueses do século XIX (Fonte: Projeto de Reabilitação de Edifícios - Universidade Fernando Pessoa e Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto).....	16
Figura 12 - Estrutura da madeira folhosa e resinosa (Fonte: Coutinho, Joana 1999).....	17
Figura 13 - Características das madeiras tradicionais mais empregues na reabilitação urbana (Fonte: Mascarenhas, Jorge 2012) .....	19
Figura 14 - Grades de varandas em ferro forjado/fundido (Fonte: a) Projeto de Reabilitação de Edifícios - Universidade Fernando Pessoa; b) AC Maias, Engenharia Lda.) .....	20

<u>Proposta de Intervenção em Edifícios Antigos - Rua de Cedofeita, nº433 e Rua Ferreira Borges, nº 82, Porto</u>	
Figura 15 - Elementos em granito (Fonte: Projeto de Reabilitação de Edifícios - Universidade Fernando Pessoa) .....	21
Figura 16 - Resistência à compressão de alvenarias (Fonte: Segurado, 1908).....	21
Figura 17 - Telha tradicional e elementos de granito em vãos exteriores (Fonte: Irmãos Maia, C.C.O.P., Lda.).....	22
Figura 18 - Tetos estucados (Fonte: AC Maias, Engenharia Lda.) .....	23
Figura 19 - Vidro das janelas exteriores (Fonte: AC Maias, Engenharia Lda.) .....	24
Figura 20 - Fundações Diretas (Fonte: Teixeira, J. 2014).....	25
Figura 21 - Fundações Semirectas (Fonte: Teixeira, J. 2014).....	25
Figura 22 - Fundações Indirectas (Fonte: Teixeira, J. 2014) .....	26
Figura 23 - Pavimentos em madeira – Figuras a) vigas de secção circular; Figuras b) vigas de secção retangular (Fonte: Projeto de Reabilitação de Edifícios - Universidade Fernando Pessoa) .....	26
Figura 24 – Caixa de escadas (Fonte: Projeto de Reabilitação de Edifícios - Universidade Fernando Pessoa) .....	27
Figura 25 - Paredes interiores em madeira de tabique interior com duplo tabuado (Fonte: Pires, A., Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013).....	28
Figura 26 - Paredes exteriores em tabique e alvenaria (Fonte: Teixeira, J., 2013) .....	28
Figura 27 - Reabilitação de telhados (Fonte: Mascarenhas, Jorge 2012).....	29
Figura 28 - Constituição de uma claraboia de iluminação (Fonte: Pires, A., Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013).....	29

### **Capítulo III – Metodologias com vista à inspeção, diagnóstico e reforço de edifícios antigos**

Figura 29 - Edifício nº82 na Rua Ferreira Borges (Fonte: Casa do Infante) .....	31
Figura 30 - Ultrassons (Fonte: C. Almeida, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013) .....	32
Figura 31 - Ensaios destrutivos para a pedra de granito (C. Almeida, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013).....	33

<u>Proposta de Intervenção em Edifícios Antigos - Rua de Cedofeita, nº433 e Rua Ferreira Borges, nº 82, Porto</u>	
Figura 32 - Técnicas de reforço global - continuidade entre as paredes e a fundação (Fonte: Costa, A., Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2007).....	34
Figura 33 - Travamento de fachada (Fonte: Faculdade) .....	35
Figura 34 - Técnicas de reforço em alvenaria com elementos metálicos e reboco armado (Fonte: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto) .....	35
Figura 35 - Desmonte e reconstrução parcial de zonas degradadas de alvenaria da Ponte da Lagoncinha, V. N. Famalicão (Fonte: Intervenção DGEMN, 1952/53) .....	36
Figura 36 - Lavagem das juntas e colocação da nova argamassa de substituição (Fonte: Tomazevic, 1999).....	36
Figura 37 - Laje colaborante (Fonte: Irmãos Maia, C.C.O.P, Lda.).....	37
Figura 38 - Técnicas de reforço em madeira (Fonte: Arriaga, 2002).....	37

#### **Capítulo IV - Casos Práticos de Estudo**

Figura 39 – Exterior e interior do Palacete da Baronesa do Bom Seixo antes da intervenção (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008).....	39
Figura 40 - Fachada Principal (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008).....	40
Figura 41 - Planta de cobertura (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008).....	40
Figura 42 - Alçados principais: a) esquerdo e principal (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008) .....	41
Figura 43 - Janelas exteriores (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008) .....	42
Figura 44 - Tetos degradados (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008) .....	42
Figura 45- Pavimentos interiores (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008).....	43
Figura 46 - Paredes interiores em tabique e granito (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda.) ....	43
Figura 47 - Elevador e caixa de escadas (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008).....	44
Figura 48 - Demolição do interior (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008) .....	45
Figura 49 - Estrutura provisória (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008).....	45
Figura 50 - Movimento de terras (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008) .....	46
Figura 51 - Planta estrutural do teto da cave (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008) .....	46
Figura 52 - Pormenor muro de contenção (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008) .....	47

<u>Proposta de Intervenção em Edifícios Antigos - Rua de Cedofeita, nº433 e Rua Ferreira Borges, nº 82, Porto</u>	
Figura 53 – Pormenor de sapata isolada (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008) .....	47
Figura 54 - Muro de contenção e respetiva betonagem (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008) .....	48
Figura 55 - Pilares em betão armado (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008) .....	49
Figura 56 - Colocação de vigas metálicas do rés-do-chão (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008) .....	49
Figura 57 - Pormenor de ligação de vigas metálicas à parede exterior de granito (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008).....	50
Figura 58 - Estrutura mista, vigas metálicas e em betão armado (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008) .....	50
Figura 59 - Fixação da chapa colaborante (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008) .....	51
Figura 60 - Pormenor de ligação das cantoneiras à parede exterior (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda.).....	51
Figura 61 - Betonagem de laje colaborante com respetivo atalochamento manual e escoramento dos pisos (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008) .....	52
Figura 62 - Escadas em betão armado (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008) .....	53
Figura 63 - Cobertura e claraboia translúcida em policarbonato (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008) .....	53
Figura 64 – Estrutura mista (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008) .....	54
Figura 65 - Principais elementos em madeira (Fonte: AC Maias, Engenharia Lda., 2015).....	55
Figura 66 - Fachada do edifício nº82 da rua de Ferreira Borges (Fonte: AC Maias, Engenharia Lda., 2015) .....	56
Figura 67 - Cobertura e claraboia (Fonte: AC Maias, Engenharia Lda., 2015) .....	56
Figura 68 - Cobertura e claraboia (Fonte: AC Maias, Engenharia Lda., 2015) .....	57
Figura 69 - Janelas e portadas em madeira (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015) .....	57
Figura 70 - Rodapé em madeira (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015).....	58
Figura 71 - Elementos de granito em fachada (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015) .....	58
Figura 72 - Vigamento de madeira (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015) .....	59

Figura 73 - Ligação de viga de madeira a parede de granito (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015) .....	59
Figura 74 - Soalho em riga velha (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015).....	60
Figura 75 - Paredes interiores em tabique (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015).....	60
Figura 76 - Tetos em gesso (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015).....	61
Figura 77 - Caixa de escadas (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015) .....	62
Figura 78 - Balaústre de madeira (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015).....	62
Figura 79 - Paredes de tabique de caixa de escadas (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015) 63	
Figura 80 - Paredes em granito da caixa de escadas (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015)63	
Figura 81 – Sapata retangular excêntrica (Fonte: Cypecad, 2015) .....	69
Figura 82 - Viga de equilíbrio (Fonte: Cypecad, 2015) .....	69
Figura 83 - Pilares metálicos (Fonte: Cypecad, 2015) .....	70
Figura 84 – Mezzanine (Fonte: Cypecad, 2015) .....	70
Figura 85 - Pormenor de placa de amarração (Fonte: Cypecad, 2015) .....	71
Figura 86 - a) Vigas metálicas ao nível do Piso 1; b) Cantoneira perimetral (Fonte: Cypecad, 2015) .....	72
Figura 87 - Vigas inclinadas da cobertura (Fonte: Cypecad, 2015).....	72
Figura 88 - Pormenor de laje colaborante (Fonte: Cypecad, 2015) .....	73
Figura 89 - Escada 1 (Fonte: Cypecad, 2015).....	75
Figura 90 - Proposta estrutural (Cypecad, 2015) .....	75

## **Índice de Tabelas**

### **Capítulo I - Reabilitação Urbana**

Tabela 1 - Edifícios, segundo o número de pisos, por época de construção (Fonte: INE – Censos, 2011) .....	3
Tabela 2 - Edifícios, segundo a época de construção, por estado de conservação (Fonte: INE – Censos, 2011).....	5

### **Capítulo II – Sistema construtivo de edifícios antigos do Porto**

Tabela 3 - Classes de resistência da madeira de resinosas segundo EN 338 (Fonte: Coutinho, Joana 1999) .....	18
Tabela 4 - Classes de resistência da madeira de folhosas segundo EN 338 (Fonte: Coutinho, Joana 1999) .....	18

### **Capítulo IV – Casos Práticos de Estudo**

Tabela 5 - Normas consideradas (Fonte: Cypecad, 2015).....	64
Tabela 6 - Ações verticais (Fonte: Cypecad, 2015) .....	65
Tabela 7 - Ações (Fonte: Cypecad, 2015).....	66
Tabela 8 - Combinações fundamentais (Fonte: Cypecad, 2015).....	67
Tabela 9 - Tensões sobre o terreno (Fonte: Cypecad, 2015).....	67
Tabela 10 - Combinações (Cypecad, 2015) .....	67
Tabela 11 - Aços em perfis (Fonte: Cypecad, 2015).....	68
Tabela 12 - Betão (Fonte: Cypecad, 2015).....	68
Tabela 13 - Aços em varões (Fonte: Cypecad, 2015) .....	68
Tabela 14 - Laje colaborante (Fonte: Cypecad, 2015) .....	73
Tabela 15 - Geometria de lajes de todos os pisos (Fonte: Cypecad, 2015).....	74

## Capítulo I – Evolução da reabilitação urbana em Portugal

### 1.1 Introdução

A reabilitação urbana consiste numa forma de intervenção num determinado tecido urbano com o objetivo de responder às necessidades locais e no sentido de salvaguardar as estruturas urbanas, seus edifícios e espaços exteriores. Esta forma de intervenção integrada pode passar pela realização de obras de remodelação ou beneficiação de espaços urbanos, reconstruções, conservação ou mesmo demolição de construções degradadas.

O conceito de reabilitação urbana tem sofrido uma evolução lenta e progressiva ao longo dos anos, sendo que as principais intervenções urbanísticas portuguesas decorreram nos centros das grandes cidades, como por exemplo no Porto, Lisboa, Guimarães e Braga. As intervenções realizadas proporcionaram uma renovação destes centros urbanos e permitiram a melhoria das condições de habitabilidade das populações. Ao nível do edificado, a reabilitação pode passar por intervenções ao nível estrutural e arquitetónico, sendo que a permanência do traço arquitetónico consiste num fator que permite manter a identidade do imóvel. A título de exemplo, a Figura 1 ilustra a fachada de um edifício da cidade do Porto submetido a um processo de reabilitação.



Figura 1 - Fachada de edifício reabilitado na cidade do Porto (Fonte: SRU – Porto Vivo, 2014)

Face à crescente degradação dos centros urbanos das cidades, os agentes políticos adotaram medidas que visam a sua revitalização mediante a implementação de incentivos fiscais e ao procurar agilizar os processos de licenciamento dos edifícios. Devido à situação económica atual no nosso país, os processos de reabilitação decorrem de uma forma mais lenta do que a desejada e necessária, na maioria dos casos por falta de financiamento.

Como forma de revitalização dos grandes centros urbanos, o turismo e a exploração dos imóveis por parte de privados tem vindo a resultar num chamamento de empresas internacionais que investem no mercado reabilitacional nacional. A compra de bens imóveis resulta numa aposta muito considerável ao nível do comércio, como também no mercado do arrendamento, recuperando os edifícios degradados para posteriormente servirem de aluguer, Figura 2.



Figura 2 - Edifícios burgueses da cidade do Porto (Fonte: a) Projeto de Reabilitação de Edifícios - Universidade Fernando Pessoa, 2014; b) Irmãos Maia C. C. O. P., Lda., 2008)

## 1.2 Evolução das políticas de intervenção

### Políticas de intervenção do século XX

Com a industrialização a sofrer uma forte evolução na década de 60, a reabilitação urbana em Portugal evoluiu de forma lenta devido ao número reduzido de edifícios que necessitavam de intervenção. Entre 1970 e 1990 a construção de novos edifícios em Portugal sofreu um crescimento bastante considerável, mas a partir dessa mesma data a construção nova reduziu para menos de metade, tal como se pode observar na leitura da Tabela 1.

Tabela 1 - Edifícios, segundo o número de pisos, por época de construção (Fonte: INE – Censos, 2011)

Zona Geográfica	Edifícios segundo o número de pisos							
Época de construção	Total	1 piso	2 pisos	3 pisos	4 pisos	5 pisos	6 pisos	7 ou mais pisos
<b>Portugal</b>	3544389	1395703	1611913	336787	95973	46283	22750	34980
<b>Até 1919</b>	206343	105718	82648	12381	3786	1810	0	0
<b>1919 - 1945</b>	305696	173038	110981	14960	3939	1540	879	359
<b>1946 - 1960</b>	387340	209508	144704	19716	7705	3170	1154	1383
<b>1961 - 1970</b>	408831	196852	167646	23750	11143	4701	1911	2828
<b>1971 - 1980</b>	588858	235036	277295	45544	15066	7275	2968	5674
<b>1981 - 1990</b>	578845	187638	294184	62177	15683	8294	4290	6579
<b>1991 - 1995</b>	268179	80753	134129	33140	8613	4611	2598	4335
<b>1996 - 2000</b>	290292	78490	143344	41791	11423	5847	3731	5666
<b>2001 - 2005</b>	300635	73847	151200	49907	11316	5843	3295	5227
<b>2006 - 2011</b>	209370	54823	105782	33421	7299	3192	1924	2929

Nos inícios da década de 70, a nova legislação consciencializa os cidadãos das consideráveis mudanças nos centros urbanos devido ao crescente movimento populacional, que representava um índice muito importante no desenvolvimento económico à escala global.

*“A deslocação para os centros urbanos, em especial para as grandes cidades, de massas populacionais cada vez maiores constitui um movimento irreversível, que se verifica por todo o mundo e é mesmo expressão ou índice de desenvolvimento económico. Tal movimento ocasiona um aumento contínuo da procura de habitações e impõe um alargamento intenso dos trabalhos ...”* [Decreto-Lei nº576/70].

Surgem também os planos urbanísticos que tiveram como objetivo delegar aos municípios a aprovação dos seus planos municipais, como por exemplo:

- *“Plano Geral de Urbanização (1971) – Determina que as câmaras municipais do continente e ilhas adjacentes sejam obrigadas a promover a elaboração de planos gerais de urbanização das sedes dos seus municípios e de outras localidades, em ordem a obter a sua transformação e desenvolvimento segundo as exigências de vida económica e social, da estética, da higiene e da viação, com o máximo de aproveitamento e comodidade para os seus habitantes.”* [Decreto-Lei nº560/71];

- *“Plano Pormenor (1973) - Incumbe ao Fundo de Fomento da Habitação e às câmaras municipais a elaboração e execução de planos de urbanização de pormenor que visem a*

*renovação de sectores urbanos sobre ocupados ou com más condições de salubridade, solidez, estética ou segurança contra risco de incêndio.*” [Decreto-Lei nº8/73];

- *“Plano Pormenor de Renovação Urbana (1973) – ...que em termos práticos concedeu aos municípios poderes de regeneração urbana em benefício dos seus moradores...”* [Decreto-Lei nº8 de 73].

Em 1974, foram definidas diretrizes com o objetivo de melhorar o mercado habitacional nomeadamente o Decreto-Lei nº 445/74, que tem por objetivo congelar as rendas melhorando as condições de acessibilidade ao mercado do arrendamento por parte da classe trabalhadora.

*“As medidas que se tomam pelo presente diploma, na sequência da política governamental sobre salários e preços, visam suster o processo de alta especulativa na oferta de habitações, patente sobretudo nas cidades e áreas metropolitanas, onde as crescentes necessidades de alojamento da população conduziram o sector imobiliário, nos últimos anos do regime deposto, à prática de preços que se sabe não acompanharem os custos reais de produção.”* [Decreto-Lei n.º 445/74, de 12 de Setembro].

Com a evolução crescente do mercado do arrendamento, foram adotadas novas medidas com a alteração ao Decreto-Lei nº576/70 que é substituído pelo Decreto-Lei nº794/76 (1976), estabelecendo a alteração do uso ou da ocupação do solo para fins urbanísticos.

*“Esta aprovação visa o adequado ordenamento do território para um equilibrado desenvolvimento socioeconómico das suas diversas regiões e inclui o controlo e superintendência dos empreendimentos da iniciativa privada.”* [Decreto-Lei n.º 794/76, de 5 de Novembro].

O ano de 1979 foi um marco importante, uma vez que foi aprovada a lei das finanças locais que consiste numa transferência de poderes com vista à autonomia financeira por parte dos municípios.

*“O regime de autonomia financeira das autarquias locais assenta, designadamente, nos seguintes poderes dos órgãos autárquicos:*

*a) Elaborar, aprovar e alterar planos de atividades e orçamentos;*

*b) Elaborar e aprovar balanços e contas;*

*c) Dispor de receitas próprias, ordenar e processar as despesas e arrecadar as receitas que por lei forem destinadas às autarquias”; [Lei 1/79, de 2 de Janeiro]*

Considerando o aumento do número de edifícios a necessitarem de intervenções a diversas escalas ilustrada na Tabela 2, pode-se concluir que os municípios financiaram a recuperação dos imóveis degradados criando um impacto muito positivo nas economias locais, aumentando significativamente o mercado da reabilitação urbana.

**Tabela 2 - Edifícios, segundo a época de construção, por estado de conservação (Fonte: INE – Censos, 2011)**

Zona Geográfica	Época de construção						
	Estado de conservação	Total	antes de 1919	1919-1945	1946-1960	1961-1970	1971-1980
<b>Portugal</b>		3544389	206343	305696	387340	408831	588858
<b>Sem necessidade de reparação</b>		2519452	77346	125924	196813	248427	425232
<b>Com necessidade de reparação</b>		965782	106616	162017	181111	156093	160883
<b>Pequenas reparações</b>		624322	49023	81697	107390	104723	120211
<b>Reparações médias</b>		244303	34993	52281	53134	39840	32811
<b>Grandes reparações</b>		97157	22600	28039	20587	11530	7861
<b>Muito degradado</b>		59155	22381	17755	9416	4311	2743

Apesar do interesse pela reabilitação urbana ter iniciado na década de 70 com a criação de diversas leis de desenvolvimento locais, apenas na década de 80 são criados programas capazes de responder verdadeiramente às necessidades económicas, sociais e habitacionais dos centros urbanísticos. Programas como o “Programa de Reabilitação Urbana” tinham como função o apoio em termos técnicos às autarquias no âmbito social e económico, sendo consequentemente criados os designados “Gabinetes Técnicos Locais” que tinham a capacidade de desenvolver e aplicar metodologias no processo de reabilitação urbana, como por exemplo a definição de propostas e de programa de reabilitação.

Com o desenvolvimento destas estratégias, as autarquias conseguiram garantir a orientação dos trabalhos respeitantes à reabilitação, sendo a gestão financeira a principal vertente e mediação do processo de realojamento.

*“Alguns destes programas foram pioneiros e tornaram-se objeto de estudo e de referência internacionais como sucedeu em 1985 com o Programa de Reabilitação Urbana (PRU e posteriormente Programa de Reabilitação de Áreas Urbanas Degradadas (PRAUD), pela preocupação havida com a participação popular nos processos de planeamento e projetos urbanos” [Paiva, José Vasconcelos et al, 2006:2]*

Em 1988 surge o programa “Programa Recria” que tinha como finalidade apoiar a realização de obras de recuperação e conservação, caso a renda tivesse sido objeto de “correção extraordinária”. Tal apoio era fornecido através de comparticipação a fundo perdido do Estado.

*“As rendas de prédios arrendados para habitação anteriormente a 1 de Janeiro de 1980 podem ser corrigidas na vigência do contrato pela aplicação dos fatores de correção extraordinária referidos ao ano da última fixação da renda, constantes da tabela anexa.”* [Lei nº 46/85 de 20-09-1985 e Madeira, Cátia - Universidade Técnica de Lisboa - Faculdade de Arquitetura, 2009].

No início da década de 90 surge o “Programa Urban”, criado pela União Europeia concedendo o apoio a cerca de 70 cidades, representando o expoente máximo da urbanização no espaço comunitário.

Este programa teve como principais diretrizes o financiamento da requalificação e revitalização das áreas urbanas em declínio, os problemas socioeconómicos, como por exemplo, a exclusão social, o desemprego e degeneração da qualidade de vida que passaram a ser quantificados como fatores a considerar na avaliação das áreas de real necessidade de reabilitação urbana.

*“... Dessa forma, o programa tem como principal objetivo a “revitalização econômica e social das cidades e dos subúrbios em crise, a fim de promover um desenvolvimento urbano sustentável”, para isso procura promover uma integração do reforço a competitividade, com as medidas de combate a exclusão social e recuperação física e ambiental do território.”* [Políticas de Desenvolvimento Regional na União Europeia].

No ano de 1996 é criado o “Programa Rehabita”, sendo este uma extensão do programa “Recria” de 1988, tendo como principal função a melhoria das condições de habitabilidade das famílias nos edifícios antigos, como também a imagem das cidades.

*“O Programa RECRIFA, criado em 1988 e cujo regime foi aperfeiçoado em 1992, tem contribuído de uma forma significativa para a melhoria não só das condições de habitabilidade das famílias que vivem em edifícios antigos mas também da imagem visual das nossas cidades, designadamente das zonas mais antigas. Os resultados alcançados são bastante positivos, pois tem-se verificado uma inversão na situação de degradação generalizada dos edifícios habitacionais antigos a que se vinha assistindo há alguns anos atrás.”* [Decreto Lei 105/96, de 31 de Julho].

Já o “Programa Recriph” criado em 1996 concede uma comparticipação a fundo perdido das obras de conservação na ordem dos 60% a 40%, sendo estas obras de conservação ordinária e extraordinária nas partes comuns dos prédios.

*1 — Para a realização de obras de conservação ordinária e extraordinária nas partes comuns dos prédios podem ser concedidas comparticipações a fundo perdido.*

*2 — As comparticipações referidas no número anterior serão concedidas pela administração central, por intermédio do Instituto de Gestão e Alienação do Património Habitacional do Estado, abreviadamente designado por IGAPHE, e pela administração local, através do município da área do imóvel, nos termos do presente diploma.*

*3 — O valor das comparticipações é suportado pelas entidades referidas no número anterior na proporção de 60% e 40%, respetivamente.” [Decreto-Lei nº 106/96].*

Finalmente o “Programa de Apoio Financeiro Especial Para a Reabilitação de Habitações” tinha como objetivo conceder aos proprietários de baixa capacidade financeira, empréstimos para a realização de obras nos seus imóveis.

*“O presente diploma regula a concessão de apoio financeiro especial para realização de obras de conservação ordinária ou extraordinária e de beneficiação em habitação própria permanente por parte de proprietários” [Decreto-Lei nº 7/99].*

## **Políticas de intervenção do século XXI**

No início do novo milénio foi criado o “Programa Polis”, tratando-se de um programa com cariz nacional criado pelo governo. Enquadra diversas vertentes fundamentais, nomeadamente a proteção ambiental, sendo que a partir dessa mesma altura a definição de construção sustentável adquiriu importância considerável. Este programa tem como objetivos tornar as cidades portuguesas inovadoras, competitivas e ambientalmente sustentáveis, realizando parcerias para a regeneração urbana e utilizando programas de financiamento público, tais como “Prohabita” e o “Proreabilita”.

A Figura 3 demonstra a configuração desse mesmo “Programa Polis”, que de uma forma esquemática evidencia quais as principais ambições que os agentes políticos definiram para o

desenvolvimento dos espaços urbanos, nomeadamente através da inovação, competitividade, qualidade ambiental e de vida, como também planeamento do território.

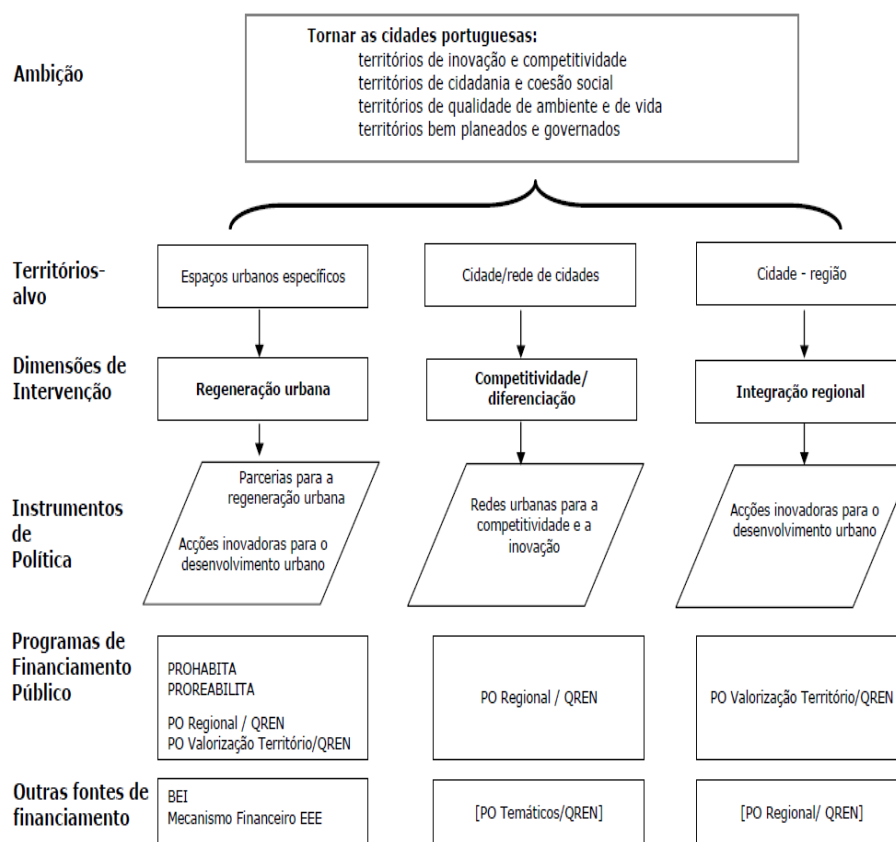


Figura 3 - Política de Cidades POLIS XXI: Configuração geral (Fonte: www.dgterritorio.pt, 2007)

Numa primeira fase deste programa os agentes políticos procuram avaliar a magnitude da intervenção a realizar num determinado centro urbano para de seguida seleccionar os instrumentos políticos disponíveis, efetuando, por exemplo, parcerias público/privadas que incentivam a regeneração urbana.

### 1.3 Exemplo das Sociedades de Reabilitação Urbana no processo de reabilitação

O conceito de reabilitação urbana sofreu uma evolução importante com a criação de entidades como as SRU's (Sociedades de Reabilitação Urbana), que têm por objetivo impulsionar e gerir diretamente os projetos de reabilitação, através da definição das ZIP (Zonas de Intervenção Prioritárias), mediante a elaboração de documentos estratégicos. Estes documentos consistem no estudo e análise das diversas zonas de análise existentes nos centros das cidades, tal como se pode observar na Figura 4 relativa à zona histórica da cidade do Porto.

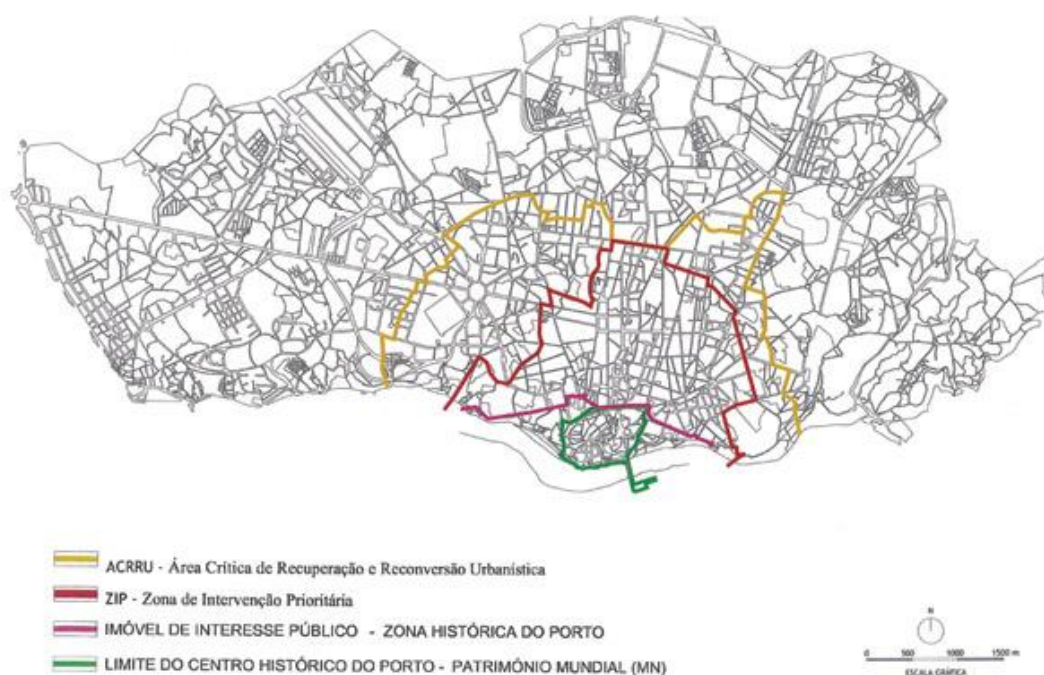


Figura 4 - Área Crítica de Recuperação e Reversão Urbanística (Fonte: SRU – Porto Vivo, 2012)

Neste contexto, as SRU's representam para os centros das cidades o grande impulsionador de retoma em todas as vertentes, principalmente a social e a económica. Estas mesmas entidades têm a capacidade de criar programas municipais de apoio e desenvolvimento dos centros urbanos. De salientar o trabalho de intervenção já realizado em diversos edifícios de diferentes cidades, nomeadamente na cidade do Porto, como também o apoio aos proprietários dos imóveis através do usufruto dos seus serviços. Tal apoio é fundamental para que este fenómeno da reabilitação urbana decorra nas melhores condições, uma vez que estas entidades possuem serviços técnicos com uma capacidade de resposta e orientação muito precisas na condução dos processos de reabilitação.

#### 1.4 Políticas de intervenção aplicadas no centro histórico da cidade do Porto

A reabilitação em curso na zona do centro histórico da cidade do Porto tem originado a revitalização da baixa portuense. Tal como se pode verificar na Figura 5, a baixa portuense é rica em edifícios monumentais, tal como o Morro da Sé mas, também em edifícios habitacionais que necessitassem de ser reabilitados.



Figura 5 - Morro da Sé do Porto (Fonte: [www.portojofotos.blogspot.pt](http://www.portojofotos.blogspot.pt))

A Sociedade de Reabilitação Urbana – Porto Vivo, sendo uma entidade envolvida no processo de reabilitação urbana da cidade do Porto, tem apresentado planos estratégicos de intervenção, nomeadamente o “Programa Estratégico da Área de Reabilitação Urbana para o Centro Histórico do Porto”, que consiste na orientação das seguintes ideias:

“- *Requalificação e revitalização dos tecidos urbanos;*

- *Diversificação de atividades económicas como o turismo e o lazer ainda a melhoria dos serviços e comércio local;*

- *Melhoria do mercado de arrendamento através das condições de habitabilidade e chamamento de investimento estrangeiro;*

- *Melhoria e valorização do património do Município a partir da inscrição dos edifícios na Lista do Património Mundial pela UNESCO, tendo em consideração também a proteção e conservação da paisagem urbana, dos espaços verdes, dos edifícios monumentais e dos sistemas arquitetónicos, materiais e técnicas construtivas.”* [SRU, Área de reabilitação urbana, 2012].

Sucintamente, este programa consiste na implementação de orientações e metodologias a adotar em defesa da conservação e reabilitação do património existente na cidade, delimitando as zonas a intervencionar, tal como está indicado na Figura 6. Em simultâneo, este programa enquadra-se nas “Opções de desenvolvimento do município da cidade do Porto” que consiste

na elaboração de planos capazes de responder às necessidades da reabilitação urbana o “Plano de médio prazo, 2003/2005” e o “Plano de Gestão do Centro Histórico do Porto (2008)”.

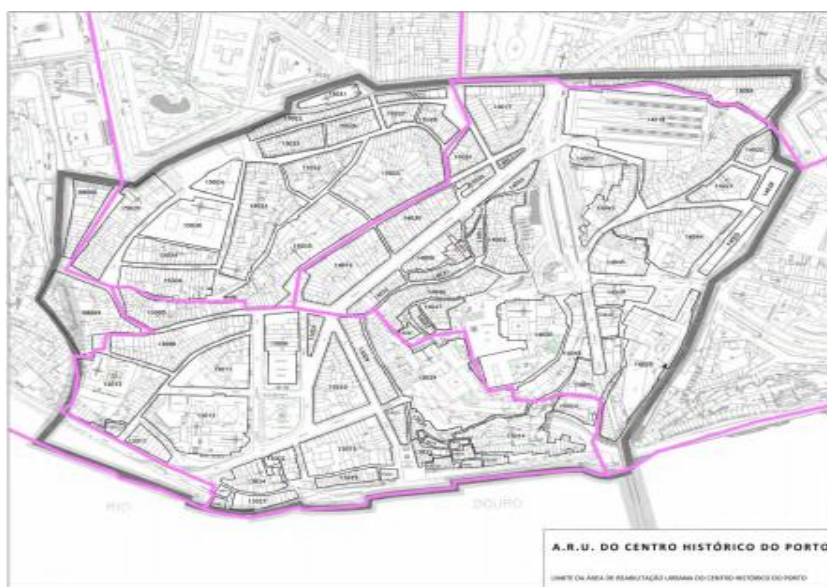


Figura 6 - Limite da área de reabilitação urbana do centro histórico do Porto (Fonte: SRU – Porto Vivo, 2012)

O “Plano de médio prazo, 2003/2005” consistiu na definição de estratégias e programas estruturantes capazes vitalizar e valorizar a baixa portuense.

*“Eixos de Intervenção:*

- *Revitalização da Baixa da Cidade no âmbito de uma intervenção integrada;*
- *Redução dos desequilíbrios de desenvolvimento interno existentes que penalizam sobretudo a zona do Vale de Campanhã e o Centro Histórico;*
- *Valorização do património arquitetónico e dos espaços públicos, em particular das áreas históricas;*

*Programa de Revitalização da Baixa:*

*Prevêem-se atuações que aumentem o grau de atratividade da área a nível residencial e económico. Pretende-se, assim, cativar o investimento privado para este processo e criar condições para o desenvolvimento de um mercado privado de habitação orientado para um leque diversificado de destinatários.” [SRU, Área de reabilitação urbana, 2012].*

E o “Plano de Gestão do Centro Histórico do Porto (2008)” estabelece objetivos estratégicos acerca do centro histórico da cidade incidindo sobre as suas potencialidades.

*“ 1- Preservar, conservar e restaurar o património edificado e requalificar o espaço público do Centro Histórico do Porto, Património Mundial;*

*2 – Mobilizar os utilizadores atuais e futuros (residentes, trabalhadores, visitantes, estudantes e investidores) do Centro Histórico do Porto na defesa e promoção do seu valor patrimonial, sensibilizando-os para a participação na sua proteção, preservação e promoção;*

*3- Contribuir para a excelência da experiência turística no Centro Histórico do Porto;*

*4- Estimular a criação de um cluster criativo que se inspire na excelência do património cultural envolvente;*

*5- Reforçar o papel do rio Douro enquanto elemento essencial da interpretação, vivência e comunicação entre as duas margens do Porto Património Mundial.” [SRU, Área de reabilitação urbana, 2012].*

Consequentemente, com a criação de tais programas, definiu-se a “Zona de Intervenção Prioritária” representada na Figura 7, que correspondente a cerca de 530 hectares pertencentes às freguesias de S. Nicolau, Miragaia, Sé, Vitória, Cedofeita, Santo Ildefonso e Bonfim, englobando naturalmente o centro histórico da cidade, que tem como área detentora 49 hectares, cerca de 11.000 edifícios que carecem de intervenção.

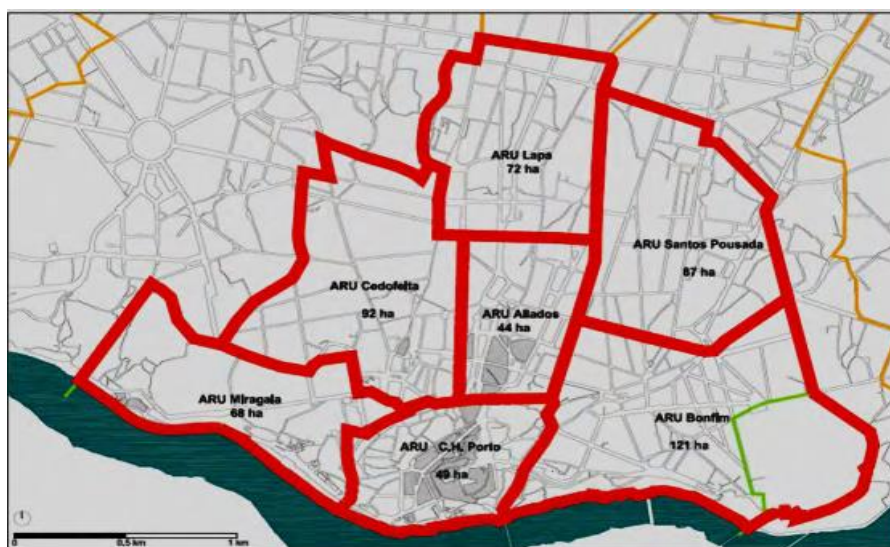


Figura 7 - Delimitação das sete áreas de reabilitação urbana na ZIP (Fonte: SRU – Porto Vivo, 2012)

Atualmente, o edificado da zona histórica ainda carece de intervenção, não só pelo número de edifícios como também pelo seu estado de conservação em que se encontram. Conforme é relatado no documento “ Delimitação da área de reabilitação urbana do centro histórico do Porto em instrumento próprio, SRU – Porto Vivo “, ilustrado na Figura 8, o estado de conservação do edificado é caracterizado da seguinte forma:

- Bom (a verde): edifício em bom estado de conservação e utilização;
- Médio (a amarelo): edifício com necessidade de obras de manutenção, nomeadamente pinturas, pequenas reparações e/ou limpeza em fachadas, empenas e coberturas;
- Mau (a vermelho): edifício com sinais de degradação ao nível das infraestruturas, alvenarias e coberturas;
- Ruína (a castanho): edifício que não pode ser utilizado por razões de segurança e salubridade.

Nesta área de reabilitação urbana estão inseridos 1796 edifícios, sendo que 443 apresentam um bom estado de conservação, sem necessidade de intervenção. Já em estado médio de conservação encontram-se 649 edifícios e em mau estado de conservação 575 edifícios. Para as situações mais alarmantes e urgentes surgem 129 edifícios em completa ruína (78 não existiu qualquer tipo de intervenção e em 51 com obras de recuperação em decurso). [SRU, Área de reabilitação urbana, 2012].

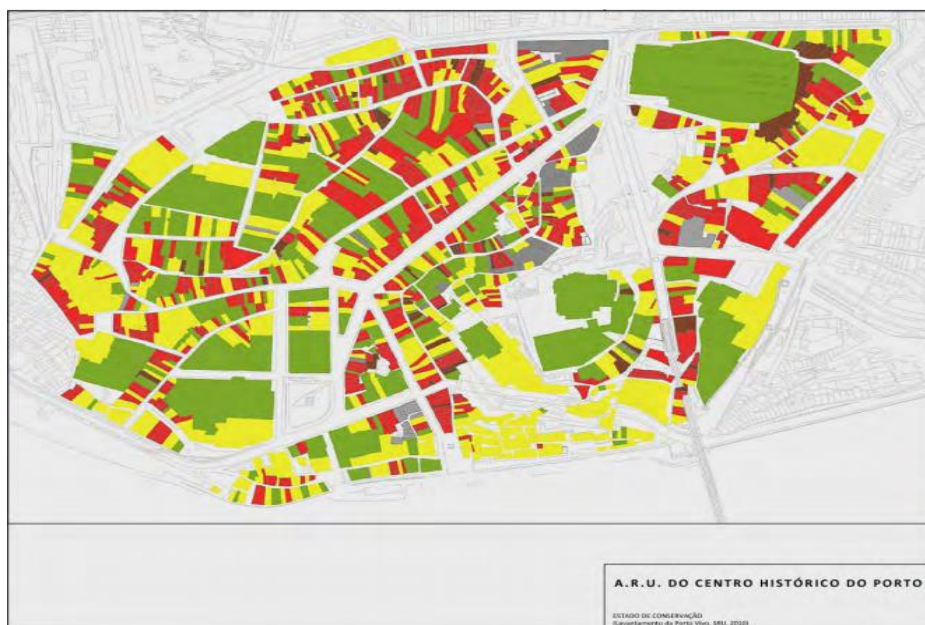


Figura 8 - Estado de Conservação do Edificado da Baixa Portuense (Fonte: SRU – Porto Vivo, 2012)

Nos últimos 30 anos, parte significativa das ruas e passeios, nomeadamente da Ribeira ao Morro da Sé e também até aos Clérigos foram modernizados e as zonas de Caldeireiros, Belmonte, Taipas e Cimo de Vila bem como em Mouzinho e Flores não sofreram qualquer tipo de intervenção, tal como se pode verificar na Figura 9.

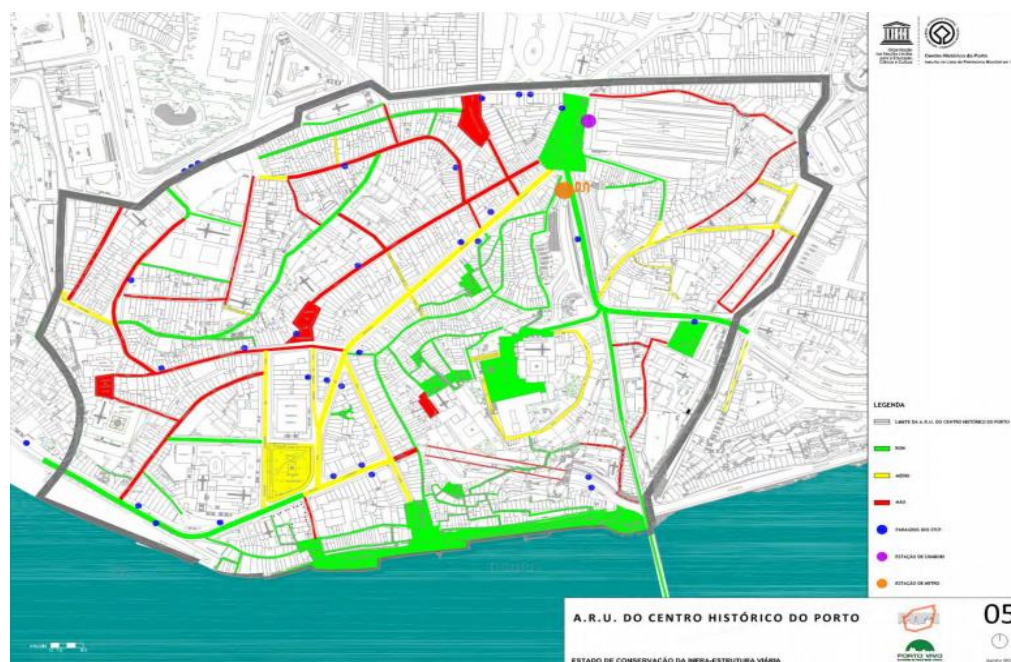


Figura 9 - Estado de conservação das infraestruturas viárias (Fonte: SRU – Porto Vivo, 2012)

É possível entender-se que com a falta de reabilitação das vias de comunicação torna-se mais difícil reabilitar uma determinada zona urbanística, daí subentende-se que a reabilitação das infraestruturas é fundamental para o desenvolvimento das áreas de intervenção, sendo um dos fatores que explicam a carência de reabilitação.

## Capítulo II – Sistema construtivo de edifícios antigos do Porto

### 2.1 - Enquadramento

A casa antiga da cidade do Porto é habitualmente designado de casa burguesa e o início de construção remonta ao século XVII. Trata-se de um edifício que apresenta uma largura consideravelmente pequena (aproximadamente de seis metros) de três a seis pisos em altura e logradouro/zona de lazer no seu tardo. No que respeita à sua utilização, possui rés-do-chão que normalmente é destinado a comércio, arrumos, armazém ou mesmo oficina, nalguns casos existe cave e os pisos superiores são destinados a habitação. Os edifícios burgueses apresentam a dupla funcionalidade de comércio e habitação.

Habitualmente, a transição entre pisos é realizada por uma caixa de escadas central, iluminada por uma claraboia de forma cónica, circular, oval, ou simples de duas águas responsável pela iluminação do edifício e as coberturas são normalmente de quatro águas, Figura 10.

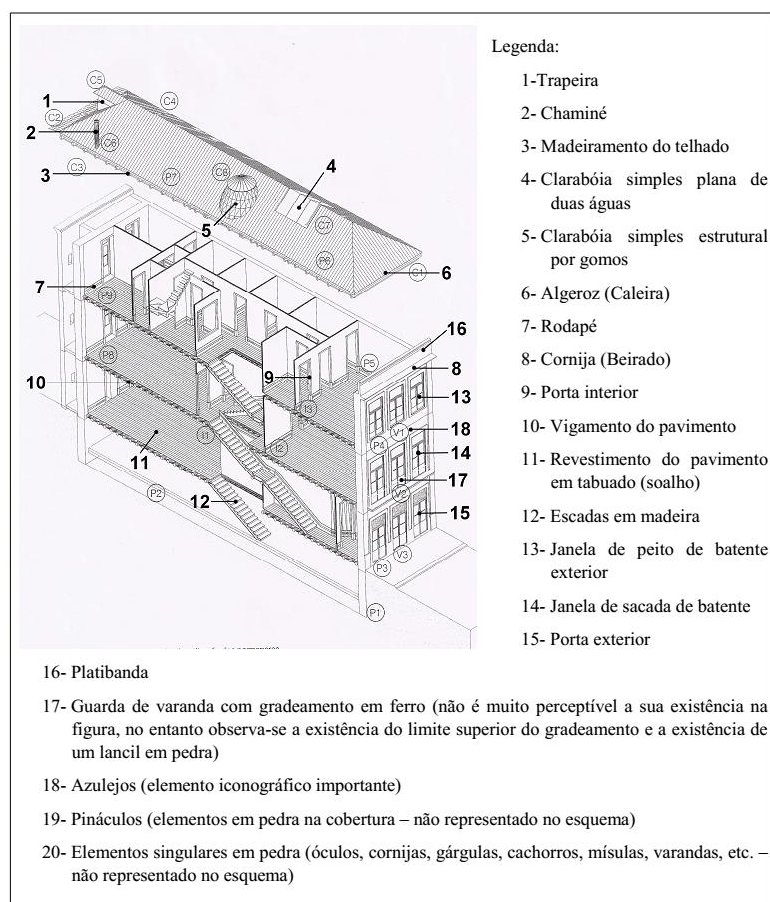


Figura 10 - Esquema dos elementos mais representativos da casa burguesa do Porto (Fonte: Valentim, N. 2006)

## 2.2 Descrição dos principais materiais construtivos

Os principais materiais deste tipo de edifícios são os cerâmicos, a madeira, o ferro fundido/forjado, o granito, a telha, o gesso e o vidro, que são aplicados sob diferentes formas e com distintas funções.

### Cerâmicos

A maioria dos edifícios burgueses apresenta elementos cerâmicos no revestimento das fachadas, nomeadamente o azulejo vidrado, tal como se pode verificar na Figura 11. Curiosamente este tipo de revestimento começou a ser utilizado nas casas da cidade do Porto a partir do século XIX, material então trazido por emigrantes portugueses que voltaram do Brasil. Como forma de revestimento, o azulejo tem como função proteger os edifícios da entrada de humidades e ao mesmo tempo embelezar as fachadas voltadas para a rua.



Figura 11 - Azulejo utilizado em edifícios burgueses do século XIX (Fonte: Projeto de Reabilitação de Edifícios - Universidade Fernando Pessoa e Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

### Madeira

Um dos materiais mais utilizados na construção deste tipo de edifícios é a madeira, nomeadamente ao nível dos pavimentos, paredes interiores e coberturas devido à sua considerável resistência e baixo custo que era comercializado devido à sua abundância. Genericamente existem dois tipos de madeiras possíveis de ser aplicadas: as resinosa e as

folhosas, sendo a sua constituição estrutural o fator de diferenciação entre elas. A madeira folhosa provém de árvores como o Pinheiro e a madeira resinosa de árvores como o Carvalho, o Castanheiro ou mesmo a Faia. Estruturalmente ambas apresentam elementos como o anel de primavera, anel de outono, parênquima e os raios lenhosos. Por outro lado, apresentam elementos diferenciadores que são, no caso da madeira folhosa, as fibras de suporte, vasos e poros, enquanto a madeira resinosa apresenta traqueídeos, traqueídeos radiais, pontuações aureoladas e o canal de resina, Figura 12. A madeira folhosa possui mais espaços vazios do que a madeira resinosa, o que se traduz numa maior capacidade resistente da madeira resinosa.

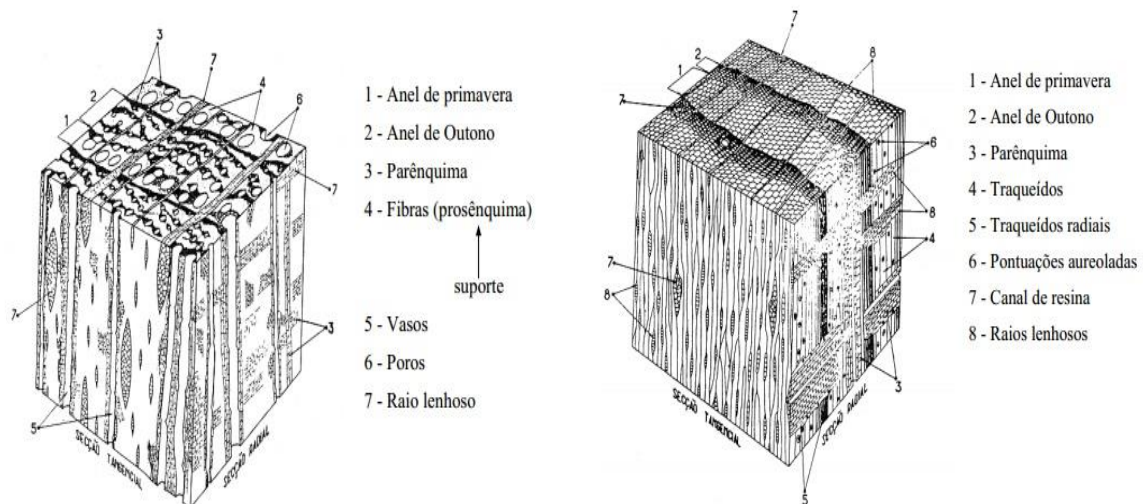


Figura 12 - Estrutura da madeira folhosa e resinosa (Fonte: Coutinho, Joana 1999)

Para efeitos estruturais a madeira tem como principais características mecânicas a resistência à tração, compressão, flexão, corte, dureza, e ainda resistência à fadiga e fluência. As propriedades mecânicas destes dois tipos de madeira encontram-se indicadas na Tabela 3 e Tabela 4, respetivamente.

Tabela 3 - Classes de resistência da madeira de resinosas segundo EN 338 (Fonte: Coutinho, Joana 1999)

Classe		C14	C16	C18	C22	C24	C27	C30	C35	C40
<b>Resistência característica (MPa)</b>										
<b>Flexão</b>		14	16	18	22	24	27	30	35	40
<b>Tração</b>		8	10	11	13	14	16	18	21	24
	⊥	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
<b>Compressão</b>		16	17	18	20	21	22	23	25	26
	⊥	16	17	18	20	21	22	23	25	26
<b>Corte</b>		1,7	1,8	2	2,4	2,5	2,8	3	3,4	3,8
<b>Eo (GPa)</b>	Médio	7	8	9	10	11	12	12	13	14
	Característico	4,7	5,4	6	6,7	7,4	8	8	8,7	9,4
<b>Massa volúmica</b>		350	370	380	410	420	450	460	480	500
		290	310	320	340	350	370	380	400	420

Tabela 4 - Classes de resistência da madeira de folhosas segundo EN 338 (Fonte: Coutinho, Joana 1999)

Classe		D30	D35	D40	D50	D60	D70
<b>Resistência característica (MPa)</b>							
<b>Flexão</b>		30	35	40	50	60	70
<b>Tração</b>		18	21	24	30	36	42
	⊥	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9
<b>Compressão</b>		23	25	26	29	32	34
	⊥	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
<b>Corte</b>		3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
<b>Eo (GPa)</b>	Médio	10	10	11	14	17	20
	Característico	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
<b>Massa volúmica</b>		640	670	700	780	840	1080
		530	560	590	650	700	900

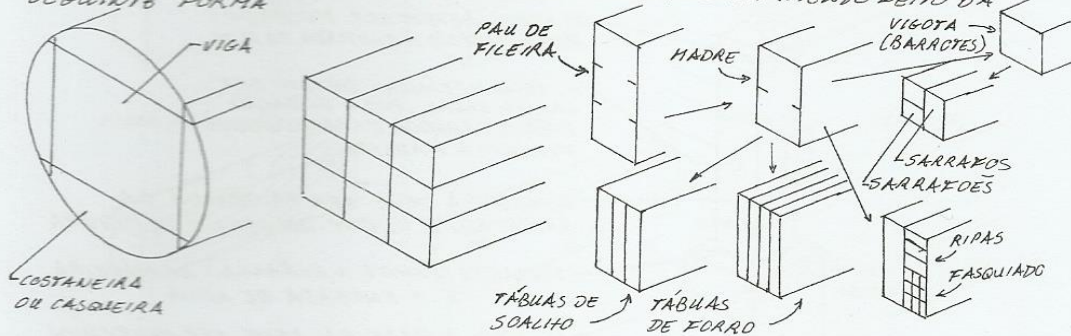
De referir que na construção dos edifícios antigos burgueses, a madeira utilizada nos pavimentos era predominantemente o carvalho, pois apresentava melhores propriedades mecânicas e biológicas. Devido à grande abundância de árvores de grande dimensão, era possível a conceção de vigas de madeira com dimensões da secção transversal de 28x18 cm<sup>2</sup> até 16x8 cm<sup>2</sup>. Já na conceção de pilares, estes possuíam dimensões de 20x20 cm<sup>2</sup> até 15x15 cm<sup>2</sup>, tal como ilustra a Figura 13.

-CARACTERÍSTICAS DAS MADEIRAS TRADICIONAIS MAIS USUALMENTE EMPREGUES NA REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS.

	CARVALHO	CASQUINHA	CASTANHO	PINHO	EUCALIPTO
RESISTÊNCIA AOS FUNGOS	E	M	M	M	E
RESISTÊNCIA AS TÉRMITAS	M	B	M	B	M
RETRAÇÃO / INCHAÇO	E	M	M	M	M
EMPENDOS	E	B	M	M	M
FENDILHAÇÃO	E	B	M	M	E
RESISTÊNCIA MECÂNICA	E	B	E	M	E

B-BAIXA                      M-MÉDIA                      E-ELEVADA

ANTIGAMENTE AS MADEIRAS UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO PROVINHAM DE ÁRVORES DE GRANDE DIMENSÃO SENDO O SEU APROVEITAMENTO FEITO DA SEGUINTE FORMA



HOJE, DEVIDO À MENOR DIMENSÃO ATINGIDA PELAS ÁRVORES E À PRODUÇÃO INTENSIVA, AS DIMENSÕES E DESIGNAÇÕES DOS ELEMENTOS DE MADEIRA SÃO AS SEGUINTE:

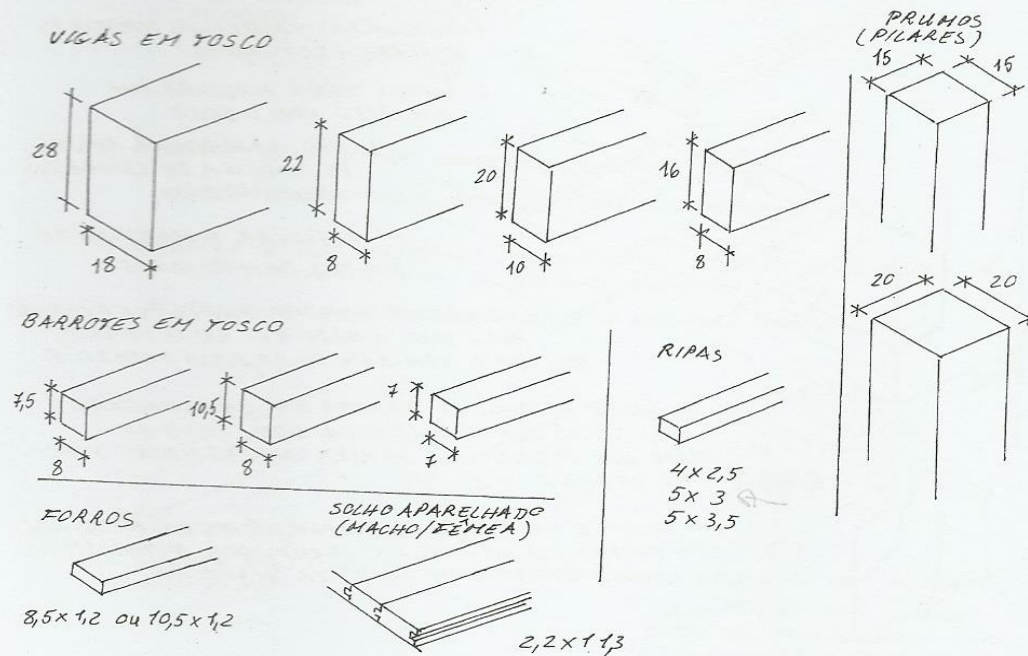


Figura 13 - Características das madeiras tradicionais mais empregues na reabilitação urbana (Fonte: Mascarenhas, Jorge 2012)

## Ferro

Este elemento construtivo/decorativo encontra-se usualmente aplicado em grades, guarda corpos de varandas, ferragens, caleiras, algerozes, rufos, revestimento de empenas, águas furtadas e claraboias, canalizações e caixilhos de lanternins. As grades de ferro requeriam alguma trabalhabilidade por possuírem diferentes formas, sendo um elemento muito expressivo e claramente distintivo dos restantes elementos constituintes de um edifício burguês, Figura 14.



Figura 14 - Grades de varandas em ferro forjado/fundido (Fonte: a) Projeto de Reabilitação de Edifícios - Universidade Fernando Pessoa; b) AC Maias, Engenharia Lda.)

**Granito**

O granito era utilizado não só a nível arquitetónico (Figura 15) como também a nível estrutural (Figura 16), nomeadamente em cantaria para a execução de soleiras, ombreiras e padieiras, lancis, cornijas, consolas para as varandas e em platibandas (balaústre continuo) e para remate do algeroz.



Figura 15 - Elementos em granito (Fonte: Projeto de Reabilitação de Edifícios - Universidade Fernando Pessoa)

Natureza da alvenaria	Tensão de segurança (N/mm <sup>2</sup> )
Cantaria de pedra e argamassa ordinária	
pedra muito dura	3 a 6
pedra dura	1.5 a 3
pedra semi-dura	1 a 1.5
pedra macia	0.8 a 1
Alvenaria de pedra aparelhada dura e argamassa ordinária	1 a 2
Alvenaria ordinária	0.5 a 1
Alvenaria de tijolo e argamassa ordinária	
tijolo ordinário	0.6 a 0.8
tijolo duro	0.8 a 1
Alvenaria de tijolo extraduro com argamassa de cimento	1 a 1.5

Observações:

- 1 – A argamassa ordinária é de cal e areia com o traço de 1:3.
- 2 – A tensão de segurança à tração é cerca de 1/10 dos valores apresentados.
- 3 – A tensão de segurança diminui com a altura do elemento estrutural. Para alturas superiores a 20 vezes a largura da base apenas se deve tomar 0.25 a 0.5 dos valores apresentados.

Figura 16 - Resistência à compressão de alvenarias (Fonte: Segurado, 1908)

## Telha

Tal como se pode verificar na Figura 17, a telha predominante das coberturas dos edifícios burgueses era constituída por argila, sendo oriunda da cidade de Marselha, França. Tinha como característica o encaixe entre as diversas telhas (macho e fêmea), dispensando-se a utilização de argamassas para a ligação entre estes elementos. Habitualmente, este tipo de telha tinha como base de suporte as ripas de madeira, fixadas na perpendicular à pendente da cobertura e devidamente distanciadas entre si na ordem dos 30 cm.



Figura 17 - Telha tradicional e elementos de granito em vãos exteriores (Fonte: Irmãos Maia, C.C.O.P., Lda.)

## Gesso

O gesso consiste num dos materiais mais utilizados em edifícios burgueses, sendo aplicado através do denominado estuque predominante em paredes interiores em tabique, sob a forma de acabamento. Este material era frequentemente utilizado como elemento decorativo, nomeadamente nos tetos interiores através do seu preenchimento, como também de sancas decorativas, criando efeitos de enorme beleza em tais edifícios. Este é mais um traço característico da ‘Arquitetura Burguesa’, como se pode observar na Figura 18.



Figura 18 - Tetos estucados (Fonte: AC Maias, Engenharia Lda.)

## Vidro

O vidro simples era normalmente utilizado nos vãos interiores, exteriores e em claraboias, tendo como função a passagem da luz, iluminando a caixa de escadas ao longo de todo o seu desenvolvimento, tal como se verifica na Figura 19. No que respeita à sua utilização nos vãos exteriores, o vidro como elemento translucido apresentava uma baixa resistência acústica e térmica.



Figura 19 - Vidro das janelas exteriores (Fonte: AC Maias, Engenharia Lda.)

## 2.3 Sistema construtivo dos edifícios antigos

Diversos fatores devem ser tidos em conta quando se pretende intervir num determinado edifício antigo, sendo o estudo e a avaliação do sistema construtivo um dos aspetos principais. Neste ponto serão descritos os principais elementos que integram a estrutura de um edifício burguês, nomeadamente as fundações, os pavimentos em madeira, a caixa de escadas, as paredes interiores em tabique, as paredes exteriores, a cobertura e a claraboia.

### 2.3.1 Fundações

Na construção de edifícios antigos as fundações eram em alvenaria granito, podendo surgir três tipos diferentes:

- Diretas: estas caracterizam-se por serem uma continuação das paredes exteriores em alvenaria de pedra, sendo diferenciadas pela sua igual ou superior largura em comparação com a espessura das paredes exteriores, tal como ilustra a Figura 20.

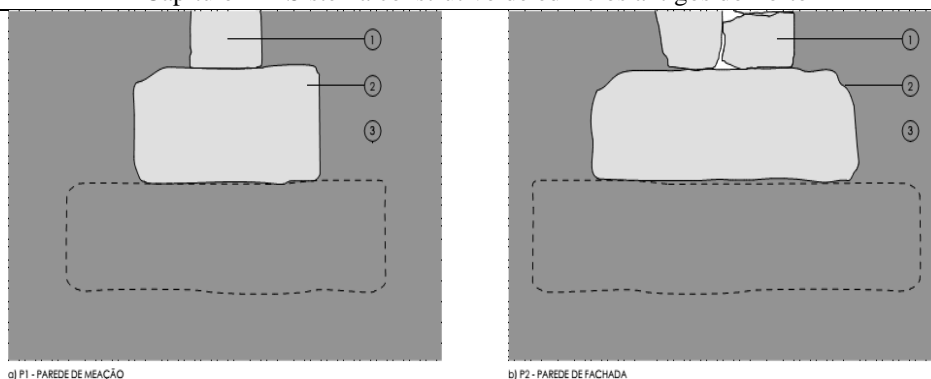


Figura 20 - Fundações Directas (Fonte: Teixeira, J. 2014)

- Semidirectas: as fundações semidirectas caracterizam-se por poços de alvenaria, em que na parte superior destas fundações se podiam colocar arcos de alvenaria de pedra ou tijolo, tal como se verifica na Figura 21.

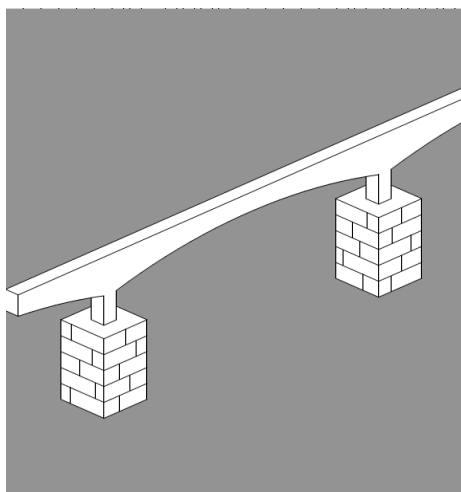


Figura 21 - Fundações Semidirectas (Fonte: Teixeira, J. 2014)

- Indirectas: este tipo de fundação é caracterizado pela colocação de estacas em madeira que abrangiam profundas camadas de solo resistente, conforme ilustra a Figura 22.

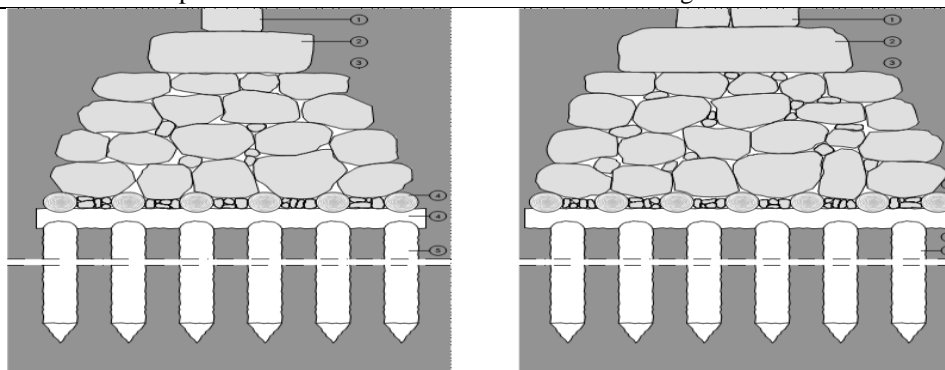


Figura 22 - Fundações Indiretas (Fonte: Teixeira, J. 2014)

### 2.3.2 Pavimentos em madeira

No século XVIII, a maioria dos pavimentos apresentam-se constituídos por vigas circulares de madeira de riga velha com cerca de 20 cm de diâmetro, colocadas no sentido do menor vão do pavimento, sendo as cargas transferidas para as paredes de granito das empenas, conforme ilustra a Figura 23. Estas vigas habitualmente apresentavam comprimento máximo de cerca de 7 m, sendo a ligação com outros elementos estruturais realizada através de pregos em ferro. O afastamento entre vigas é de cerca de 27 cm. De notar que as vigas de secção retangular surgiram apenas no início do século XX, exibindo aproximadamente 8 a 10 cm de largura e 20 a 25 cm de altura.



a)



b)

Figura 23 - Pavimentos em madeira – Figuras a) vigas de secção circular; Figuras b) vigas de secção retangular (Fonte: Projeto de Reabilitação de Edifícios - Universidade Fernando Pessoa)

### 2.3.3 Caixa de Escadas

A caixa de escadas central que abrangia todos os pisos do edifício é uma característica dos edifícios burgueses, sendo esta em estrutura de madeira e constituída por duas ou três vigas pernas em função da largura e assentes em vigas de menor dimensão que garantem a continuidade dos degraus e dos patamares existentes, tal como se pode verificar na Figura 24. A organização do espaço interior com escadas centrais separa a parte frontal do edifício (salas e quartos) da parte posterior (cozinha).

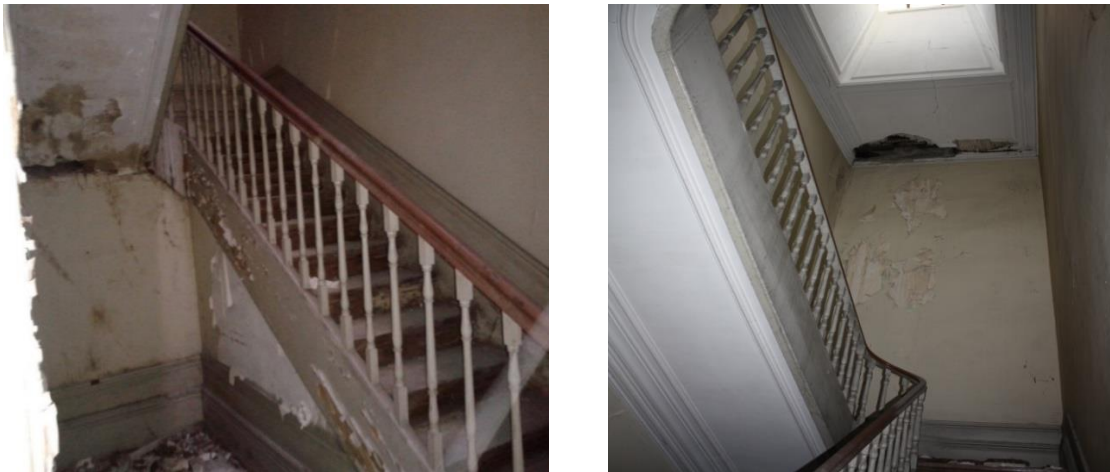


Figura 24 – Caixa de escadas (Fonte: Projeto de Reabilitação de Edifícios - Universidade Fernando Pessoa)

### 2.3.4 Paredes interiores em tabique

As paredes interiores são habitualmente em tabique simples ou duplo reforçado, posteriormente rebocadas (ver Figura 25). Este tipo de paredes interiores era utilizada pelo facto de ser leve e também porque acompanhava as deformações provenientes de outros elementos estruturais devidos à fluência. Apesar das paredes interiores em tabique não serem consideradas estruturais por garantirem essencialmente a função de compartimentação, concluiu-se que estas produzem um efeito de contraventamento global do edifício por estarem ligadas aos restantes elementos estruturais, acompanhando a sua deformação.

No que respeita à sua constituição este tipo de parede era formada por um tabuado de madeira simples ou duplo, sendo que o seu material de acabamento variava de espessura e densidade. Estruturalmente eram constituídas por barrotes verticais (prumos) de secção quadrangular com cerca de 7 cm de largura.



Figura 25 - Paredes interiores em madeira de tabique interior com duplo tabuado (Fonte: Pires, A., Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013)

### 2.3.5 Paredes exteriores

A alvenaria de granito consiste no material correntemente aplicado na construção das paredes exteriores de fachada e das empenas. As paredes das empenas são habitualmente em granito, formadas por pedras de grande dimensão (valor médio de cerca de 50 cm na diagonal) de forma emparelhada representando o principal elemento estrutural do edifício. De referir que pontualmente surgem paredes exteriores em tabique em acrescentos realizados no edifício, sendo possível a aplicação de reboco exterior ou de revestimentos como o azulejo, placas de ardósia, chapa de ferro zincado ondulado e telha (ver Figura 26).



Figura 26 - Paredes exteriores em tabique e alvenaria (Fonte: Teixeira, J., 2013)

### 2.3.6 Cobertura e claraboia

No que respeita às coberturas, estas são em estrutura de madeira dotadas de diversos elementos constituintes (asnas, madres, varas e ripas, Figura 27) e são superiormente revestimentos em telha cerâmica. Na casa burguesa as coberturas possuem uma claraboia de iluminação colocada sobre a caixa de escada central suportada no seu interior por uma estrutura de ferro e ainda revestidas a estuque. Pelo exterior são revestidas por rufos que não permitiam a passagem da água. Para além da estrutura de ferro possuem vidros na sua envolvente que permitem a passagem de luz, tal como ilustra a Figura 28.

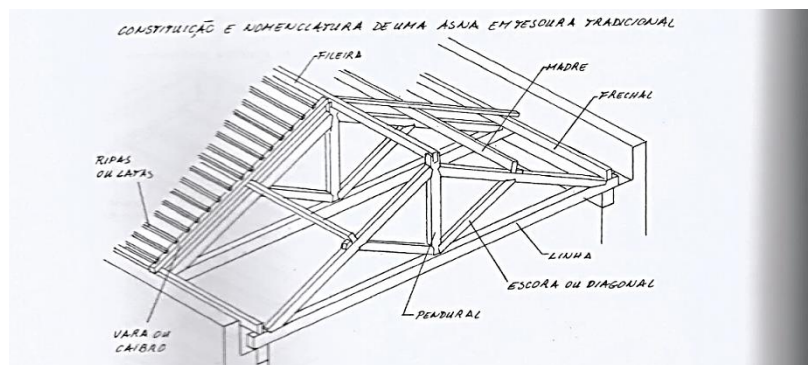
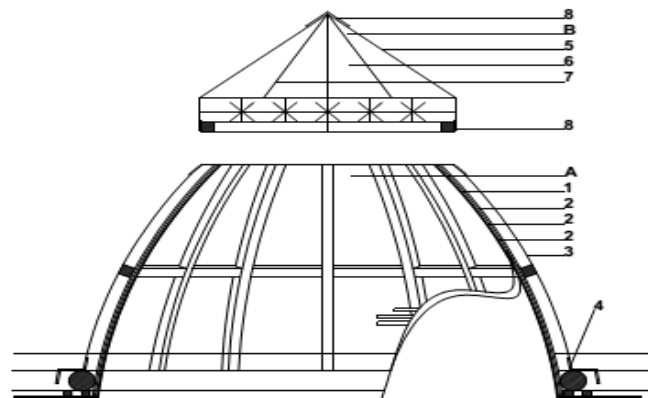


Figura 27 - Reabilitação de telhados (Fonte: Mascarenhas, Jorge 2012)



- A. Suporte da clarabóia
  - A.1. Revestimento interior (estuque)
  - A.2. Estrutura
  - A.3. Revestimento impermeável exterior
  - A.4. Rufos e outros complementos de estanquidade
  
- B. Clarabóia propriamente dita
  - B.5. Estrutura clarabóia
  - B.6. Vidros
  - B.7. Vedantes e fixações vidro-estrutura
  - B.8. Rufos e outros complementos de estanquidade

Figura 28 - Constituição de uma claraboia de iluminação (Fonte: Pires, A., Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013)

## **Capítulo III – Metodologias com vista à inspeção, diagnóstico e reforço de edifícios antigos**

### **3.1 Introdução**

O presente capítulo tem como objetivo descrever as metodologias de abordagem e processos que devem ser seguidos quando se pretende intervir num edifício antigo.

Na base desta abordagem encontra-se a realização do relatório de inspeção/diagnóstico que tem por objetivo caracterizar e descrever o estado de conservação atual do edifício em estudo e que pode seguir a seguinte metodologia: recolha e análise histórica, levantamento geométrico e dos danos/patologias observados, caracterização material e estrutural, aplicação de técnicas de reforço, e eventualmente proposta de soluções estruturais.

Fundamentado na informação recolhida na fase de inspeção, o diagnóstico tem por objetivo analisar e compreender tal informação, para que posteriormente se possa relacionar com o estado atual do edifício. Baseando-se nos resultados obtidos, define-se a intervenção a realizar considerando o nível de segurança atual do edifício, sendo esta informação parte fundamental no relatório de inspeção/diagnóstico.

### **3.2 Recolha e análise histórica**

Para a compreensão da evolução que o edifício sofreu ao longo do tempo é importante conhecer a sua envolvente urbanística. Neste sentido, existem entidades que possuem arquivos históricos que facilitam esta mesma análise, tal como a Casa do Infante e a Sociedade de Reabilitação Urbana, conforme se verifica no exemplo de documentos de arquivo observados na Figura 29. Realça-se também a importância do contacto com os habitantes no local para que se possa avaliar possíveis intervenções no edifício e histórias do mesmo. Esta mesma recolha de dados para além de poder permitir avaliar a evolução histórica e época de construção, também auxilia na análise e pesquisa de intervenções já realizadas.

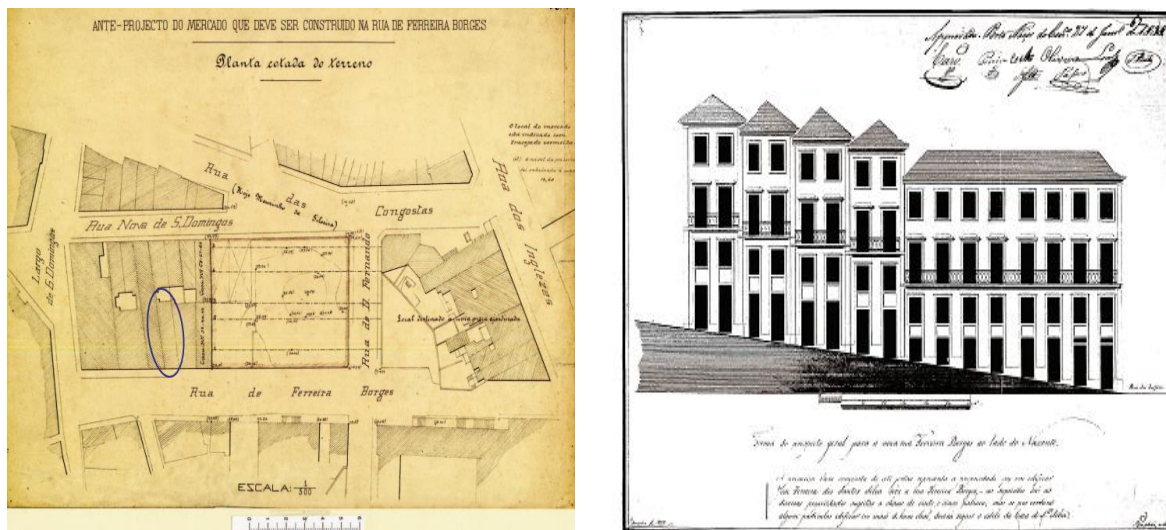


Figura 29 - Edifício nº82 na Rua Ferreira Borges (Fonte: Casa do Infante)

### 3.3 Levantamento geométrico e registo de danos observados

Na inspeção de um edifício é fundamental o levantamento geométrico da estrutura, bem como de todos os restantes elementos constituintes do edifício. O objetivo do levantamento geométrico consiste na localização e avaliação das dimensões dos elementos estruturais e não estruturais, sendo realizado no local. Com o auxílio de plantas eventualmente existentes, poderá ser efetuada uma comparação entre o atual e o registado em planta e a partir desta análise concluir se o edifício sofreu alterações significativas.

Paralelamente ao levantamento geométrico realiza-se o levantamento das patologias existentes e visíveis. Devem ser registadas as fendilhações existentes e os destacamentos observados através de registo fotográfico, o qual deverá ser acompanhado de desenhos e anotações que possibilitem uma análise visual rigorosa de todos os dados existentes no local, bem como identificar os elementos que carecem de intervenção ou eventual substituição.

A análise dos possíveis danos existentes permitem a avaliação do seu estado de conservação, sendo posteriormente possível concluir sobre o tipo de intervenção a efetuar.

### 3.4 Caracterização material e estrutural por aplicação de técnicas de ensaio

A caracterização dos materiais é fundamental para a compreensão da situação existente. Parâmetros como a densidade e a resistência à compressão permitem avaliar o estado de conservação dos materiais. Como materiais estruturais principais destaca-se a madeira e a

pedra. De seguida, efetua-se uma breve descrição dos ensaios possíveis de aplicar a estes dois materiais.

### Madeira

No que respeita à madeira, podem ser aplicados ensaios não destrutivos, nomeadamente: martelo e formão, o higrómetro, o *resistograph*, o ultrassom, georradar, o método das vibrações induzidas, o método da densidade superficial – *pylodin*, a deteção acústica de insetos xilófagos, a radiografia – raio X e o raio gama. Todos estes ensaios têm o objetivo de identificar, detetar ou determinar a existência de anomalias existentes na madeira ou até mesmo caracterizá-la. Habitualmente recorre-se à inspeção visual, que tem por objetivo identificar o tipo de degradação biológica existente que a madeira possui, como por exemplo a existência de térmitas.

De todos os ensaios o mais aplicado é o ensaio de *resistograph*, pois permite identificar o tipo de degradação, detetar a extensão da degradação, detetar os defeitos localizados determinar o módulo de elasticidade e determinar a massa volúmica.

### Granito

Os ensaios no granito podem ser realizados no local do edifício (ensaios não destrutivos *in situ*), recorrendo a equipamentos como ultrassons. Neste tipo de ensaio regista-se o tempo que o som demora a percorrer um determinado material através do seu emissor até ao recetor aferindo-se a velocidade de propagação da onda sonora e por estimativa determina-se as características do material, tal como se verifica na Figura 30.



Figura 30 - Ultrassons (Fonte: C. Almeida, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013)

Na realização de ensaios laboratoriais, pode recorrer-se à carotagem. A extração é realizada em paredes de alvenaria de pedra, recorrendo-se a uma máquina furadora, obtendo-se uma amostra (carote) que servirá de base aos ensaios laboratoriais. Com as amostras realizam-se os ensaios laboratoriais, que visam aferir propriedades mecânicas como a resistência, à compressão, à tração e ao corte (Figura 31).



Figura 31 - Ensaios destrutivos para a pedra de granito (C. Almeida, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013)

### 3.5 Aplicação de técnicas de reforço

A adoção de técnica de reforço estrutural permite melhorar a resistência global do edifício garantindo as condições de segurança; intervir nos elementos necessários; definir condições de segurança adequadas promovendo o funcionamento de todos os conjuntos estruturais. Por vezes a aplicação de técnicas de reforço é dificultada por diversos fatores tais como: o valor económico da técnica de reforço; o valor do imóvel; o estado de conservação do edifício; a utilização-tipo do edifício; a experiência e capacidade dos técnicos.

Assim, perante tais fatores é necessário estimar a sua viabilidade entre a manutenção do existente ou a construção de estruturas novas, nomeadamente reforçar a estrutura antiga existente *versus* demolir e construir uma nova.

Para além dos fatores evidenciados anteriormente deve-se considerar ainda os seguintes fatores:

- A compatibilidade mecânico-estrutural que consiste no fato dos processos e os materiais empregues na obra não devem afetar a rigidez e o funcionamento estrutural.
- A compatibilidade entre os materiais novos e os já existentes no edifício, para que estes não provoquem novas patologias no edifício.

Numa visão global existem dois tipos de reforço que podem ser aplicados: reforço global (solidarização) e reforço de elementos (consolidação).

No que respeita às técnicas de reforço global, estas têm por objetivo assegurar a continuidade da ligação entre elementos. A aplicação de tirantes em fundações é um excelente exemplo disso mesmo, pois possibilita a melhoria do comportamento estrutural assegurando a continuidade entre a parede de pedra com a fundação, por exemplo, através da aplicação de ligadores de aço, tal como ilustra a Figura 32.

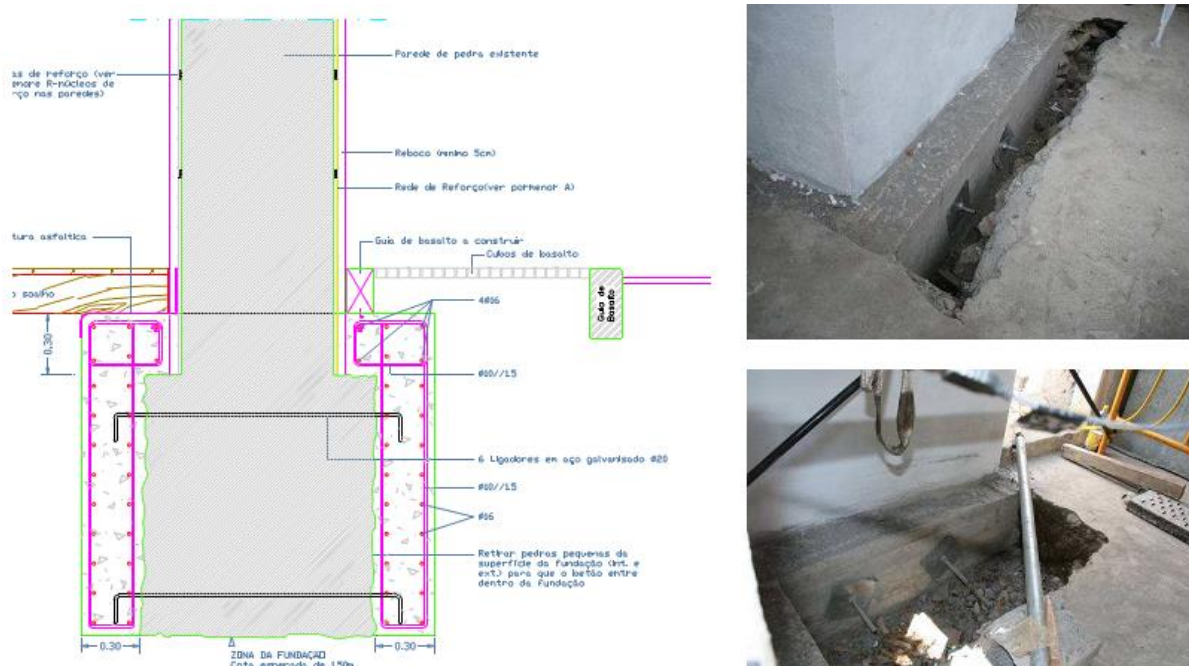


Figura 32 - Técnicas de reforço global - continuidade entre as paredes e a fundação (Fonte: Costa, A., Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2007)

Atualmente existem outras soluções de reforço muito práticas e funcionais que resultam na melhoria do comportamento estrutural. As soluções com vista aplicação de elementos metálicos são os mais conhecidos e aplicados neste tipo de trabalhos. O travamento da fachada através da ligação ao pavimento interior é um exemplo de uma técnica de reforço global da fachada tal como ilustra a Figura 33.

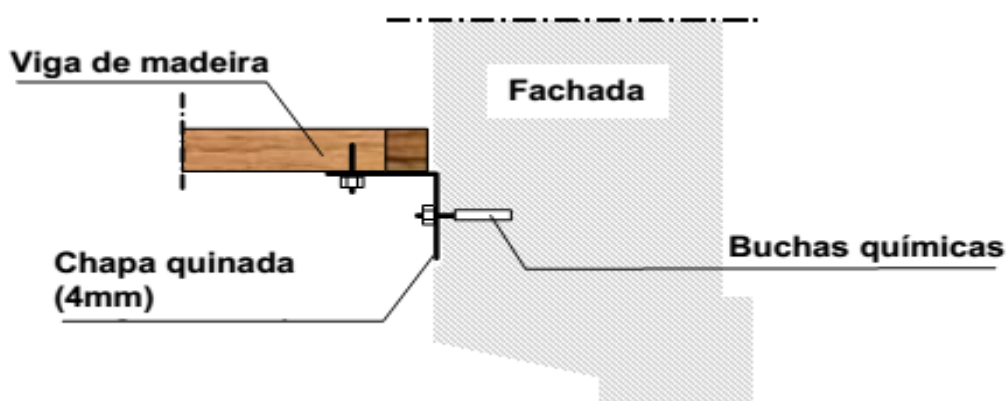


Figura 33 - Travamento de fachada (Fonte: Faculdade)

Já as técnicas de reforço de elementos (consolidação) são técnicas localizadas aplicadas isoladamente nos elementos de construção, como por exemplo na alvenaria e na madeira (consolidação dos vigamentos de madeira: barrotes, madres, pernas, linha, etc.). Existem métodos capazes de melhorar a capacidade resistente da alvenaria, tais como aplicação de reboco armado numa ou em ambas as faces da parede, a injeção de calda no interior da parede e ainda a colocação de varões de aço capazes de ligar os panos de parede funcionando como travadouros, tal como se pode verificar na Figura 34.

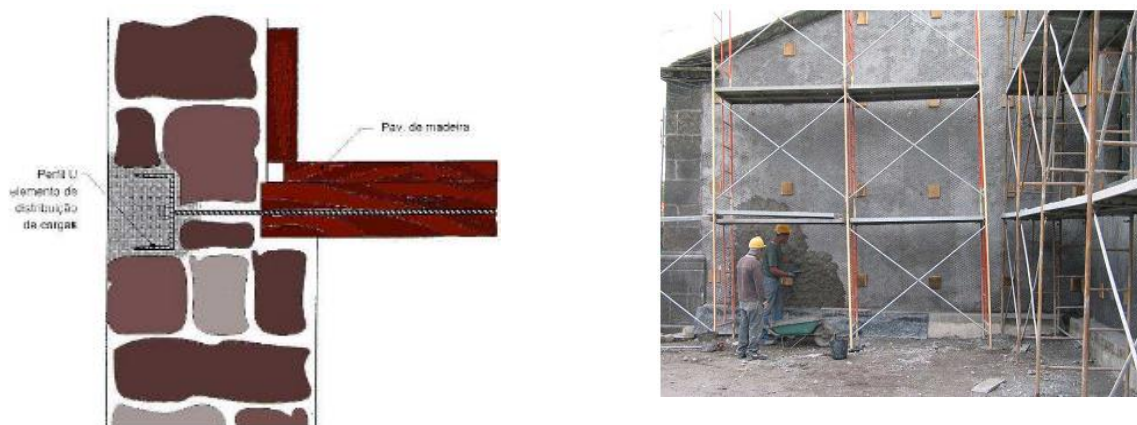
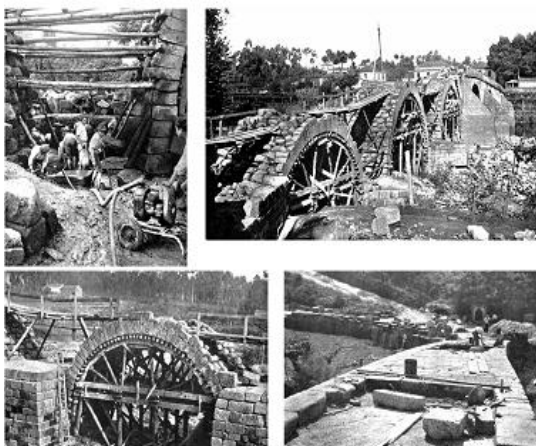


Figura 34 - Técnicas de reforço em alvenaria com elementos metálicos e reboco armado (Fonte: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Outros métodos como o desmonte e reconstrução pontual (ver Figura 35), refechamento de juntas (ver Figura 36), aplicação de pré-esforço e o reforço com elementos metálicos, são outras técnicas possíveis de aplicar no reforço de elementos de alvenaria.



**Figura 35 - Desmonte e reconstrução parcial de zonas degradadas de alvenaria da Ponte da Lagoncinha, V. N. Famalicão (Fonte: Intervenção DGEMN, 1952/53)**



**Figura 36 - Lavagem das juntas e colocação da nova argamassa de substituição (Fonte: Tomazevic, 1999)**

Caso se adote uma solução de construção de pavimento novo pode optar-se pela denominada laje colaborante, que normalmente na reabilitação é designada de laje mista, tal como ilustra a Figura 37.



**Figura 37 - Laje colaborante (Fonte: Irmãos Maia, C.C.O.P, Lda.)**

Já para a madeira, existem métodos capazes de melhorar a sua resistência nomeadamente através das ligações entre peças de madeira através da colocação de parafusos em aço inoxidável ou de aço galvanizado, como também a sua total substituição por novas, tal como ilustra a Figura 38.



**Figura 38 - Técnicas de reforço em madeira (Fonte: Arriaga, 2002)**

## Capítulo IV - Casos Práticos de Estudo

### 4.1 Introdução

No presente capítulo serão apresentadas as intervenções realizadas em dois casos de estudo, o Palacete da Baronesa do Bom Seixo localizado na rua de Cedofeita, nº433 e o edifício nº82 na rua de Ferreira Borges, ambos localizados na cidade do Porto. Estes casos de estudo foram selecionados para o presente trabalho por fazerem parte da experiência profissional do autor deste documento, nomeadamente no acompanhamento de obras de reabilitação urbana.

Ambos os casos de estudo visam a intervenção em edifícios antigos típicos da cidade do Porto, sendo adotada uma solução de demolição do interior mantendo as fachadas, realizando-se posteriormente a construção de uma nova estrutura. Esta estratégia de intervenção apesar de não corresponder à solução defendida nos capítulos anteriores foi adotada pelo facto da estrutura antiga, constituída por vigas de madeira, se encontrar num processo de deterioração bastante avançado, o que motivou o desenvolvimento de uma solução em estrutura metálica que concilia-se a correta ligação da nova estrutura com a estrutura existente em alvenaria de pedra.

No caso de estudo do Palacete da Baronesa do Bom Seixo, será efetuada a descrição geral do edifício, a descrição arquitetónica e estrutural em madeira e ainda a descrição da solução de intervenção realizada.

Já no caso de estudo da rua de Ferreira Borges nº 82, será realizada a descrição geral do edifício, a descrição arquitetónica e estrutural atual e por fim será proposta uma solução estrutural metálica, considerando o atual estado de degradação que a estrutura do edifício possui.

## 4.2 Palacete da Baronesa do Bom Seixo

### 4.2.1 Descrição geral do edifício

O Palacete da Baronesa do Bom Seixo localizado na rua de Cedofeita, na Boavista, foi sujeito a um processo de reabilitação realizado pela empresa de construção civil Irmãos Maia, Construção Civil e Obras Publicas Lda., que decorreu de Janeiro de 2008 a Março de 2010. Trata-se de um edifício tipo burguês do século XVIII constituído por pavimentos em madeira, paredes exteriores em granito, orlas e os arcos em granito, janelas interiores e exteriores em madeira, estrutura em ferro do elevador, caixa de escadas e portadas em madeira, tal como ilustra a Figura 39.



Figura 39 – Exterior e interior do Palacete da Baronesa do Bom Seixo antes da intervenção (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008)

## Fachada

A fachada principal possui três pisos elevados destinados a habitação, cave e rés-do-chão, sendo este último destinado a comércio. A estes pisos acresce um piso superior de mansarda, bem como uma cave semienterrada, aberta e desafogada para o logradouro, Figura 40. A cobertura de quatro águas estava revestida a telha tipo Marselha, Figura 41.



Figura 40 - Fachada Principal (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008)

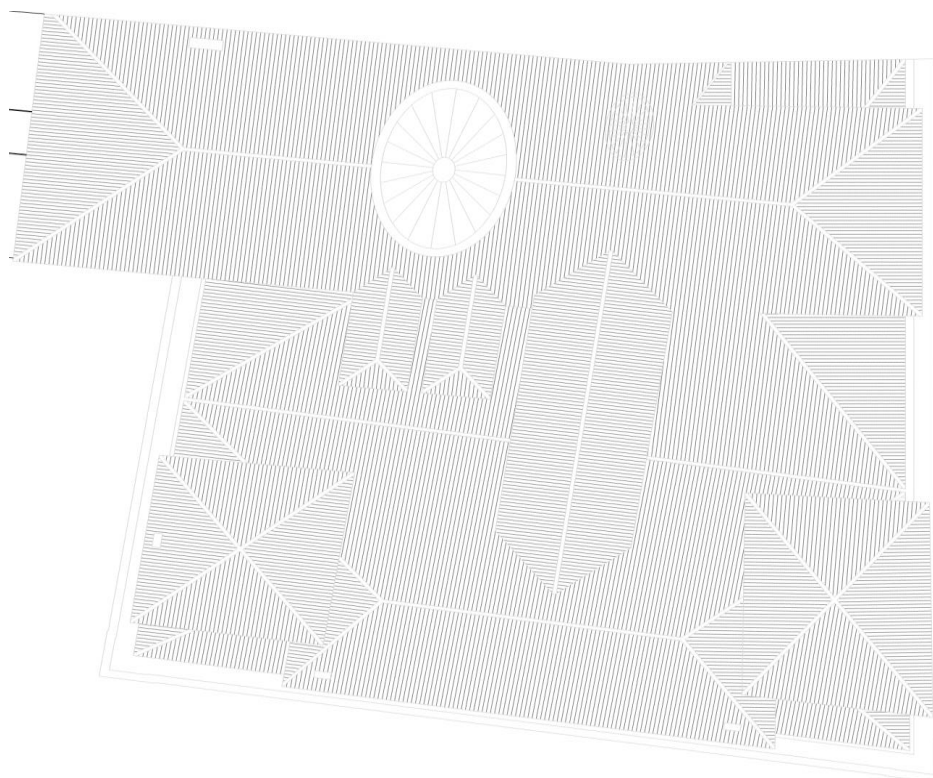


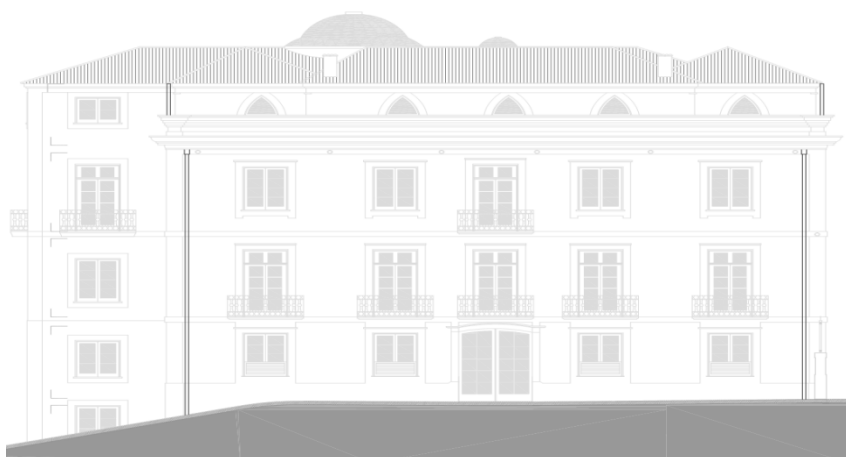
Figura 41 - Planta de cobertura (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008)

A fachada confrontante com a via pública apresenta uma altura na ordem dos 14,6 m de altura com panos de parede rebocados e possuindo ainda 7 janelas exteriores por piso em madeira com 1,33x2,87 m<sup>2</sup> cada. As orlas de granito das janelas exteriores possuem um desenvolvimento na ordem dos 22 cm, apresentando bom estado de conservação.

Tal como as orlas das janelas exteriores, as cornijas afixadas no topo da fachada, são um elemento de enorme beleza que também apresentavam bom estado de conservação. Por fim, as fachadas tinham ainda como elemento constituinte grades em ferro forjado/fundido afixadas nas janelas exteriores de madeira, que apresentavam um estado de conservação médio, Figura 42.



a)



b)

Figura 42 - Alçados principais: a) esquerdo e principal (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008)

## Janelas e Portas

De referir que as janelas exteriores eram em madeira, com vidro translucido com portadas pelo interior tal como se pode observar na Figura 43. As portas interiores também em madeira, possuindo ainda no seu topo bandeira.



Figura 43 - Janelas exteriores (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008)

## Tetos

No que respeita aos tetos estes eram em gesso tradicional, tabique e ainda sancas de decoração que apresentavam um elevado estado de degradação, tal como ilustra a Figura 44.



Figura 44 - Tetos degradados (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008)

## 4.2.2 Descrição estrutural

### Pavimento

O pavimento do rés-do-chão apresentava lajeado de granito com elementos que rondavam os 40 cm de espessura (ver Figura 45). Já ao nível dos pisos habitacionais, estes apresentavam um revestimento em soalho de riga velha, sendo constituídos por vigas de madeira de secção circular também em riga velha, apresentando em alguns casos um bom estado de conservação.



Figura 45- Pavimentos interiores (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008)

### Paredes interiores

Ao nível das paredes interiores observaram-se situações de paredes em tabique revestido a gesso, como também paredes de alvenaria de granito com cerca de 40 cm de espessura e revestidas a cerâmica. Também se encontraram paredes com arcos em alvenaria, tal como se pode verificar na Figura 46.



Figura 46 - Paredes interiores em tabique e granito (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda.)

### Caixa de escadas e elevador

A distribuição vertical é garantida pelas escadas que constitui o núcleo central da distribuição do edifício e formada por uma estrutura de madeira. Existência de um elevador de características técnicas e artísticas relevantes e ainda de claraboia, Figura 47. No que respeita ao seu estado de conservação, a caixa de escadas apresentava um mau estado de conservação tal como o elevador existente.



Figura 47 - Elevador e caixa de escadas (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008)

#### 4.2.3 Descrição da solução estrutural

Numa primeira fase realizaram-se as demolições de todo o interior do edifício, que culminaram com o levantamento da cobertura através da remoção da sua telha e da sua estrutura em madeira. Posteriormente, efetuou-se a demolição dos pisos de madeira, das paredes interiores e dos vãos interiores, mantendo-se unicamente as paredes exteriores de granito, tal como ilustra a Figura 48.



Figura 48 - Demolição do interior (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008)

Atendendo à altura do edifício (14,6 m) e considerando que os trabalhos foram realizados durante o período do inverno, os projetistas optaram por realizar uma estrutura de contenção das fachadas que culminou com aplicação de estrutura metálica provisória, que assegurasse uma maior estabilidade das paredes exteriores durante a fase de construção, Figura 49.



Figura 49 - Estrutura provisória (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008)

### Movimento de terras

Posteriormente à elaboração das demolições iniciaram os trabalhos de movimentação de terras recorrendo a retroescavadora (JCB 1CX), escavando-se toda a cave até à cota pretendida. A escavação, abertura de caboucos e o aterro decorreu durante o período de inverno, originando grandes dificuldades na sua realização, Figura 50.



## Fundações e contenção periférica

A elaboração dos muros de contenção (ver Figura 52) e das sapatas isoladas (ver Figura 53) consistiram na etapa seguinte dos trabalhos, adotando-se betão C25/30 e aço A500NR. Os muros de contenção foram realizados em toda a periferia da cave numa altura de 3,1 m de forma faseada, de modo a evitar que as paredes de granito ficassem sem apoio.

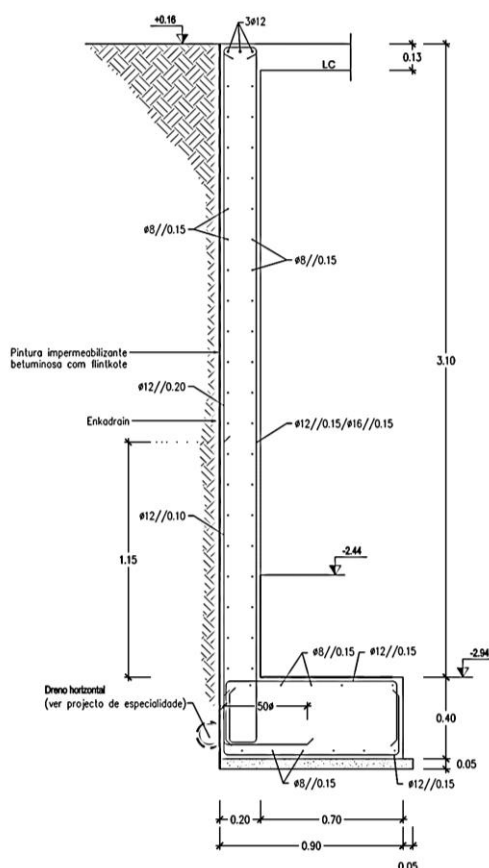


Figura 52 - Pormenor muro de contenção (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008)

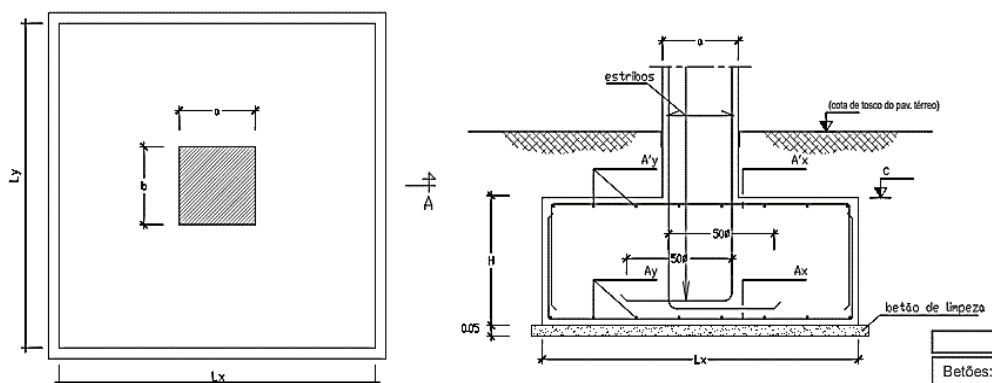


Figura 53 – Pormenor de sapata isolada (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008)

O processo construtivo dos muros de contenção consistiu na colocação de cofragem com taipais tipo metálico da “Doka” com auxílio de grua torre (ver Figura 54a). As armaduras foram elaboradas previamente no estaleiro da obra, recorrendo-se a uma máquina de dobragem e corte de ferro, sendo tal armadura aplicada após a colocação de toda a cofragem. Por fim, todos os muros de contenção periférica foram betonados com betão pronto da classe C25/30, recorrendo a um balde metálico fixo ao cardinal da grua torre, tal como ilustra a Figura 54b). As sapatas isoladas respeitaram a mesma metodologia de processo de colocação da cofragem e armadura, sendo posteriormente realizada a betonagem destes elementos.



Figura 54 - Muro de contenção e respetiva betonagem (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008)

### **Pilares em betão armado**

Com as fundações realizadas, iniciaram-se os trabalhos de implantação e execução dos pilares em betão armado situados no piso da cave, para posterior colocação das vigas em betão armado e metálicas. O processo construtivo dos pilares sendo em betão armado respeitou a colocação da armadura previamente preparada na máquina de corte e dobragem de ferro, ligando esta à armadura de arranque colocada nas sapatas para posterior colocação da cofragem metálica para betonagem (ver Figura 55).



Figura 55 - Pilares em betão armado (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008)

### Vigas metálicas

Tal como se verifica na seguinte Figura 56, os elementos metálicos foram colocados no seu respetivo lugar com uma grua torre, sendo devidamente ligados através de parafusos à parede exterior em granito conforme a Figura 57.



Figura 56 - Colocação de vigas metálicas do rés-do-chão (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008)

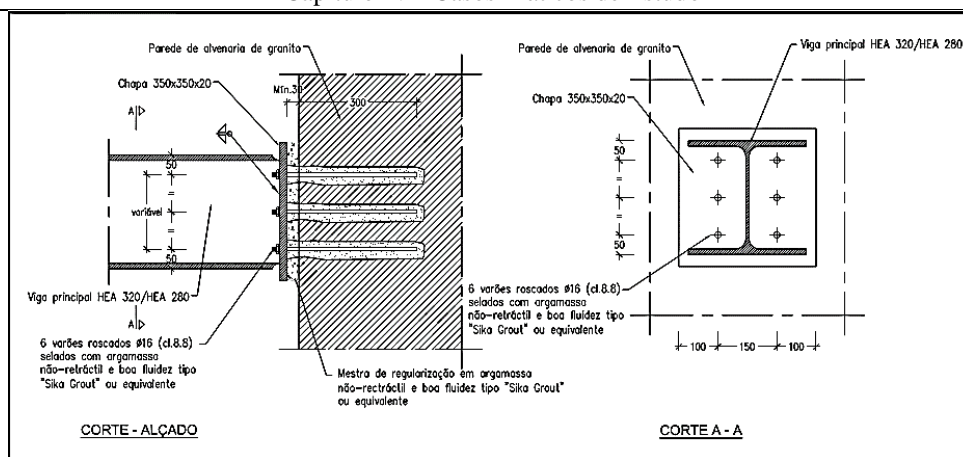


Figura 57 - Pormenor de ligação de vigas metálicas à parede exterior de granito (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008)

### Vigas em betão armado

Após a colocação das vigas metálicas realizaram-se as vigas em betão armado, respeitando os mesmos procedimentos de elaboração dos restantes elementos em betão armado, como a colocação de cofragem, armadura e betonagem, ilustradas na Figura 58.



Figura 58 - Estrutura mista, vigas metálicas e em betão armado (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008)

### Lajes colaborantes

As lajes ao nível do rés-do-chão e restantes pisos de habitação são colaborantes. No que respeita à sua execução, foi colocada a chapa metálica permanentemente aparafusando-a às vigas e cantoneiras metálicas, estas cantoneiras estão soldadas nas vigas metálicas e aparafusadas às paredes exteriores, tal como ilustra a Figura 59.



Figura 59 - Fixação da chapa colaborante (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008)

De realçar que as paredes de pedra periféricas serão ligadas através de cantoneira e varões galvanizados à estrutura interior assim com este método existe uma correta ligação da nova estrutura para a estrutura antiga, tal como ilustra a Figura 60.

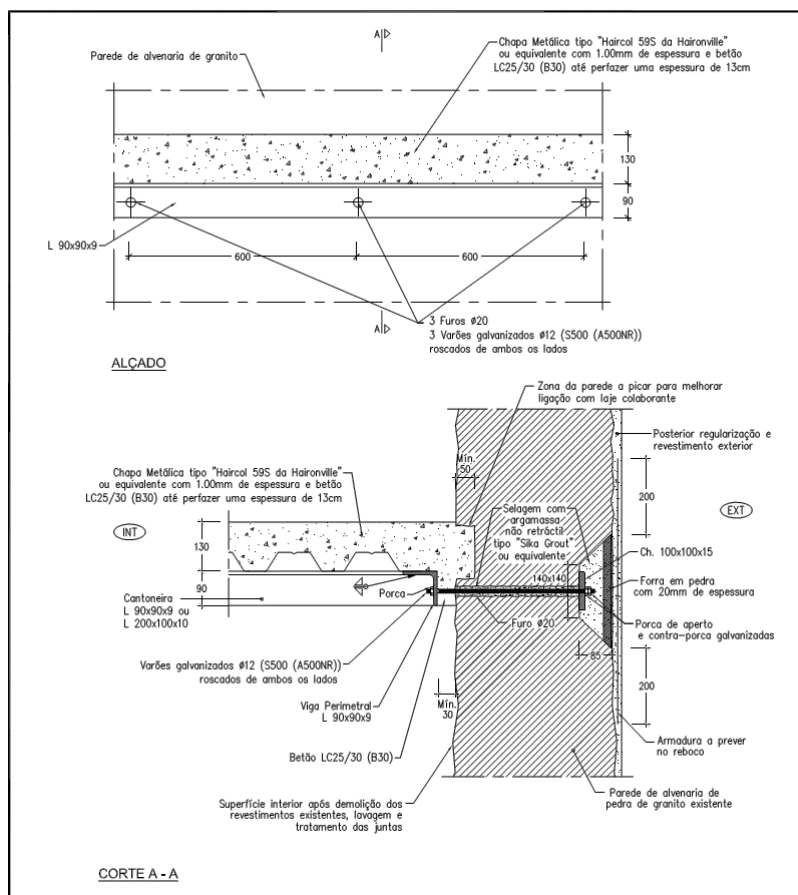


Figura 60 - Pormenor de ligação das cantoneiras à parede exterior (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda.)

Finalizada a montagem dos elementos anteriormente descritos, nomeadamente da chapa colaborante, realizou-se o escoramento dos pisos com escoras metálicas. Embora as peças desenhadas e escritas não exijam tal escoramento, o construtor optou pela sua utilização, tal como se pode verificar na Figura 61. Posteriormente à colocação de todo o escoramento, colocou-se a respetiva malha electrosoldada, a qual deu sequência à betonagem dos pisos, sendo realizada com betão pronto da classe C25/30, vindo da central de betão através de camião.

A betonagem foi realizada através do despejo do betão em balde metálico fixo no cardinal da grua, que por sua vez possibilitava a colocação do betão no local pretendido tal como se pode verificar na Figura 61. Por fim, e no que respeita à betonagem dos pisos, para se garantir uma superfície lisa e com bom acabamento realizou-se o denominado atalochamento manual, que requeria a passagem duma talocha em madeira pela superfície de betão.



**Figura 61 - Betonagem de laje colaborante com respetivo atalochamento manual e escoramento dos pisos**  
(Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008)

### **Caixa de escadas em betão armado**

Paralelamente à construção dos pisos foi realizada a caixa de escadas central em estrutura de betão armado, recorrendo a cofragem de madeira, sendo betonada com os pisos em laje colaborante, tal como demonstra a Figura 62. Este processo construtivo repetiu-se pelos restantes três pisos destinados a habitação.



Figura 62 - Escadas em betão armado (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008)

### Cobertura e claraboia

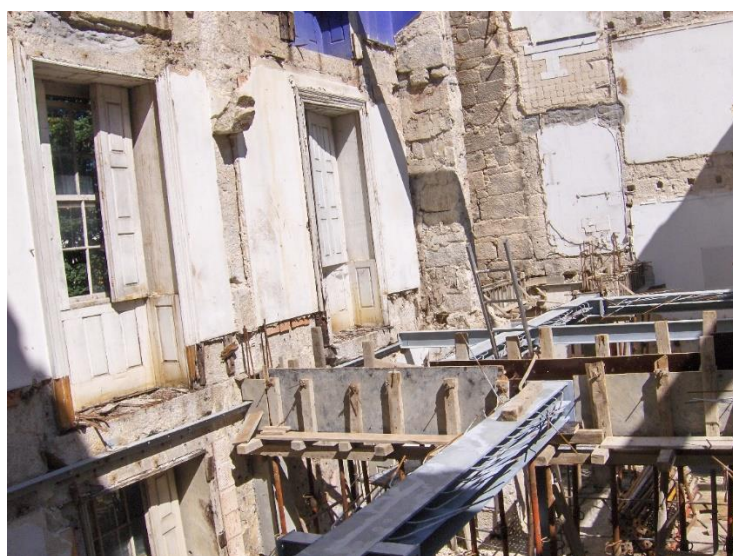
Excecionalmente, a laje de cobertura, foi maciça sendo necessária para a sua execução a colocação de cofragem de madeira e escoramento. A cofragem utilizada neste caso foram painéis em contraplacado marítimo, sendo posteriormente aplicada a armadura em aço A500 NR e conseqüente betonagem com betão da classe C25/30, conforme a Figura 63. Por fim, optou-se pela imitação da claraboia já existente, mas sendo a nova elaborada em estrutura de ferro e a parte translúcida em policarbonato.



Figura 63 - Cobertura e claraboia translúcida em policarbonato (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008)

### **Observações finais**

No que respeita ao processo construtivo, a aplicação da estrutura metálica permitiu incrementar a eficiência construtiva, desde a redução de cargas na fundação, à redução do tempo de construção, ao aumento do espaço útil da construção, à qualidade e segurança da obra, à flexibilidade, à facilidade de execução das infraestruturas hidráulicas e elétricas, Figura 64. Globalmente pode-se concluir que com esta intervenção estrutural, o edifício foi claramente melhorado, respeitando as atuais exigências de segurança ao nível do edificado como também na manutenção das fachadas de granito.



**Figura 64 – Estrutura mista (Fonte: Irmãos Maia, C. C. O. P., Lda., 2008)**

### 4.3 Edifício nº82 da Rua Ferreira Borges

#### 4.3.1 Descrição geral do edifício

O edifício nº82 da rua de Ferreira Borges localiza-se na freguesia de São Nicolau, na Ribeira da cidade do Porto. Este edifício datado de 1875 é constituído por pavimentos em madeira, paredes interiores em tabique, paredes exteriores em granito, janelas em madeira, portas também em madeira, tetos em gesso, claraboia em ferro e uma caixa de escadas central também em madeira, Figura 65.

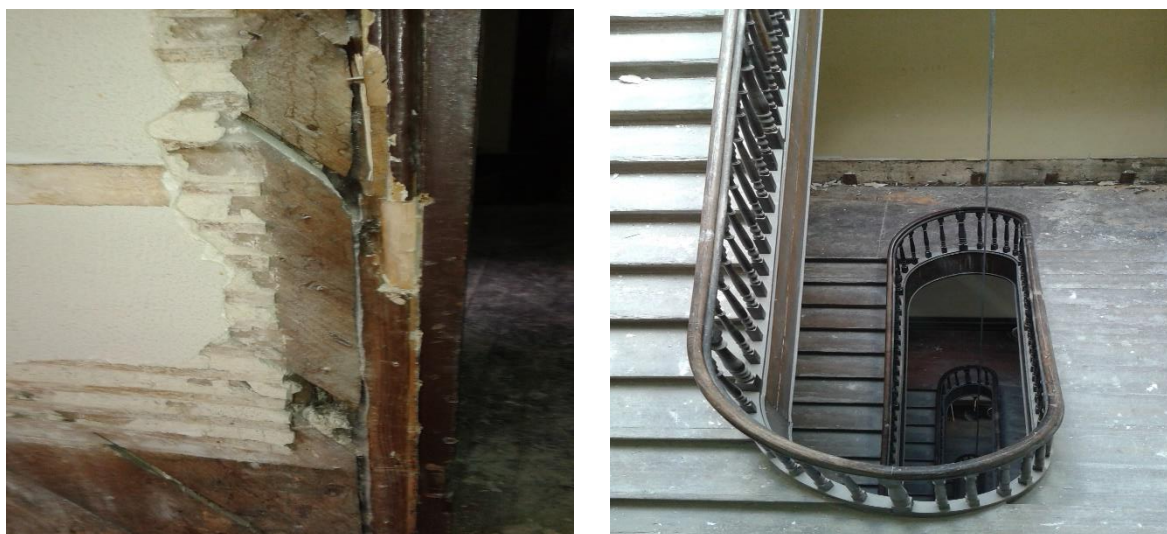


Figura 65 - Principais elementos em madeira (Fonte: AC Maias, Engenharia Lda., 2015)

O edifício apresenta quatro andares destinados a habitação; cada piso dividido em dois apartamentos pela caixa de escadas central. Ao nível do rés-do-chão encontra-se espaço reservado a comércio.

#### Fachada

A fachada frontal deste edifício é revestida a azulejo (Figura 66), sendo semelhante às restantes fachadas dos edifícios existentes na rua de Ferreira Borges. De referir que na fachada frontal virada à rua de Ferreira Borges o azulejo apresenta-se destacado e em risco iminente de queda na via pública. Por outro lado, a fachada no tardo do edifício apresenta um bom estado de conservação sendo esta rebocada e pintada.



Figura 66 - Fachada do edifício nº82 da rua de Ferreira Borges (Fonte: AC Maias, Engenharia Lda., 2015)

## Cobertura

A cobertura do edifício é de quatro águas com claraboia no seu centro, formada por estrutura de madeira e revestida por telha cerâmica, Figura 67. Esta estrutura da cobertura apresenta estado de degradação bastante avançado. A claraboia localizada no centro da cobertura e a caixa de escadas apresentam, tal como a cobertura, um estado de degradação bastante avançado pela fissuração existente, o que representa um risco de queda iminente, Figura 68.



Figura 67 - Cobertura e claraboia (Fonte: AC Maias, Engenharia Lda., 2015)



Figura 68 - Cobertura e claraboia (Fonte: AC Maias, Engenharia Lda., 2015)

### Janelas e portas

As janelas são em madeira em que o seu interior é contemplado com portadas em madeira. No que respeita ao seu estado de conservação, as janelas encontram-se bastante deterioradas, ou seja, o seu estado de putrefação é bastante avançado (Figura 69). Já as portadas encontram-se bem conservadas.



Figura 69 - Janelas e portadas em madeira (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015)

### Rodapés

Os rodapés representam um elemento de beleza característico das carpintarias deste edifício, sendo em madeira de castanho com 45 cm de desenvolvimento, ligados à parede de granito através de pregos.

Apresenta-se em bom estado de conservação, tal como se visualiza na Figura 70.



Figura 70 - Rodapé em madeira (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015)

## Granito

Os elementos de granito constituem um fator de embelezamento das fachadas, apresentando um bom estado de conservação, tanto em orlas como em varandas, tal como se observa na Figura 71.



Figura 71 - Elementos de granito em fachada (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015)

### 4.3.2 Descrição estrutural

#### Pavimento

Os pavimentos apresentam o vigamento em madeira caracterizado no capítulo 2 deste trabalho. As vigas de madeira apresentam um diâmetro com cerca de 20 a 30 cm, existindo um espaçamento entre elas com cerca de 55 cm, e um comprimento de 6,1 m, sendo devidamente encastradas com 15 a 20 cm na parede de granito, tal como se verifica na Figura 72.



Figura 72 - Vigamento de madeira (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015)

Após uma análise rigorosa dos mesmos, os pavimentos de todos os andares apresentam um avançado estado de degradação, observando-se diversas fissuras nas vigas de madeira com cerca de 1,5 cm de espessura, tal como ilustra a Figura 73.



Figura 73 - Ligação de viga de madeira a parede de granito (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015)

Já o soalho que servia de revestimento ao pavimento era devidamente pregado às vigas de madeira, apresentando mau estado de conservação, tal como ilustra a Figura 74.



Figura 74 - Soalho em riga velha (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015)

### Paredes interiores

Todas as paredes interiores que constituem o edifício são em tabique revestido a gesso, apresentando uma espessura de cerca de 15 cm. Após uma observação cuidada das mesmas, concluiu-se que estas se encontram extremamente degradadas apresentando um nível de fissuração bastante elevado, tal como ilustra a Figura 75.



Figura 75 - Paredes interiores em tabique (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015)

## Tetos

Os tetos são em gesso tradicional e apresentam sancas como forma de decoração. Estes apresentam diversos pontos de degradação, sinal de que o gesso se encontra “desligado” do tabique, manifestando um elevado estado de degradação, tal como ilustra a Figura 76.



Figura 76 - Tetos em gesso (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015)

## Caixa de escadas

A caixa de escadas representa o centro de todo o edifício e a distribuição de todos os apartamentos e andares. Constituída por uma estrutura de madeira, os espelhos e capas também em madeira apresentam um mau estado de degradação, tal como se pode observar na Figura 77.



**Figura 77 - Caixa de escadas (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015)**

Contrariamente aos degraus, o balaústre encontra-se num bom estado de conservação, apresentando apenas em alguns casos a falta de alguns elementos, tal como se verifica na Figura 78.



**Figura 78 - Balaústre de madeira (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015)**

Já as paredes da caixa de escadas são em tabique (Figura 79) e granito (Figura 80), sendo que as de tabique encontram-se em muito mau estado e as de granito encontram-se num bom estado de conservação.



**Figura 79 - Paredes de tabique de caixa de escadas (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015)**



**Figura 80 - Paredes em granito da caixa de escadas (Fonte: AC Maias Engenharia Lda., 2015)**

### 4.3.3 Descrição da solução

A presente proposta visa a elaboração de um projeto em estrutura metálica referente ao edifício em causa, considerando a demolição de todo o seu interior, mantendo-se apenas as paredes exteriores de granito. Como já foi referido no início do presente documento, para o dimensionamento da estrutura do edifício em causa foi utilizado o *software* informático Cypecad, lecionado ao longo de toda a formação académica. De ressaltar que para o presente dimensionamento foi considerado o projeto de Arquitetura existente, sendo esta respeitada.

#### Notas de cálculo

Para o dimensionamento da estrutura foram consideradas as devidas normas regulares da estrutura metálica e do betão armado (fundações, escadas e lajes) respeitando a categoria do edifício, sendo este Privado (Habitações, Hotéis), tal como figura a Tabela 5.

Tabela 5 - Normas consideradas (Fonte: Cypecad, 2015)

Material	Norma
Betão	REBAP
Aços enformados	Euro códigos 3 e 4
Aços laminados e compostos	REAE
Lajes mistas	Euro código 4

#### Ações consideradas

Devido ao facto do edifício possuir uma categoria de Privado (Habitações, Hotéis), em que o rés-do-chão terá uma utilização de serviços, os restantes andares uma utilização de habitação e ainda uma cobertura não acessível, foram consideradas as ações verticais demonstradas na Tabela 6. Analisando o projeto de Arquitetura pode-se concluir que serão empregues materiais de natureza leve (exemplo: gesso cartonado, *viroc* e ainda soalho de madeira) o que facilita o dimensionamento realizado para a presente estrutura, tornando-a o mais leve.

Tabela 6 - Ações verticais (Fonte: Cypecad, 2015)

<b>Planta</b>	<b>Sobrecarga (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Rev. Paredes (kN/m<sup>2</sup>)</b>
Cobertura	0.3	1.5
Águas Furtadas	2.0	1.5
Piso 4	2.0	1.5
Piso 3	2.0	1.5
Piso 2	2.0	1.5
Piso 1	2.0	1.5
Arrumos de Loja	3.0	1.5
R/C	3.0	1.5

### **Ações permanentes**

No que respeita às diferentes situações de dimensionamento, as combinações de ações são definidas segundo os critérios regulamentares:

- Com coeficientes ;

- Sem coeficientes ;

Ambos definidos na Tabela 7.

Simbologia	Descrição
$G_k$	Ação permanente
$P_k$	Ação de pré-esforço
$Q_k$	Ação variável
$\gamma_G$	Coefficiente parcial de segurança das ações permanentes
$\gamma_P$	Coefficiente parcial de segurança da ação de pré-esforço
$\gamma_{Q,1}$	Coefficiente parcial de segurança da ação variável principal
$\gamma_{Q,i}$	Coefficiente parcial de segurança das ações variáveis de acompanhamento
$\Psi_{p,1}$	Coefficiente de combinação da ação variável principal
$\Psi_{a,i}$	Coefficiente de combinação das ações variáveis de acompanhamento

Importa referir que para cada situação de dimensionamento serão considerados os seguintes Estados Limites Últimos (E.L.U.):

- E.L.U. Betão: REBAP;
- E.L.U. Betão em fundações: REBAP;
- E.L.U. Aço laminado: REAE;

Para as combinações fundamentais foram consideradas as descritas na Tabela 8 e Tabela 9.

**Tabela 8 - Combinações fundamentais (Fonte: Cypecad, 2015)**

<b>Combinações fundamentais (Sem sismo)</b>				
	Coeficientes parciais (g)		Coeficientes (y)	
	Favorável	Desfavorável	Principal ( $y_p$ )	Acompanhamento ( $y_a$ )
<b>Permanente (G)</b>	1.000	1.500	-	-
<b>Sobrecarga (Q)</b>	0.000	1.500	1.000	0.400

**Tabela 9 - Tensões sobre o terreno (Fonte: Cypecad, 2015)**

<b>Ações variáveis sem sismo</b>		
	Coeficientes parciais (g)	
	Favorável	Desfavorável
<b>Permanente (G)</b>	1.000	1.000
<b>Sobrecarga (Q)</b>	0.000	1.000

Já para as combinações referentes ao peso próprio (PP), revestimentos e paredes (RP) e sobrecarga (Qa), foram consideradas as descritas na Tabela 10.

**Tabela 10 - Combinações (Cypecad, 2015)**

<b>Combinação</b>	<b>PP</b>	<b>RP</b>	<b>Qa</b>
<b>1</b>	1.000	1.000	
<b>2</b>	1.500	1.500	
<b>3</b>	1.000	1.000	1.500
<b>4</b>	1.500	1.500	1.500

### **Materiais utilizados**

Sendo em estrutura metálica, os tipos de aço utilizados em pilares, vigas e lajes são os definidos na Tabela 11. As fundações, escadas e o preenchimento das lajes serão em betão armado, conforme descrito na Tabela 12 e Tabela 13.

**Tabela 11 - Aços em perfis (Fonte: Cypecad, 2015)**

Tipo de aço para perfis	Aço	Limite elástico	Módulo de elasticidade
		(MPa)	(GPa)
<b>Aço enformado</b>	S 355	355	210
<b>Aço laminado</b>	Fe 430	275	206
<b>Aço de pernos</b>	A-4t (liso)	240	206

**Tabela 12 - Betão (Fonte: Cypecad, 2015)**

Elemento	Betão	$f_{ck}$ (MPa)	$\gamma_c$	Tamanho máximo do agregado (mm)	$E_c$ (MPa)
Todos	<b>B35 (C30/37)</b>	30	1.50	15	32000

**Tabela 13 - Aços em varões (Fonte: Cypecad, 2015)**

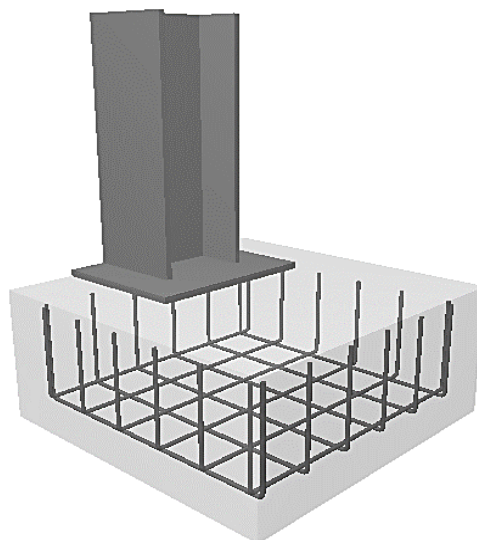
Elemento	Aço	$f_{yk}$ (MPa)	$\gamma_s$
Todos	<b>A500</b>	500	1.15

## Fundações

Para o dimensionamento das fundações considerou-se a atual forma do edifício, sendo este de formato retangular, daí a escolha por sapatas retangulares excêntricas e vigas de equilíbrio. Para o cálculo de ambos elementos considerou-se as seguintes tensões:

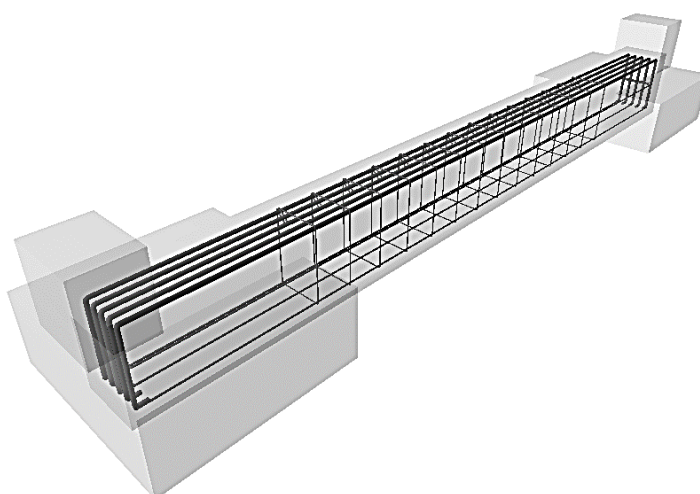
- Tensão admissível em combinações fundamentais: 0.350 MPa;
- Tensão admissível em combinações acidentais: 0.300 MPa;

No que respeita às sapatas, estas têm como objetivo dissipar para o terreno as forças provenientes da estrutura superior. Devido às paredes de meiação, estas condicionaram a disposição das fundações, tal como ilustra a Figura 81 e a planta de fundações (ver anexos).



**Figura 81 – Sapata retangular excêntrica (Fonte: Cypecad, 2015)**

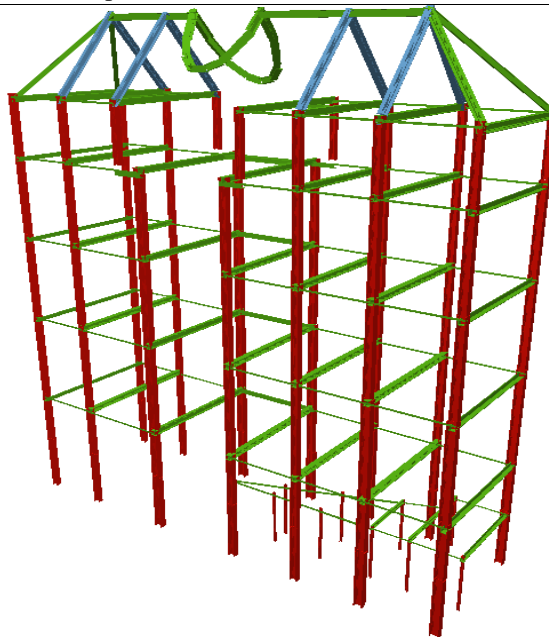
Já as vigas de equilíbrio (ver Figura 82) têm como função equilibrar as sapatas excêntricas, sendo as sapatas ligadas por estes elementos horizontais, devidamente identificados nas plantas de fundações (ver anexos).



**Figura 82 - Viga de equilíbrio (Fonte: Cypecad, 2015)**

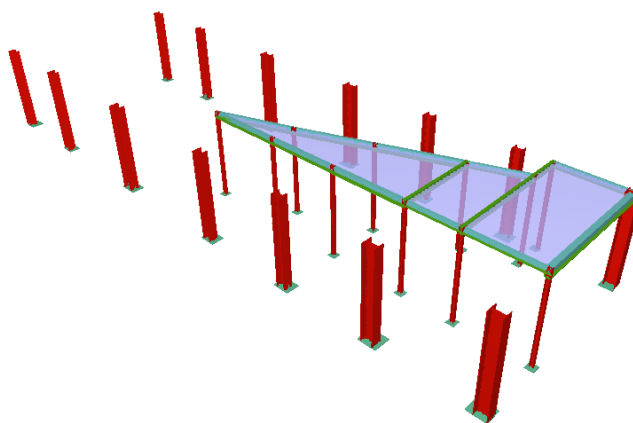
## **Pilares**

Os pilares metálicos apresentam uma secção variável ao longo de toda a estrutura, ou seja, à medida que o piso aumenta a secção do pilar diminui, tal facto se deve às cargas provenientes das lajes e conseqüentemente das vigas dimensionadas, culminando com pilares de secção de HEB 100 a HEB 360 (ver Figura 83), demonstrados na planta de quadro de pilares (ver anexos).



**Figura 83 - Pilares metálicos (Fonte: Cypecad, 2015)**

Pode-se verificar que os pilares de menor secção (perfis HEB 100) estão localizados ao nível dos arrumos de loja, tendo como objetivo a realização de uma mezzanine demonstrada na Figura 84.



**Figura 84 – Mezzanine (Fonte: Cypecad, 2015)**

A ligação entre pilar/sapata é garantida pela aplicação de placas de amarração, soldadas à base do pilar juntamente com os pernos de ligação soldados que garantem a ligação da sapata à placa de amarração, tal como ilustra a Figura 85 e as plantas de pormenorização (ver anexos).

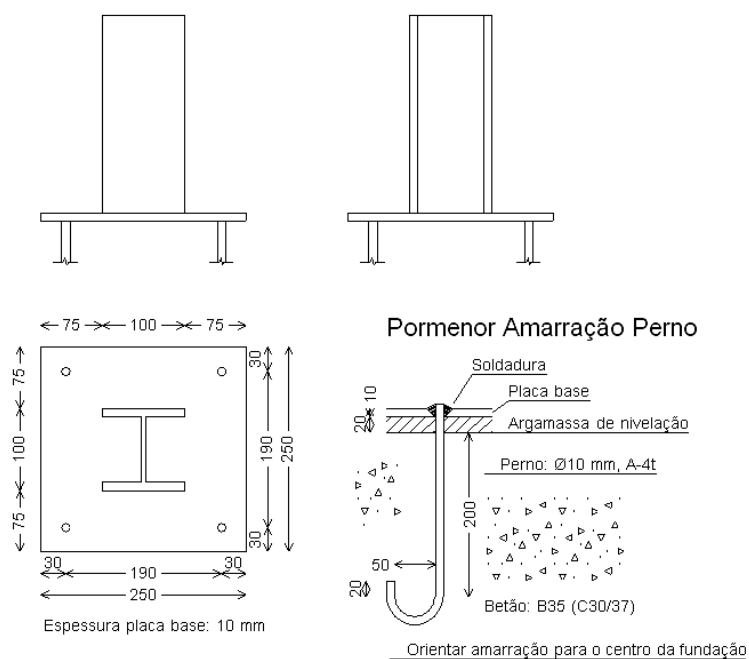


Figura 85 - Pormenor de placa de amarração (Fonte: Cypecad, 2015)

## Vigas

Este elemento estrutural horizontal tem como função receber as cargas provenientes das lajes, descarregando-as nos pilares metálicos. Para este dimensionamento foram utilizados perfis metálicos que variam de secção, desde o HEB 120 ao HEB 280, demonstrados nas plantas estruturais (ver anexos).

Considerando que o edifício possui paredes de granito, as vigas são responsáveis pela ligação da nova estrutura à estrutura antiga (paredes de meação e fachadas em granito) através de perfil em cantoneira, sendo esta colocada em todo o perímetro da estrutura, tal como ilustra a Figura 86 e as plantas de pormenor (ver anexos).

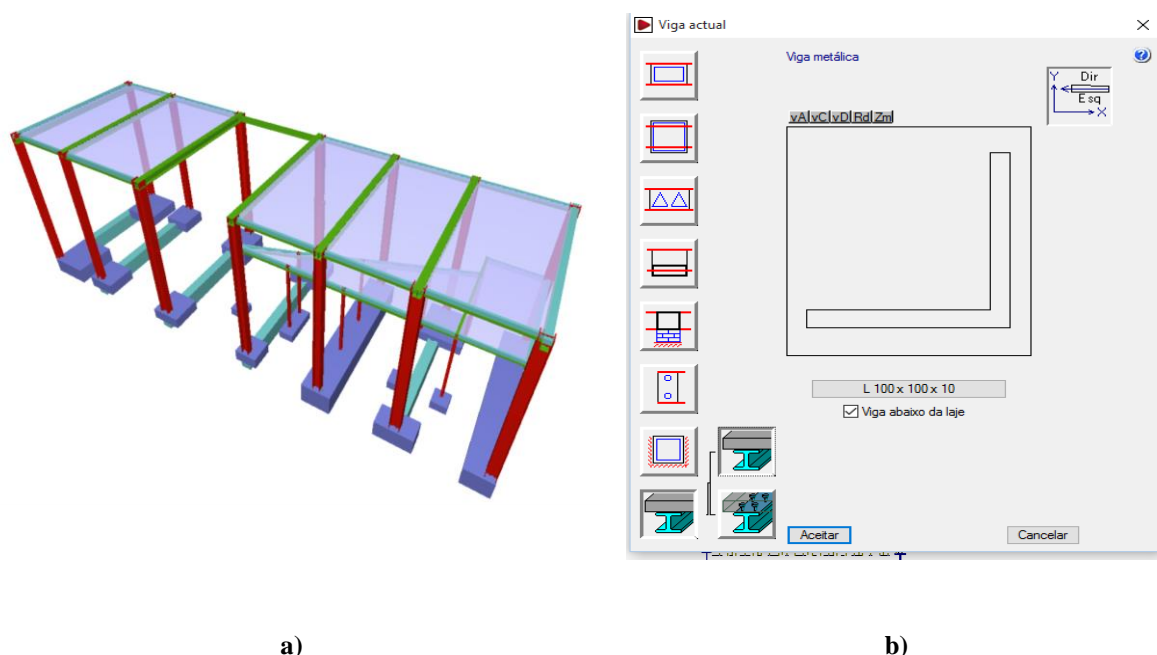


Figura 86 - a) Vigas metálicas ao nível do Piso 1; b) Cantoneira perimetral (Fonte: Cypecad, 2015)

Ao nível da cobertura, esta como sendo inclinada, foi necessário o dimensionamento de vigas inclinadas, assim a cobertura respeita a configuração demonstrada na Figura 87.

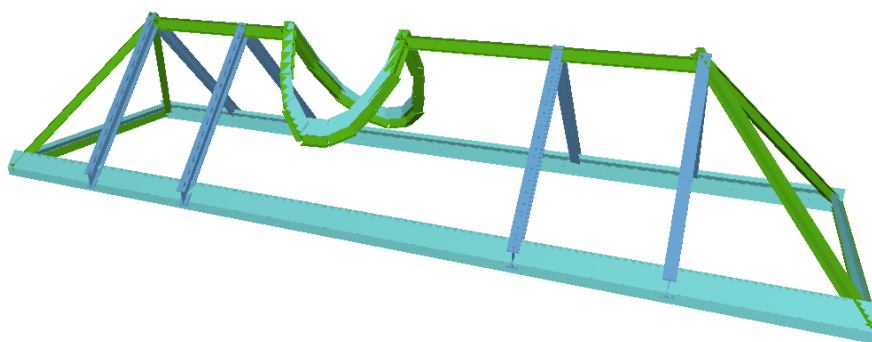


Figura 87 - Vigas inclinadas da cobertura (Fonte: Cypecad, 2015)

### Laje colaborante

A escolha deste elemento estrutural, como a laje colaborante, deveu-se á capacidade que esta tem em possuir pouca espessura o que permite respeitar o pé direito exigido pela Arquitetura.

O tipo de laje dimensionada para este projeto foi o referido na Tabela 14.

Tabela 14 - Laje colaborante (Fonte: Cypecad, 2015)

Nome	Descrição da chapa
<b>EUROBASE106 posição u</b>	EUROPERFIL - HAIRONVILLE  Altura: 106 mm  Entre eixos: 250 mm  Largura painel: 750 mm  Largura superior: 40 mm  Largura inferior: 120 mm  Tipo de sobreposição lateral: Superior  Limite elástico: 320 MPa  Perfil: 1.20mm  Peso superficial: 0.15 kN/m <sup>2</sup>  Momento de inércia: 293.40 cm <sup>4</sup> /m  Módulo resistente: 70.57 cm <sup>3</sup> /m

Importa referir que a espessura da laje colaborante é predominantemente de 13 cm mas em alguns casos em que a laje possui um vão de aproximadamente 4 metros, esta já alcança uma altura de 18 cm tal como ilustra a Figura 88, a Tabela 15 e as plantas estruturais (ver anexos).

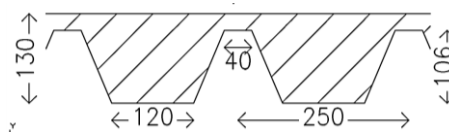


Figura 88 - Pormenor de laje colaborante (Fonte: Cypecad, 2015)

Tabela 15 - Geometria de lajes de todos os pisos (Fonte: Cypecad, 2015)

<b>Piso</b>	<b>Laje mista</b>
<b>Arrumos de Loja</b>	EUROBASE106 posição u, 1.20mm, h=130mm (106+24)
<b>Piso 1</b>	EUROBASE106 posição u, 1.20mm, h=130mm (106+24) EUROBASE106 posição u, 1.20mm, h=170mm (106+64)
<b>Piso 2</b>	EUROBASE106 posição u, 1.20mm, h=130mm (106+24) EUROBASE106 posição u, 1.20mm, h=170mm (106+64)
<b>Piso 3</b>	EUROBASE106 posição u, 1.20mm, h=130mm (106+24) EUROBASE106 posição u, 1.20mm, h=170mm (106+64)
<b>Piso 4</b>	EUROBASE106 posição u, 1.20mm, h=130mm (106+24) EUROBASE106 posição u, 1.20mm, h=150mm (106+44) EUROBASE106 posição u, 1.20mm, h=180mm (106+74)
<b>Águas Furtadas</b>	EUROBASE106 posição u, 1.20mm, h=130mm (106+24) EUROBASE106 posição u, 1.20mm, h=150mm (106+44)
<b>Cobertura</b>	EUROBASE106 posição u, 1.20mm, h=130mm (106+24)

## Escadas

As escadas têm por objetivo garantir a devida ligação entre todos os pisos, sendo o elemento central de todo o edifício e em betão armado, tal como ilustra a Figura 89 e as plantas pormenorizadas das escadas (ver anexos).

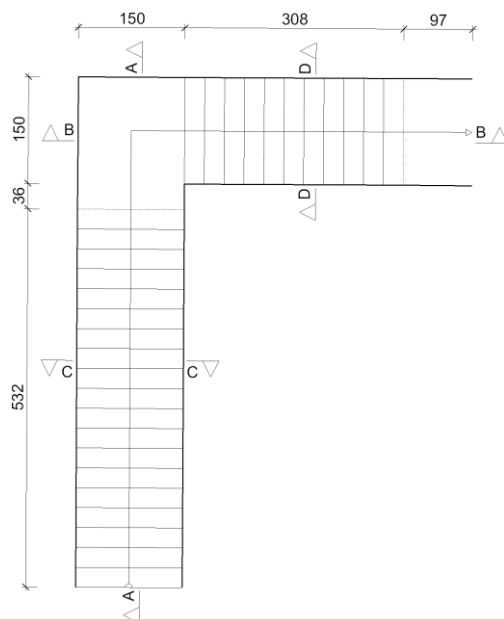


Figura 89 - Escada 1 (Fonte: Cypecad, 2015)

### Observações finais

O dimensionamento da estrutura metálica para o edifício em causa (Figura 90) reflete a vontade de encontrar uma solução que respeite a excecionalidade do edifício mas ao mesmo tempo uma execução perfeita dos trabalhos propostos considerando que a estrutura existente de madeira se encontra num estado de degradação bastante avançado. Considerando que o edifício nº 82 da rua Ferreira Borges se localiza na zona histórica da cidade do Porto (Ribeira) considerando a sua envolvente, deve-se referir que a estrutura metálica é a solução mais otimizada em termos estruturais devido ao pouco espaço em estaleiro e tempo de execução dos trabalhos.

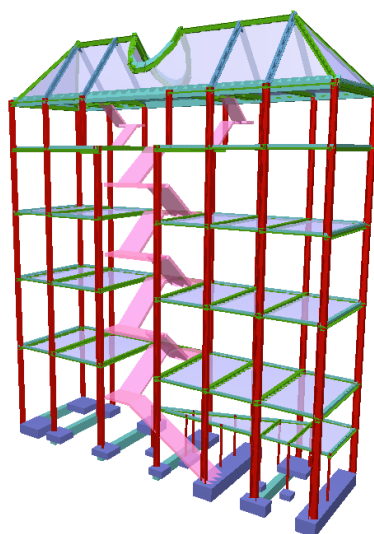


Figura 90 - Proposta estrutural (Cypecad, 2015)

## **Capítulo V - Conclusões Finais**

O presente trabalho pretende demonstrar de que forma as intervenções em edifícios antigos podem contribuir para o desenvolvimento dos centros urbanos através da utilização de meios institucionais a nível municipal. A presente dissertação centrou-se no âmbito da reabilitação urbana, especificamente no caso da cidade do Porto. A abordagem a este tema permitiu compreender de que forma se deu a evolução da construção civil no centro urbano da cidade do Porto através da existência de entidades impulsionadoras como a SRU – Porto Vivo.

Os edifícios tipo burgues da cidade do Porto são constituídos por diversos materiais característicos do século XVIII, que em alguns casos e passados muitos anos, ainda apresentam um bom estado de conservação, nomeadamente o granito utilizado em paredes de meação e fachadas, o que justifica a sua manutenção para continua utilização a nível estrutural. A madeira como material decorativo e estrutural já carece de uma manutenção distinta devido á sua composição estrutural, daí a realização de diversos ensaios que constatarem o seu estado de conservação.

Tendo por base a experiência profissional no âmbito da intervenção em edifícios antigos, pode-se concluir que o estudo a nível estrutural de um edifício antigo deve ser baseado pela elaboração de um relatório diagnóstico que caracterize o verdadeiro estado de conservação da estrutura existente, sendo que a partir desse mesmo documento sejam retiradas conclusões precisas das intervenções necessárias a realizar a nível estrutural. Conclusivamente para este tipo de intervenções, a estrutura metálica é o material mais indicado para a execução rápida e eficaz de uma estrutura no âmbito da intervenção em edifícios antigos.

## Referências Bibliográficas

- Aires, Bento (2009). *Estratégias de Reabilitação Urbana - Caso de Estudo: Bairro dos Ferreiros*. Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro - Escola de Ciência e Tecnologia;
- Appleton, Jorge (2003). *Reabilitação de Edifícios Antigos - Patologias e Tecnologias de Intervenção*. Porto, Edições Orion;
- Coias, Vítor (2006). *Inspeções e Ensaios na Reabilitação de Edifícios*. Lisboa, Editora IST Press;
- Euroconstruct. Disponível em [www.euroconstruct.org](http://www.euroconstruct.org). Consultado em 1/5/2015;
- INE – Instituto Nacional de Estatística. Disponível em [www.ine.pt](http://www.ine.pt). Consultado em 20/03/2015;
- IST – Instituto Superior Técnico. Disponível em [www.tecnico.ulisboa.pt](http://www.tecnico.ulisboa.pt). Consultado em 17/04/2015;
- Mascarenhas, Jorge (2012) – *Sistemas de Construção – XII. Reabilitação Urbana*. Lisboa, Livros Horizonte;
- Moreira, Marina (2009) – *Reabilitação de estruturas de madeira em edifícios antigos – Caso de estudo - Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil*. Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto;
- Pereira, Cátia (2013) - *Reabilitação de Edifícios “Gaioleiros”*. Lisboa, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

- Porto Vivo – Sociedade de Reabilitação Urbana. Disponível em [www.portovivosru.pt](http://www.portovivosru.pt). Consultado em 20/03/2015;
  
- Roque, João (2002) – *Reabilitação estrutural de paredes de alvenaria antiga*. Guimarães, Escola de Engenharia da Universidade do Minho;
  
- Santos, Beatriz (2013) - *A Reabilitação da “Casa” Burguesa Portuense - Os Processos Construtivos Tradicionais e a Regulamentação Atual*. Porto, Universidade Lusófona do Porto;
  
- Teixeira, Joaquim (2012). *Metodologia de Apoio ao Projeto de Reabilitação das Casas Burguesas do Porto - Conceitos e critérios definidores*. Porto, Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto;
  
- Universidade Fernando Pessoa – Faculdade de Ciências e Tecnologia. Disponível em [www.ufp.pt](http://www.ufp.pt). Consultado em 20/03/2015;

**Anexos**

Anexo A – Projeto de Arquitetura - Palacete da Baronesa, rua de Cedofeita nº 433, Porto

Anexo B - Projeto de Estabilidade - Palacete da Baronesa, rua de Cedofeita nº 433, Porto

Anexo C - Projeto de Arquitetura - Edifício nº 82 da rua de Ferreira Borges, Porto

Anexo D - Projeto de Estabilidade - Edifício nº 82 da rua de Ferreira Borges, Porto