

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS DA PRIMEIRA METADE DO SÉC. XX: DISCUSSÃO METODOLÓGICA

ESMERALDA MARIA DIAS DE CASTRO PAUPÉRIO VILA POUÇA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM ESTRUTURAS

Orientador: Professor Doutor Xavier das Neves Romão

JULHO DE 2015

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2014/2015

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2014/2015 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015.*

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

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Deus está nos detalhes

Mies van der Rohe

Agradecimentos

Ao meu orientador, Xavier Romão, por toda a paciência, estímulo, confiança e pelas frutuosas discussões;

Ao Aníbal Costa e António Arêde pela oportunidade que me deram de integrar o Núcleo de Reabilitação do IC-FEUP e da confiança que em mim depositaram, a qual me permitiu coordenar os trabalhos que deram origem aos dois casos de estudo aqui apresentados;

A todos os que desde o ano 2000 foram colaboradores no IC-FEUP e me ajudaram a crescer, em particular à equipa envolvida no trabalho de inspeção do Mercado do Bolhão e na obra do Teatro Nacional São João: Ana Gomes, Alexandre Costa, André Monteiro, Bruno Quelhas, Catarina Costa, Diogo Coutinho, Filipe Neves, João Milheiro, Ricardo Santos, Tiago Ilharco e Valter Lopes;

À restante equipa da FEUP com quem trabalhei no Mercado do Bolhão: António Topa Gomes, António Viana da Fonseca, João Miranda Guedes, Miguel Castro e Nelson Vila Pouca;

Aos colaboradores do LESE-FEUP Valdemar Luís, André Martins, Luís Noites e Nuno Pinto por todo o apoio prestado aos trabalhos do IC-FEUP;

Aos colaboradores do IC-FEUP que logisticamente apoiam todos os trabalhos Maria de Lurdes e Maria Amélia e em particular ao Manuel Carvalho pela sua dedicação ao apoio técnico na execução dos desenhos e imagem gráfica dos relatórios do IC-FEUP;

À Ana Luísa Velosa da Universidade de Aveiro, pela sua disponibilidade e companheirismo ao longo da obra do Teatro Nacional São João;

À Paula Araújo da Silva e aos técnicos da Direção Regional da Cultura do Norte por toda a amizade e conhecimentos trocados ao longo dos muitos anos de trabalho em conjunto;

À minha família que me permitiu, desde sempre, dispor do tempo necessário para todos os trabalhos e desafios da profissão.

Resumo

A noção de património tem vindo a alargar-se, integrando “novos patrimónios” como, por exemplo, as construções do final do século XIX e início do século XX, o conjunto patrimonial mais jovem da história, pouco valorizado e pouco conhecido. Associado ao surgimento de novos materiais e dos avanços tecnológicos, o património cultural desta época que deverá ser protegido representa ainda a imensa obra pública, a funcionalidade das construções e o cariz social da evolução construtiva. À Teoria da Conservação competirá agora enquadrar a definição de linhas de orientação que permitam estabelecer critérios para a identificação, proteção e intervenção deste património.

Neste contexto, a dissertação irá apresentar dois casos de estudo correspondentes a dois edifícios do início do século XX, emblemáticos para a cidade do Porto, em que serão abordadas várias questões associadas à sua preservação, conservação e reabilitação. Os dois casos são a inspeção estrutural do Mercado do Bolhão e as obras de conservação das fachadas do Teatro Nacional de São João, trabalhos efetuados pelo Instituto da Construção da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. A análise apresentada no caso do Mercado do Bolhão irá discutir a importância da informação obtida através das inspeções estruturais e o seu potencial contributo para a avaliação da segurança estrutural. No caso do Teatro Nacional de São João, a análise apresentada irá no sentido de discutir a abordagem à intervenção de conservação dos elementos escultóricos e decorativos em betão armado que compõem a fachada, elementos estes que se encontram degradados e têm autoria de escultor.

Apoiada nestes casos práticos, serão sintetizadas questões fundamentais, analisando-se e destacando-se alguns pontos que merecem uma reflexão adicional de modo a contribuir para a definição duma metodologia conceptualmente mais adequada para a conservação e reabilitação das construções em betão armado do final do século XIX e início do século XX.

Palavras-Chave: betão armado, século XIX-XX, conservação, reabilitação, elementos decorativos, inspeção.

Abstract

The concept of heritage is currently being extended in order to integrate "new heritages" such as, for example, constructions from the late nineteenth century and from the early twentieth century, the youngest heritage set in history, usually undervalued and less known. The cultural heritage of this period that needs to be protected, which is associated to the development of new materials and technological advances, also embodies the significant number of public constructions, the functionality of the constructions and the social nature of the evolution of the construction practice. The Conservation Theory now needs to establish guidelines that will allow the definition of criteria for the identification, protection and intervention of this heritage.

In this context, the dissertation will present two case studies corresponding to two buildings from the early twentieth century, symbols of the city of Porto, in which several issues related to the preservation, conservation and rehabilitation will be addressed. The two cases are the structural survey of the Bolhão Market and the conservation works of the façades of the National Theatre of St. John, both involving work carried out by the Institute of Construction of the Faculty of Engineering of the University of Porto. The analysis presented for the case of the Bolhão Market will discuss the importance of the information obtained from the survey inspections of the structure and its potential contribution to the assessment of structural safety. In the case of the National Theatre of St. John, the analysis will address the problems related to the conservation of the reinforced concrete sculptures and decorative elements of the façade that are severely degraded and have the signature of the sculptor.

Supported by the analysis of these case studies, fundamental questions will then be summarized. In order to provide additional inputs for the development of a conceptually more appropriate methodology for the conservation and rehabilitation of late nineteenth century and early twentieth century reinforced concrete constructions, several aspects will be analysed and highlighted for further consideration.

Keywords: reinforced concrete, XIXth-XXth century, conservation, rehabilitation, decorative elements, inspection.

Índice

1 Introdução	1.1
1.1 Enquadramento.....	1.1
1.2 Objetivos.....	1.2
1.3 Organização da dissertação.....	1.3
2 A intervenção no património cultural edificado à luz das cartas e convenções internacionais	2.1
2.1 Introdução.....	2.1
2.2 Cartas e Convenções Internacionais: um pouco de história.....	2.1
2.3 Cartas e Convenções Internacionais no contexto da reabilitação estrutural.....	2.2
2.3.1 Carta Internacional sobre a Conservação e Restauro dos Monumentos e Sítios – Carta de Veneza.....	2.4
2.3.2 Carta Europeia do Património Arquitetónico.....	2.4
2.3.3 Convenção para a Salvaguarda do Património Arquitetónico da Europa – Conselho da Europa, Granada, 3 de Outubro de 1985.....	2.6
2.3.4 Carta Internacional sobre a Salvaguarda das Cidades Históricas - Carta de Washington.....	2.6
2.3.5 Recomendação nº R (91) 13 do Comité de Ministros do Conselho da Europa sobre a Proteção do Património Arquitetónico do Século XX.....	2.6
2.3.6 Carta de Nara (1994).....	2.8
2.3.7 Princípios para a Conservação e o Restauro do Património Construído – Carta de Cracóvia.....	2.8
2.3.8 Recomendações para Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Património Arquitetónico.....	2.9
2.3.9 Critérios de Conservação do Património Arquitetónico do século XX - Documento de Madrid.....	2.10
2.4 Notas finais.....	2.10
3 A evolução do betão e do betão armado até ao início do séc. XX	3.1
3.1 Introdução.....	3.1
3.2 O betão.....	3.1

3.3 Do betão para o betão armado	3.4
3.3.1 <i>Cronologia</i>	3.5
3.3.2 <i>Das patentes para a regulamentação</i>	3.8
3.4 O aparecimento do betão armado em Portugal	3.10
3.5 O Movimento Moderno	3.13
3.6 Notas finais.....	3.14
4 Caso de estudo 1 – Mercado do Bolhão	4.1
4.1 Introdução	4.1
4.2 Descrição do Mercado do Bolhão	4.2
4.2.1 <i>Enquadramento histórico.....</i>	4.2
4.2.2 <i>Descrição arquitetónica</i>	4.3
4.3 Cronologia de intervenções e estudos anteriores	4.8
4.3.1 <i>Elementos do Arquivo Histórico Municipal do Porto</i>	4.8
4.3.2 <i>Elementos fornecidos pela CMP.....</i>	4.11
4.4 Descrição da estrutura	4.13
4.4.1 <i>Elementos existentes relativos à execução da obra.....</i>	4.13
4.4.2 <i>Definição estrutural geral</i>	4.17
4.5 Danos observados na estrutura	4.20
4.5.1 <i>Destacamento do betão de recobrimento e corrosão de armaduras.....</i>	4.20
4.5.2 <i>Deformação estrutural.....</i>	4.25
4.5.3 <i>Humidade.....</i>	4.27
4.6 Caracterização material, geométrica, mecânica e estrutural	4.28
4.6.1 <i>Deteção de armaduras em elementos de betão armado</i>	4.28
4.6.2 <i>Identificação do sistema construtivo</i>	4.28
4.6.3 <i>Utilização de pacómetro</i>	4.30
4.6.4 <i>Realização de sondagens pontuais</i>	4.32
4.6.5 <i>Avaliação da classe resistente do betão</i>	4.34

4.6.6	<i>Determinação da profundidade de carbonatação</i>	4.35
4.7	Avaliação Estrutural	4.36
4.8	Notas finais	4.40
5	Caso de estudo 2 – Fachadas do Teatro Nacional São João	5.1
5.1	Introdução	5.1
5.2	O Teatro Nacional de São João.....	5.1
5.3	Fachadas do Teatro Nacional de São João.....	5.3
5.3.1	<i>Descrição e localização dos diferentes tipos de elemento decorativo</i>	5.3
5.3.2	<i>Danos nas fachadas</i>	5.8
5.4	Metodologia de intervenção.....	5.13
5.5	Definição do índice de classificação da intervenção	5.18
5.5.1	<i>O índice de classificação da intervenção</i>	5.18
5.5.2	<i>Parâmetros auxiliares de caracterização dos elementos decorativos</i>	5.20
5.5.3	<i>Critérios de classificação da intervenção</i>	5.22
5.6	Aplicação do índice de classificação da intervenção.....	5.25
5.7	Notas finais.....	5.27
6	Interrogações finais	6.1
	Referências	R.1
	Anexo A Condições de execução da “Variante ao projecto aprovado em 10 de Novembro de 1910. Substituição das abobadas em alvenaria por beton de cimento armado”	A.1
	Anexo B Peças desenhadas	B.1

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento

Numa evolução dinâmica, a noção de património tem vindo a alargar-se, integrando novos critérios e conceitos, dando lugar ao que se pode designar de “novos patrimónios”. Integram-se nestes “novos patrimónios” as construções do século XX associadas ao início da utilização de novos materiais tais como o betão armado. De acordo com a Carta de Veneza (Lopes e Correia, 2014), “As obras modestas que com o tempo adquiriram um significado cultural são também monumentos históricos”. É neste contexto particular que devemos olhar para o abundante e diverso património construído do século XX que executa grande parte das nossas cidades e que até há pouco tempo era visto apenas como sendo composto por edifícios correntes (excetuando-se, naturalmente, algumas obras de arquitetos de nome reconhecido e as do período Moderno, entre as décadas de 1920 e 1970).

Particular relevância deve ainda ser dada às obras públicas que constituem uma parte fundamental do património construído do século XX. Este foi de facto um período de grande relevância para a obra pública, sendo a maior parte dela construída em betão armado e em ferro, materiais que transformaram as possibilidades da construção tal como até à época se conheciam. Para além de outros critérios, o valor patrimonial da obra pública deve ser baseado no seu valor social enquanto valor cultural. Atualmente, muita desta obra pública como hospitais, mercados, teatros, pontes, obras hidráulicas está atualmente sem uso, encontrando-se fortemente degradada e completamente desaproveitada do seu interesse cultural e territorial. Segundo Pravuhu (2003) citado por Larena et al. (2011), as obras públicas são as grandes desconhecidas de um património que, paradoxalmente e como o próprio nome refere, é mais público e coletivo do que qualquer outro património.

Assim, se a problemática da intervenção em património bem como as cartas e as recomendações internacionais foram sempre dedicadas ao património monumental e/ou vernacular e à sua envolvência, a problemática da reabilitação destes “novos patrimónios” começa a ter cada vez mais importância, sendo também alvo do pensamento crítico e tendo sido também já abordado por cartas e recomendações internacionais, e.g. o Documento de Madrid (ISC20C, 2011). Segundo Javier Garcia-Gutierrez Mosteiro (Mosteiro, 2011), a grande quantidade de construções do século XX deixa-nos a árdua tarefa de estabelecer critérios de caracterização e seleção, pois nem todas as construções podem ser objeto de igual proteção e conservação. Também a ampliação do tempo cronológico de

classificação e a rapidez com que se classificam edifícios recentes (e até de autores ainda vivos) deixa cair a questão do “valor da antiguidade”, um valor considerado até agora nos critérios de proteção. Se o valor da antiguidade de um monumento reside na percepção das marcas do tempo, num edifício da arquitetura do século XX não podemos aceitar essas marcas do tempo, pois nunca o conhecemos dessa forma. Geraldo Mingo (Mingo, 2011) deixa a questão: A Teoria da Conservação é agora diferente? Se alguns edifícios do século XX se converteram instantaneamente em ícones de uma determinada cidade, então todos os edifícios que compõem as cidades necessitam de uma reflexão em termos do seu valor cultural antes do processo de intervenção (de conservação ou de proteção). No caso dos edifícios do Movimento Moderno (de construção experimentalista), a intervenção poderá ser bastante mais polémica devido “ao génio criativo do autor” associado ao tipo de construção, vãos e esbelteza de secções. Numa alusão a Mies Van der Rohe, Geraldo Mingo volta a perguntar: Perderemos Deus se alterarmos os detalhes?

No que se refere ao caso particular das construções de betão armado, que no final do século XIX e início do século XX têm um carácter experimentalista, é necessário compreender a natureza do seu material: o betão armado.

O betão é um material composto, cuja matéria-prima são um ligante (um cimento), e um inerte (brita ou godo) aos quais se adiciona água para a mistura, e o betão armado é um betão ao qual se incorporam varões metálicos (vulgo armaduras) para se obter um melhor desempenho estrutural das construções. Atualmente as matérias-primas do betão armado (quer o ligante, quer o aço), por evolução tecnológica, têm vindo a ser sistematicamente alterados ao longo do tempo nas suas características mecânicas e materiais. Pode-se assim concluir que já não existem os materiais originais do betão armado do início do século XX e talvez nem de qualquer outra década desse século. E quanto ao sistema construtivo? Nem esse é o mesmo. Atualmente a construção em betão armado está regulamentada por regulamentos nacionais (ou europeus) não havendo lugar a recriações. As questões de segurança estrutural e de responsabilidade obrigam a que seja desta forma. Pode assim concluir-se que não há técnicas tradicionais de construção de betão armado, à semelhança das técnicas tradicionais existentes para a pedra ou a madeira, nem artesãos de betão armado. Em estruturas portantes de edificações, nem a regulamentação de segurança estrutural, nem a forma de executar, nem mesmo as matérias-primas são ou serão as mesmas.

1.2 Objetivos

Com a introdução de novos materiais na construção, os edifícios do início do século XX¹ pautam-se por uma diversidade construtiva experimentalista não só ao nível dos sistemas estruturais, mas também ao nível dos materiais utilizados. No início do século XX, era usual a utilização conjunta dos materiais

¹ A referência a edifícios do início do século XX ao longo da presente dissertação inclui naturalmente edifícios do final do século XIX com características construtivas semelhantes

ditos tradicionais (alvenarias e madeiras) com os materiais emergentes (o ferro e depois o aço e o betão armado) numa mesma construção. Até aos anos 50-60 do século XX, no Porto, era frequente os edifícios serem executados com paredes exteriores resistentes em alvenaria de pedra de granito, com os pilares interiores e a estrutura horizontal de pisos em betão armado e com as coberturas em estrutura de madeira. Em alguns casos, os pilares interiores eram executados em ferro fundido.

Associada a esta diversidade construtiva, existe ainda um outro aspeto de grande variabilidade nestas construções, especialmente nas do início do século XX, a qual está associada ao gosto decorativo e que aqui se designa por “fingimento das estruturas”. Estes “fingimentos das estruturas” não estão apenas associados ao fingimento de materiais (por exemplo estruturas de madeira cuja forma e revestimentos imitam estruturas de betão), mas também ao fingimento de secções resistentes (vigas e pilares com revestimentos em estafe ou estuques que induzem uma maior secção das peças). Se os fingimentos decorativos são fáceis de reconhecer para um conhecedor, a identificação do fingimento das estruturas requer, naturalmente, um estudo mais aprofundado do edifício. Considera-se, assim, que a problemática da conservação dos edifícios do início do século XX é particularmente complexa, quer na sua teorização, quer na sua aplicação em obra, e que para intervir e para conservar é preciso conhecer.

Neste contexto, a presente dissertação irá apresentar dois casos de estudo correspondentes a dois edifícios do início do século XX, emblemáticos para a cidade do Porto, em que serão abordadas várias questões associadas à sua preservação, conservação e reabilitação. Os dois casos de estudos analisados são o Mercado do Bolhão e o Teatro Nacional São João. A análise apresentada no caso do Mercado do Bolhão irá discutir a importância da informação obtida através das inspeções à estrutura e o seu contributo potencial para a avaliação da segurança estrutural. No caso do Teatro Nacional de São João, a análise apresentada irá no sentido da problemática associada à conservação dos elementos escultóricos e decorativos que compõem a fachada, elementos estes que, para além de estarem também fortemente degradados, têm a assinatura do escultor.

1.3 Organização da dissertação

A presente dissertação é composta por seis capítulos. O presente capítulo estabelece o enquadramento dos aspetos relacionados com a conservação e reabilitação das construções em betão armado do século XX que serão abordados na dissertação. O capítulo 2 analisa e discute os documentos e cartas internacionais considerados mais relevantes para a temática da conservação e reabilitação de construções em betão armado do século XX. O capítulo 3 apresenta uma breve nota histórica acerca da evolução e desenvolvimento do betão e do betão armado na construção até ao início do século XX com vista a enquadrar alguns aspetos dos casos de estudo a abordar. O capítulo 4 apresenta o primeiro caso de estudo que consiste no Mercado do Bolhão no Porto. Este capítulo irá abordar os procedimentos de inspeção que permitem obter informação acerca das estruturas portantes em betão. Adicionalmente, este capítulo irá ainda abordar a problemática da avaliação da segurança de estruturas deste tipo construídas no final do século XIX e no início do século XX no

contexto da sua reabilitação. O capítulo 5 apresenta o segundo caso de estudo que consiste na obra de reabilitação das fachadas do Teatro Nacional São João no Porto. Este capítulo aborda a problemática do planeamento de intervenções de reabilitação em elementos escultóricos de cimento armado sendo proposto um índice de intervenção que combina diferentes fatores presentes na intervenção realizada no Teatro Nacional São João e que funcionou como um auxiliar na tomada de decisão. Finalmente, o capítulo 6 sintetiza as questões fundamentais abordadas nos capítulos anteriores, analisando e destacando alguns pontos que merecem uma reflexão adicional de modo a estabelecer uma metodologia conceptualmente mais adequada para a conservação e reabilitação das construções em betão armado do século XX.

Capítulo 2

A intervenção no património cultural edificado à luz das cartas e convenções internacionais

2.1 Introdução

O presente capítulo tem como objetivo fazer uma breve introdução aos conteúdos teóricos e metodológicos das chamadas cartas e convenções internacionais sobre património cultural. Apesar de não terem um carácter normativo, estes documentos pretendem estabelecer uma linguagem uniformizada sobre práticas adequadas nas áreas da preservação e conservação do património cultural. Neste contexto, apresenta-se neste capítulo uma interpretação e um enquadramento de alguns documentos mais relevantes no âmbito da preservação das construções patrimoniais em betão armado.

2.2 Cartas e convenções internacionais: um pouco de história

As cartas e convenções internacionais referentes à intervenção no património cultural surgiram pela necessidade de existirem diretizes de âmbito internacional que estabelecessem os princípios fundamentais aos quais deveriam obedecer as intervenções em património cultural com vista à sua salvaguarda. Segundo Lopes e Correia (2014), as normas de âmbito internacional sobre o património arquitetónico e arqueológico, produzidas pela UNESCO, pelo Conselho da Europa e pelo International Council on Monuments and Sites (ICOMOS), podem agrupar-se da seguinte forma:

- Convenções, tratados ou pactos, aprovados pelos Estados (existem cerca de 15)
- Recomendações que definem princípios sem carácter vinculativo (existem cerca de 45)
- Resoluções do Conselho da Europa que, apesar de não terem carácter vinculativo, podem servir de modelo para a adoção de recomendações e de convenções (existem cerca de 20)
- Restantes documentos, como cartas, orientações, princípios e conclusões de encontros que definem princípios e conceitos sobre determinado assunto, e que não têm carácter vinculativo (existem cerca de 50)

O primeiro documento internacional exclusivamente dedicado ao património cultural é a Carta de Atenas de 1931 que aborda o restauro dos monumentos. Esta Carta foi redigida com base nas conclusões gerais da Conferência Internacional sobre a Proteção e a Conservação dos Monumentos de

Arte e de História que decorreu em Atenas em Outubro de 1931 e na qual participaram representantes de 24 países. Outra consequência desta conferência foi a criação, em 1933, da Comissão Internacional dos Monumentos Históricos que, apesar de ter deixado de existir durante a 2ª Guerra Mundial (1939-1945), pode, de certa forma, ser considerada como precursora do ICOMOS. É de salientar que em 1933 se realizou uma nova conferência em Atenas durante o qual foi elaborada a Carta de Atenas sobre o urbanismo moderno. Verifica-se então que existem 2 Cartas de Atenas que não devem ser confundidas: a de 1931 dedicada ao restauro de monumentos e a de 1933 dedicada ao urbanismo moderno.

A partir de 1948 surgem opiniões contrárias às práticas expeditas de restauro ou renovação surgidas no pós 2ª Guerra Mundial. O essencial da crítica de Cesari Brandi (1906-1988) às anteriores teorias da conservação centrou-se na sobrevalorização dos aspetos históricos relativamente aos aspetos artísticos presente nos documentos doutrinários da década de 30 do século XX. Segundo Brandi, esta sobrevalorização conduzia a práticas de natureza museológicas ou arqueológicas, o que poderia resultar na incapacidade de comunicar os valores estéticos necessários à interpretação do monumento enquanto “obra de arte” (Aguiar, 2002). A “*Teoria del Restauro*”, publicada por Cesari Brandi em 1963 e elaborada principalmente para as obras de arte, foi de tal modo abrangente que permitiu estender os seus postulados ao património edificado (arquitetónico e urbano). Segundo Brandi, perante uma obra de arte, o seu lado funcional não representa mais do que um lado concomitante ou secundário, face a outros aspetos tomados como primordiais, respeitantes a essa obra enquanto obra de arte (Aguiar, 2002.).

Após a 2ª Guerra Mundial, e na sequência da definição em 1954 da Convenção da Haia que resultou da iniciativa da Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO), esta privilegia a cooperação com entidades não-governamentais apoiando a criação de uma organização dedicada aos monumentos e sítios. Surge assim, em 1964, e durante o 2º congresso internacional de arquitetos e técnicos de monumentos históricos realizado em Veneza, a comissão provisória que um ano mais tarde cria oficialmente o ICOMOS. Neste congresso foi ainda aprovada a Carta Internacional sobre a Conservação e o Restauro de Monumentos e Sítios, mais conhecida como Carta de Veneza elaborada na linha do restauro crítico de Cesari Brandi. Tendo sido traduzida para dezenas de línguas, a Carta de Veneza mantém uma atualidade notável e é um dos mais importantes documentos doutrinários que serve de base à restante produção normativa do ICOMOS (Lopes e Correia, 2014).

2.3 Cartas e convenções internacionais no contexto da reabilitação estrutural

Apesar da reabilitação estrutural só ter sido abordada de forma explícita pela primeira vez na Carta de Cracóvia (2000) (Lopes e Correia (2014)), muitos dos conceitos e práticas para a conservação e restauro, aparentemente escritos no contexto da arquitetura e das artes decorativas, são aplicáveis aos elementos que executam as estruturas portantes dos edifícios. Para relembrar conceitos e princípios gerais de intervenção, apresenta-se, em seguida, uma breve referência às cartas e recomendações

internacionais cujo âmbito é dedicado ao património arquitetónico, pelo que, naturalmente, também o é para as estruturas portantes.

Salienta-se ainda que, na descrição que se segue, os termos reabilitação, conservação e restauro aparecem muitas vezes com o mesmo sentido quando aplicados às estruturas portantes, podendo dar a ideia de confusão de termos. Apesar dos termos conservação e restauro serem usualmente aplicados em intervenções arquitetónicas ou estilísticas, estes termos podem também ser aplicados em intervenções de índole estrutural, já que muitas vezes a arquitetura e a estrutura se fundem. Nas “Recomendações para a Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Património Arquitetónico” (ISCARSAH, 2003) encontram-se as seguintes definições:

Conservação – Operações que mantêm a construção tal como ela é hoje, ainda que intervenções limitadas sejam aceites para melhorar os níveis de segurança.

Reabilitação – Processo para adaptar uma construção a um novo uso ou função, sem alterar as partes da construção que são significativas para o seu valor histórico.

Restauro – Processo de recuperar a forma de uma construção de acordo com a imagem de determinado período de tempo com recurso à remoção de trabalhos adicionais ou substituição de trabalhos posteriores em falta.

Da definição dos dois primeiros termos, e cruzando-os com a definição de monumento (para o qual facilmente se reconhece que todas as partes são significativas para o seu valor histórico), pode-se concluir que conservação e reabilitação poderão ser o mesmo conceito. No entanto, a noção de restauro pode não ser consensual de acordo com as várias disciplinas implicadas nas questões do património. Segundo Jorge (2005), restauro significa restabelecer, regressar à situação primitiva ideal. Se este conceito ao nível dos restauros estilísticos ou até especificamente de repintes (em telas ou pinturas murais) pode ser aceite, ao nível do edificado pode ter leituras adversas. Se, para Brandi, numa pintura (restauro estilístico) o remover das partes acrescentadas pode ser aceite porque adulteram o objeto de arte em si (Aguiar, 2002), num edifício os acrescentos fazem parte da história do próprio edifício e a sua remoção poderá ser similar à remoção de parte da história desse mesmo edifício. Assim, no contexto das questões estruturais, irão usar-se os termos conservação e reabilitação, considerando-se que estes representam o mesmo conceito. O restauro é um conceito que tem evoluído ao longo dos tempos e que na Carta de Cracóvia aparece com um sentido mais lato: - “uma intervenção dirigida sobre um bem patrimonial, cujo objetivo é a conservação da sua autenticidade e a sua apropriação pela comunidade”.

Tal como referido, apresenta-se, em seguida, um enquadramento das cartas, convenções e recomendações internacionais que focam ou que diretamente se relacionam com as questões de intervenção estrutural. Os documentos abordados podem ser consultados em (Lopes e Correia, 2014) com a exceção da Recomendações para a Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Património Arquitetónico (ISCARSAH, 2003) e do Documento de Madrid (ISC20C, 2011).

2.3.1 *Carta Internacional sobre a Conservação e Restauro dos Monumentos e Sítios – Carta de Veneza*

Como já referido, esta carta foi elaborada em 1964 e é uma das mais importantes referências no domínio da recuperação e valorização do património, alargando a definição de monumento histórico dado que no artigo 1º desde logo considera que “As obras modestas que com o tempo adquiriram um significado cultural são também monumentos históricos.”

No artigo 2º, esta carta reconhece que “A conservação e restauro dos monumentos exige a colaboração de todas as ciências e de todas as técnicas que possam contribuir para o estudo e para a salvaguarda do património monumental”, considerando portanto que qualquer ação sobre os monumentos é multidisciplinar e abrindo portas à introdução de novas tecnologias. Esta mesma filosofia é reforçada no artigo 10º que refere que se “... as técnicas tradicionais se revelarem inadequadas, a consolidação de um monumento pode ser assegurada através do recurso a outras técnicas modernas de conservação e de construção, desde que a sua eficácia tenha sido comprovada por dados científicos e garantida experiência.” Por seu lado, o artigo 3º refere que “A conservação e o restauro dos monumentos visam salvaguardar, quer a obra de arte, quer o testemunho histórico”, podendo ser integrados neste contexto não só os elementos arquitetónicos e decorativos como testemunhos históricos de uma época, mas também os materiais e as técnicas construtivas utilizadas. O artigo 6º refere que um monumento é inseparável da história de que é testemunho e do meio em que está inserido pelo que se recusam as remoções de todo ou de parte do monumento exceto por exigências de conservação. No artigo 7º o restauro deve terminar no ponto em que as conjeturas comecem.

Ainda de acordo com a Carta de Veneza, a prática do restauro e a beneficiação corrente deverão adotar uma metodologia de intervenção essencialmente baseada na preservação do existente, adaptando-o a uma função útil à sociedade, sendo esta função um elemento fundamental para garantir a sua preservação. A noção de conservação de um monumento está associada à necessidade de manutenção permanente do mesmo, dos elementos que o constituem e dos que a ele estão associados. A carta estabelece ainda uma forte relação entre o monumento, a sua história e o local onde este está inserido, admitindo-se, no entanto, ser possível a deslocação de um monumento, no todo ou em parte, do seu local de origem para um outro local, por motivos de interesse nacional ou internacional.

2.3.2 *Carta Europeia do Património Arquitetónico*

Por iniciativa do Conselho da Europa, o ano de 1975 foi proclamado como o Ano Europeu do Património Arquitetónico. Neste âmbito, foram realizados esforços para criar uma visão comum nos vários países europeus e sensibilizar opiniões para os valores culturais, sociais e económicos dos monumentos, conjuntos e sítios, no meio urbano e rural, herdados do passado. Com este objetivo, o Conselho da Europa estabeleceu o texto da Carta Europeia do Património Arquitetónico que foi adotada pelo Comité de Ministros do Conselho da Europa e solenemente proclamada no Congresso sobre o Património Arquitetónico Europeu que teve lugar em Amsterdão em Outubro de 1975.

A Carta Europeia do Património Arquitectónico refere no seu artigo 1.º que o património arquitectónico europeu é formado não apenas pelos monumentos mais importantes mas também pelos conjuntos que constituem as cidades antigas e as aldeias com tradições no seu ambiente natural ou construído. A carta reconhece que, durante muito tempo, apenas se protegeram e restauraram os monumentos mais importantes sem ter em conta o seu enquadramento e constata que estes podem perder uma grande parte do seu carácter se esse enquadramento for alterado. Este documento reconhece assim a importância patrimonial dos conjuntos edificados e da sua conservação, mesmo na ausência de edifícios excepcionais, afirmando que o património arquitectónico testemunha a presença da história e a sua importância na nossa vida.

Esta carta apresenta vários pontos que referem a importância de uma visão integrada do processo de reabilitação de edifícios e cidades. Em particular, destacam-se os artigos 6.º, 7.º e 9.º que a seguir se referem. O artigo 6.º intitula-se “Este património está em perigo” onde é referido que “Ele está ameaçado pela ignorância, pela vetustez, pela degradação sob todas as suas formas, pelo abandono. Um certo urbanismo torna-se destruidor quando as autoridades são exageradamente sensíveis às pressões económicas e às exigências da circulação. A tecnologia contemporânea, mal aplicada, deteriora as estruturas antigas. Os restauros abusivos são nefastos. Finalmente e sobretudo, a especulação financeira e imobiliária tira partido de tudo e aniquila os melhores planos.” O artigo 7.º tem como título “A conservação integrada afasta as ameaças” e considera que “A conservação integrada é o resultado da ação conjugada de técnicas de restauro e da procura das funções apropriadas. A evolução histórica conduziu que os centros degradados das grandes cidades e ao mesmo tempo as aldeias abandonadas se tornassem reservas de alojamento barato. O seu restauro deve ser feito num espírito de justiça social e não deve ser acompanhado do êxodo de todos os habitantes de condição modesta. A conservação integrada deve ser, por conseguinte, um dos pressupostos importantes da planificação urbana e regional. Convém notar que esta conservação integrada não é exclusiva de toda a arquitetura contemporânea em conjuntos antigos, mas esta deverá ter em maior consideração o quadro existente, respeitar as proporções, a forma e a disposição dos volumes, bem como os materiais tradicionais.” Por fim, o artigo 9.º explicita que a participação de todos é indispensável ao sucesso da conservação integrada, referindo que “Se bem que o património arquitectónico seja propriedade de todos, cada uma das suas partes está à mercê de cada um. Aliás, cada geração não dispõe do património arquitectónico, senão a título transitório. Ela é responsável pela sua transmissão às gerações futuras. A informação do público deve ser tanto mais desenvolvida quanto os cidadãos têm o direito de participar nas decisões que dizem respeito ao seu quadro de vida.” A análise destes 3 artigos permite ainda observar que salientam a ideia de que o património é algo que não se possui, mas que se transmite. Para além de uma visão geral de cidade/património como uma mescla de pessoas de vários extratos sociais, faz-se uma chamada de atenção aos perigos inerentes à especulação imobiliária que, de certa forma, poderão vir a conduzir a restauros abusivos e, no limite, à própria destruição do património. Por fim, é também salientada a importância do conceito de

compatibilidade de técnicas e de funções (do que se tem e do que se pretende) e a importância do uso de materiais tradicionais.

2.3.3 Convenção para a Salvaguarda do Património Arquitetónico da Europa – Conselho da Europa, Granada, 3 de Outubro de 1985

Nesta Convenção, estabelecida pelo Conselho da Europa em Granada em Outubro de 1985, a definição de património arquitetónico integra os seguintes bens imóveis: Os monumentos, os conjuntos arquitetónicos e os sítios. Para além dos compromissos de inventariação, o documento torna explícito que cada estado membro deve impedir que os bens protegidos sejam desfigurados, degradados ou demolidos, criando mecanismos de controlo através de uma autoridade competente à qual sejam submetidos projetos de intervenções que afetem o património arquitetónico, tal como definido. Simultaneamente, este controlo das intervenções deverá avaliar a interferência no meio ambiente. Além destes aspetos, através deste documento, os estados membros comprometem-se a garantir a punição das infrações que afetem o património arquitetónico, a valorizar a conservação do património arquitetónico junto da opinião pública e a promover com ações de formação as diversas profissões e ofícios que contribuem para a conservação do património arquitetónico.

2.3.4 Carta Internacional sobre a Salvaguarda das Cidades Históricas - Carta de Washington

Esta Carta, estabelecida em 1987, salienta a necessidade da salvaguarda dos conjuntos históricos, a qual deve ser precedida de estudos pluridisciplinares e, para ser eficaz, ser enquadrada com políticas sociais e económicas. Este documento refere ainda que os valores a preservar incluem a definição urbana, a relação entre os diferentes espaços urbanos, a forma e o aspeto dos edifícios e as diferentes funções que uma cidade pode ter. Relativamente à forma e ao aspeto dos edifícios, é explicitamente referida a necessidade de preservar os aspetos exterior e interior que são definidos pelo volume, estilo, escala, materiais, cor e decoração, sendo também reconhecida a importância da manutenção permanente na conservação dos conjuntos urbanos históricos.

No caso de haver a necessidade de transformações em edifícios ou de construções novas, deve-se atender à organização espacial existente, respeitando-se a qualidade e o valor das construções existentes, a escala, a dimensão e forma do lote. Salienta-se ainda que, no contexto desta carta, é aceite que “a introdução de elementos contemporâneos, desde que não prejudique a harmonia do conjunto, pode contribuir para a valorização de um conjunto urbano histórico”.

2.3.5 Recomendação nº R (91) 13 do Comité de Ministros do Conselho da Europa sobre a Proteção do Património Arquitetónico do Século XX

Este documento, adotado pelo Comité dos Ministros do Conselho da Europa em Setembro de 1991, é o primeiro a reconhecer que a arquitetura do século XX é uma parte integrante do património histórico da Europa e que a preservação e valorização dos seus elementos mais significativos prosseguem os

mesmos objetivos e princípios da conservação do património arquitetónico como um todo. Esta recomendação salienta que a falta de interesse na conservação deste património poderá levar a perdas irreparáveis e à privação deste período às gerações futuras. O documento recomenda assim os governos dos estados membros a desenvolverem estratégias para a identificação, estudo, proteção, conservação, restauro e consciencialização pública da arquitetura do século XX.

Uma das questões importantes colocadas neste documento é a definição de critérios para a identificação do património do século XX. Desde o final do século XIX, a arquitetura e o planeamento urbano sofreram profundas alterações devido à industrialização, à introdução de novos materiais, à transformação das técnicas de construção e aos novos usos. Esta tendência foi ganhando espaço com o progresso tecnológico tendo como principal finalidade a de atender às necessidades da sociedade contemporânea.

Os edifícios do século XX são em número elevado, possuem características variáveis e refletem simultaneamente os valores tradicionais e modernistas. Com a exceção do trabalho de arquitetos de renome, os edifícios do século XX, de uma forma geral, não são reconhecidos como tendo um valor patrimonial necessário para incentivar um melhor conhecimento e compreensão deste património. Face ao grande número de construções desta época, será necessário definir critérios de seleção que, entre outros, tenham em consideração os seguintes aspetos:

- O valor da variabilidade de estilos, tipos e processos construtivos das construções do século XX
- A necessidade de se protegerem não só as obras dos arquitetos famosos num determinado período ou estilo de arquitetura, mas também de exemplos menos conhecidos com importância para a arquitetura e a história desse período
- A importância de incluir entre os fatores de seleção, não só os aspetos estéticos, mas também a contribuição em termos de história da tecnologia e do desenvolvimento político, cultural, económico e social
- A necessidade de alargar a proteção aos elementos decorativos exteriores e interiores, bem como aos acessórios e ao mobiliário que são projetados ao mesmo tempo que a arquitetura e dão significado ao trabalho criativo do arquiteto

Este documento refere ainda a degradação física dos edifícios causada pela poluição atmosférica e o envelhecimento dos materiais, considerando fundamental a sua conservação e restauro. No contexto deste documento, considera-se importante:

- Promover estudos científicos, teóricos e práticos dos processos de construção, conservação e restauro destas estruturas e correspondentes artes decorativas
- Respeitar os mesmos princípios fundamentais que são aplicados aos outros elementos do património arquitetónico em ações de conservação e restauro

- Criar um registo completo e cuidadoso das observações feitas e as medidas tomadas no contexto de conservação

2.3.6 *Carta de Nara (1994)*

Segundo os subscritores da Carta de Nara sobre a autenticidade do património, este documento está concebido no espírito da Carta de Veneza de 1964, acrescentando-a e aumentando-a de modo a dar resposta às preocupações e aos interesses do património cultural no mundo contemporâneo. Amplia o significado da autenticidade à questão da diversidade cultural contemplando aspetos como o contexto cultural, a forma e o desenho, o uso e funções, as tradições e técnicas, sendo de grande importância e influência no pensar a conservação da arquitetura moderna.

Este documento sublinha assim um princípio fundamental da UNESCO que considera que o património cultural de cada um de nós é o património de todos nós. Esta carta considera então que a responsabilidade pelo património cultural e pela sua gestão pertence, em primeiro lugar, à comunidade cultural que o gerou e a cujo cuidado ficou. Dependendo da natureza do património cultural, do seu contexto cultural e da sua evolução através do tempo, as questões de autenticidade podem estar ligadas ao valor de uma grande variedade de fontes de informação.

2.3.7 *Princípios para a Conservação e o Restauro do Património Construído – Carta de Cracóvia*

Nesta carta elaborada em 2000, considera-se que a conservação pode ser realizada mediante diferentes tipos de intervenções, tais como o controlo do meio ambiental, a manutenção, a reparação, o restauro, a renovação e a reabilitação. Salienta que a manutenção e a reparação constituem uma parte fundamental do processo de conservação do património e que estas ações exigem análises prévias, ensaios, inspeções, monitorizações, acompanhamento dos trabalhos e do seu comportamento após uma intervenção. Este documento salienta ainda a importância da identificação dos riscos de degradação do património, de forma a permitir a adoção de medidas de manutenção preventiva. Segundo este documento, a conservação do património construído deverá ser executada de acordo com um projeto de restauro multidisciplinar que deverá ser elaborado após o conhecimento do edifício e do sítio onde este se integra. Neste conhecimento incluiu-se o estudo dos materiais tradicionais ou novos, o estudo estrutural, análises gráficas e dimensionais e a identificação dos significados histórico, artístico e sociocultural.

Esta carta chama ainda a atenção sobre os diferentes tipos de património construído, como a decoração arquitetónica, as esculturas e os elementos artísticos que integram o construído e cuja preservação deve estar incluída no projeto geral de restauro, respeitando as técnicas tradicionais da construção e a sua necessária integração como uma parte substancial do património construído. Ainda sobre o projeto de restauro, é referido que quaisquer novos materiais ou tecnologias devem ser rigorosamente testados, comparados e experimentados antes da respetiva aplicação, assegurando a compatibilidade com os materiais, as estruturas e os valores arquitetónicos existentes. Embora se

considere que a aplicação in-situ de novas tecnologias possa justificar-se para uma boa conservação dos materiais originais, aconselha-se a que seja controlado o seu comportamento ao longo do tempo e a possibilidade da sua eventual reversibilidade. A Carta reforça ainda a ideia de que se deve estimular o conhecimento dos materiais e técnicas tradicionais de construção, bem como a sua apropriada manutenção.

2.3.8 Recomendações para a Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Património Arquitetónico

Estes princípios estabelecidos em 2003 apresentam uma abordagem específica para os elementos estruturais, sendo por isso muito mais técnicos que teóricos, reforçando-se a ideia de que a conservação, o reforço e o restauro do património arquitetónico terão de ter uma abordagem multidisciplinar. Rejeita-se o “fachadismo” considerando que o valor do património arquitetónico não está só na sua aparência, e deseja-se a não remoção das estruturas interiores que são um produto único da tecnologia da construção específica de cada época e de cada cultura. Estes princípios salientam ainda as questões da segurança estrutural que terão de ser tidas em consideração nas alterações de uso ou de funções de um edifício.

Este documento recomenda a execução de estudos no edificado usando-se uma linguagem semelhante à usada na medicina: anamnese, diagnóstico, terapia e controlo, que correspondem respetivamente à análise de dados e de informação relevante, à individualização das causas dos danos e da degradação, à escolha das medidas curativas e ao controlo da eficiência das intervenções. Os princípios estabelecidos neste documento aceitam a realização de medidas urgentes e mais intrusivas sobre o edificado em situações extremas, como por exemplo pela ocorrência de um sismo, considerando, no entanto, que estas deverão, tanto quando possível, evitar alterar a estrutura de uma forma irreversível.

Salienta-se igualmente a necessidade de, na intervenção estrutural, identificar primeiro as causas dos danos e o nível de degradação, avaliando-se posteriormente o nível de segurança da estrutura. Neste contexto, chama-se a atenção que a aplicação da regulamentação em vigor para estruturas novas pode obrigar a intervenções excessivas recomendando-se, nestes casos estudos específicos tal como a monitorização do comportamento estrutural e a execução de ensaios que podem vir a justificar diferentes abordagens à avaliação da segurança estrutural. Finalmente, considera-se que cada intervenção deve ser proporcional aos objetivos de segurança estabelecidos, limitando assim a intervenção a um mínimo que garanta a segurança e a durabilidade da estrutura com a menor intrusão possível. A compatibilidade e a reversibilidade são conceitos que se mantêm para as estruturas que, sempre que possível, devem ser reparadas em vez de serem substituídas. Neste contexto, também as imperfeições e as alterações que se tornaram parte da história da estrutura devem ser mantidas se não comprometerem os requisitos de segurança.

2.3.9 Critérios de Conservação do Património Arquitetónico do século XX - Documento de Madrid

O Documento de Madrid definido em 2011 considera que o dever de conservar o património do século XX tem a mesma importância que a obrigação de conservar o património de outras épocas, sendo algum dele já irrecuperável por falta de apreciação e de manutenção. Trata-se de um património que está em risco e que é necessário entender, definir, interpretar e gerir de forma a poder transmiti-lo às gerações futuras. O seu significado cultural pode estar nos valores tangíveis, (tais como a localização, a qualidade estética, os sistemas de construção, as instalações, os materiais e a utilização) como nos valores intangíveis (como o valor histórico, social, científico, espiritual ou criativo), ou em ambos. Torna-se claro que terão de ser definidos critérios para a identificação e valorização do património do século XX. Deverão ainda ser utilizadas análises comparativas para estabelecer o seu significado cultural, ou seja, os bens terão de ser comparativamente identificados e avaliados de forma a permitir uma análise e compreensão do seu significado relativo.

À semelhança do que já foi referido para o restante património, qualquer intervenção no património do século XX requer investigação, documentação e análise histórica prévia. É aceite que os edifícios evoluem com o tempo, que as alterações podem adquirir um significado cultural e que um mesmo bem pode requerer diferentes abordagens e diferentes métodos de conservação. A integridade do edificado não deve ser afetada por intervenções que o descaracterizem e a opinião do autor ou construtor (se ainda vivos) deve ser considerada quando considerada relevante. É preferível estabilizar, consolidar e conservar elementos significativos a substituí-los.

Este documento considera ainda importante a existência e aplicação de um plano de manutenção preventiva regular que deve ter em conta os princípios arquitetónicos e as tecnologias construtivas do século XX, admitindo-se que poderá ser necessário a realização de trabalhos de consolidação de emergência. Salienta-se a importância de desenvolver inventários do património arquitetónico do século XX, reconhecendo-se que os materiais e as técnicas construtivas deste século diferem frequentemente dos materiais tradicionais e métodos do passado. Consequentemente, é necessário investigar e desenvolver métodos de conservação adequados aos materiais e técnicas construtivas próprias do século XX. Finalmente, refere-se ainda que a aplicação dos regulamentos de segurança (ou de acessibilidade e conforto das construções) necessita de abordagens flexíveis que permitam a implementação de soluções de intervenção pouco intrusivas contribuindo assim para a conservação do património.

2.4 Notas finais

As cartas e recomendações internacionais vêm na sequência dos princípios consagrados na Carta de Veneza, ainda hoje um documento fundamental, e no restauro crítico da Teoria de Cesari Brandi. Princípios como o conhecimento do objeto, a intervenção mínima, a compatibilidade e a manutenção preventiva são princípios universalmente aceites e aplicados de forma geral a todas as intervenções.

Numa análise das cartas e convenções internacionais no contexto da reabilitação da estrutura portante, verifica-se que a preocupação do conhecimento científico tem vindo a crescer assim como a questão da sua valorização. A preocupação da preservação das construções do século XX, fruto da inovação tecnológica associada ao aparecimento de novos materiais, assim como das preocupações de cariz social, não podem ser vistas à luz de alguns dos referidos princípios como se irá discutir nos próximos capítulos. Lembra-se que para Brandi, o reconhecimento de uma obra de arte entra “(...) em consideração não só com a matéria de que a obra de arte depende, mas também com a bipolaridade (estética e histórica) com que a obra de arte se oferece à consciência”. A instância estética é a razão porque uma obra de arte é obra de arte e a instância histórica reflete a obra de arte enquanto produto humano de um tempo e de um espaço que num outro tempo se (re)encontra. Brandi considera assim que, nesse, ou para esse reconhecimento é desnecessário considerar o problema do uso ou da funcionalidade contrariamente ao que se considera agora para as construções do século XX. Segundo Monteros (2011), um dos principais objetivos da Teoria da Conservação deverá ser agora a definição de linhas orientadoras que permitam estabelecer critérios para a identificação, proteção e intervenção no património cultural do século XX. Neste sentido, salienta-se a Recomendação nº R (91) 13 do Comité de Ministros do Conselho da Europa que representa um documento pioneiro neste contexto ao apontar alguns dos fatores que devem ser tidos em conta na preservação do património arquitetónico do século XX. Mais recentemente, o Documento de Madrid surge como um documento de referência para as intervenções do património do século XX, tendo por base alguns dos princípios já consensuais estabelecidos em outros documentos doutrinários. Assim, para além dos já referidos valores estéticos e histórico-documental, outros valores determinantes na vida dos edifícios, tais como os valores económicos, os valores funcionais e os valores afetivos terão agora de ser tidos em conta (Zancheti, 2014).

Capítulo 3

A evolução do betão e do betão armado até ao início do séc. XX

3.1 Introdução

Com a emergência dos novos materiais no final do século XIX e início do século XX, transforma-se o saber-fazer da construção à medida que se misturam os materiais tradicionais com os novos materiais, alteram-se os tempos de construção e alteram-se as formas da arquitetura com a capacidade estrutural dos novos materiais. É esta evolução da prática de construir que integra as novas tecnologias que leva Le Corbusier (1887-1965) a definir a casa como “uma máquina de morar” (Le Corbusier, 1924). Le Corbusier estabelece que a casa deve combinar o tratamento escultórico das formas arquitetónicas com requisitos puramente funcionais, os quais podem ser alcançados através do desenvolvimento tecnológico ao nível dos materiais e das técnicas construtivas. Neste contexto, observa-se que o desenvolvimento do betão armado enquanto material construtivo teve um papel determinante tendo-se afirmado com Auguste Perret (1874-1954) (Tostões, 2004). Assim, o presente capítulo apresenta uma breve descrição da evolução histórica da utilização do betão armado na construção, sendo abordado o tema desde o aparecimento do betão até ao desenvolvimento dos sistemas construtivos em betão armado do início do século XX e a sua influência na evolução construtiva e arquitetónica.

3.2 O betão

O betão é um material compósito que forma uma pedra artificial. É obtido pela mistura de um ligante, (cal, cimento ou outros), com um material granular de diferentes tamanhos (agregados como a areia, brita) e água. Para além destes componentes básicos, pode também conter outros adjuvantes (e.g. cinzas volantes).

Em 1985 em Yiftah’el, no sul da Galileia, Israel, durante a construção duma estrada, foi encontrado um pavimento em betão, Figura 3.1, que foi datado de 7000 AC e que é o betão mais antigo encontrado até hoje (BCA, 1999). Este betão, que executa um piso de betão com 180 m², é composto por um ligante de cal com pedras. Um outro exemplo conhecido situa-se em Lepenski Vir, Jugoslávia, onde foram encontrados vestígios duma povoação datada de 5600 AC (BCA, 1999). As fundações das habitações eram constituídas por pavimentos em betão com cerca de 25cm de espessura, Figura 3.2. Este betão era composto por uma mistura de cal, argila e agregados.



Figura 3.1 – Pavimento em betão datado de 7000 AC em Yiftah'el, sul da Galileia, adaptado de (Wikipedia, 2015a).



Reconstruction of the roof structure of the buildings of Lepenski Vir I

Figura 3.2 – Vista de Lepenski Vir, Jugoslávia, adaptado de (Hitchcock, 2015) e reconstituição das suas habitações, adaptado de (Stanley, 1982).

O betão, já usado pelos gregos, foi amplamente usado e divulgado no Império Romano (BCA, 1999). Foi o material base de várias construções emblemáticas do império Romano como o Panteão de Roma, construído no ano de 125 ou o Aqueduto Pont du Gard em Nimes, construído no ano 150, Figura 3.3. Estas estruturas construídas em betão foram depois forradas a pedra. O Panteão de Roma, que foi construído durante o reinado do imperador Adriano, possui uma cúpula de 43m de diâmetro na base e 43m de altura (da base da cúpula ao óculo) e é único edifício construído na época greco-romana que, atualmente, se encontra em perfeito estado de conservação, Figura 3.4.



Figura 3.3 – Pont du Gard, Nimes, adaptado de (Wikipedia, 2015b).



Figura 3.4 – Panteão, Roma, adaptado de (ROSA, 2015).

Para os romanos, o betão foi um material revolucionário que permitiu estabelecer um novo estilo de construções, com estruturas mais complexas e de maiores dimensões. No seu Livro Dois dos Dez Livros da Arquitetura (Rua, 1998), Vitruvius fala nas vantagens das argamassas e do uso das pozolanas (cinzas vulcânicas da zona de Pozzuoli, próximo de Nápoles) referindo que “... produzem uma massa de tal maneira sólida, que as ondas do mar não conseguem quebrar nem dissolver.” Com a queda do Império Romano, perde-se o conhecimento desta tecnologia de construção que só volta a ser “redescoberta” em 1756 quando o engenheiro civil John Smeaton estuda as propriedades hidráulicas de diferentes ligantes (Heinemann, 2013). Na sequência duma viagem à Holanda onde realiza várias experiências sobre a utilização de tufos vulcânicos da região de Eifel para a construção de estruturas em zonas marítimas, é-lhe pedido para ser o responsável da reconstrução do farol de Eddystone na Inglaterra

(BCA, 1999). Este projeto é muitas vezes considerado como o ponto de partida da utilização e investigação dos ligantes hidráulicos modernos dado que foi a partir das várias experiências realizadas por Smeaton que o ligante hidráulico dos romanos foi “redescoberto” (Heinemann, 2013). No entanto só a partir das experiências de James Parker, um padre inglês, se descobre um tipo de calcário argiloso que, após ser queimado, permite obter um ligante hidráulico que mostrou ser de presa rápida, forte e durável (Mallinson and Davies, 1987). Em 1796, James Parker patenteou a sua descoberta com o nome de “Cimento Parker” mas, em 1798, passou a denominá-lo de cimento romano pois pensava ser este o tipo de ligante que os romanos usavam na Antiguidade (Hewlett, 2004).

Os termos “ligante hidráulico” ou “cal hidráulica” não foram usados por Smeaton ou pelos seus contemporâneos; em vez disso identificavam os ligantes que endureciam debaixo de água por “cal de água” (*water lime*) (Mallinson and Davies, 1987). A terminologia “cal hidráulica” foi introduzida por Louis Vicat, um engenheiro civil francês que dedicou a vida à pesquisa dos cimentos. Ao ser encarregue da construção da ponte de Souillac sobre o rio Dordogne (1812-1822), a complexidade da construção das fundações da obra levou-o a investigar a composição química de ligantes capazes de endurecer debaixo de água. No decorrer da sua investigação, Vicat também “redescobre” o efeito das cinzas pozzolânicas no betão e estabelece as suas propriedades químicas. Da sua investigação resultam a definição dum índice de hidraulicidade e de dois processos de produção de cal hidráulica artificial que envolvem a mistura de calcário e argila (Espion, 2010). Os resultados das suas pesquisas são publicados em 1818 (Vicat, 1818).

Em 1824, o construtor inglês Joseph Aspdin patenteou uma mistura (que descobriu empiricamente) de argila, calcário e água que formava uma pasta, a qual, depois de seca e cozida num forno de cal, era reduzida a pó. Este pó associado a água formava um ligante que depois de endurecido formava um material com cor, durabilidade e resistência parecidas com as rochas da ilha britânica de Portland. Joseph Aspdin reivindica que descobriu o cimento Portland em 1811 (antes do engenheiro Louis Vicat ter publicado os seus estudos), (BCA, 1999). Apesar da patente, o processo de fabrico do cimento de Joseph Aspdin é pouco explícito e a sua composição química continua a ser desconhecida. Em 1843, o filho de Joseph Aspdin, William, abre uma fábrica de cimento Portland cujo dono é J.M. Maude, Son & Co., e vai alterando (empiricamente) a composição e o fabrico do cimento do pai para melhorar as suas características resistentes. Em 1843, alguns resultados de ensaios de resistência indicam que o cimento de William é bastante mais resistente que a maioria dos cimentos romanos existentes no mercado (Mallinson and Davies, 1987).

Nessa mesma altura, Isaac Johnson, gestor da produtora de cimento romano White and Sons, tenta reproduzir e melhorar o cimento de William Aspdin e, em 1845, consegue criar um cimento Portland com propriedades melhores do que as do cimento de Aspdin e que envolve uma proporção mais adequada de argila e calcário, bem como uma temperatura de queima mais elevada (Kurdowski, 2014). As suas experiências para melhorar as suas características resistentes continuam no entanto e levam a que em 1872 estabeleça uma patente para um processo de fabrico muito próximo do atual.

O betão moderno difere do betão dos romanos em 2 aspetos fundamentais:

- A consistência da mistura é mais fluída e homogénea, o que permite que seja despejado em cofragens em vez de ser moldado à mão em camadas juntamente com a colocação dos agregados
- O ligante é artificial (cimento Portland) com uma composição e fabrico controlados, o que permite obter resistência mais elevada

3.3 Do betão para o betão armado

Com base nos registos encontrados, os romanos terão sido os primeiros a tentar o reforço do betão com elementos metálicos (Hornbostel, 1991; BCA, 1999). O reforço foi experimentado com elementos em bronze, não tendo, no entanto, tido sucesso dado que o coeficiente de expansão térmica do bronze é superior ao do betão: o bronze causava assim a fissuração do betão. Após o império romano e até ao século XIX não se encontraram registos de mais tentativas de reforço do betão.

Curiosamente, as primeiras experiências no século XIX que envolveram a combinação de betão com ferro não pretendiam melhorar o comportamento do betão, mas sim proteger as estruturas em ferro da corrosão e do fogo (Colby, 1909; Cusak, 1981). Numa outra vertente, a tecnologia do betão armado foi também sendo desenvolvida para reduzir a fragilidade do betão e não para aumentar a sua resistência. Essas experiências foram feitas em vasos, caixas, barcos por pessoas com formação muito variada que foram mostrando que se obtinha uma boa ligação material entre o betão e o ferro, formando assim um material monolítico (Cusak, 1981). Foi ainda neste cenário experimentalista que se veio a verificar que o betão e o ferro possuíam coeficientes de expansão térmica com valores muito próximos (Cimbéton, 2009), constatação que veio resolver as deficiências identificadas pelos romanos.

A maioria dos sistemas construtivos em betão armado que foram desenvolvidos ao longo da segunda metade do século XIX foram estudados e experimentados em Inglaterra, em França e até nos Estados Unidos da América. Observa-se que o desenvolvimento desses sistemas ocorreu quase em simultâneo e, aparentemente, sem haver trocas de informação entre os seus criadores (Cusak, 1981). Apesar destes desenvolvimentos ao nível da tecnologia do betão armado, a construção de edifícios neste novo material teve uma evolução lenta durante a maior parte do século XIX. No entanto, entre o final do século XIX e o início do século XX, a construção de edifícios em betão armado teve o seu expoente máximo com o Modernismo que explorou as potencialidades deste novo material de construção, conjugando a necessidade de vencer grandes vãos com a esbelteza dos elementos portantes, podendo-se assim caracterizar esta construção como tendo um cariz iminentemente experimentalista.

3.3.1 Cronologia

De forma a ilustrar brevemente a evolução do betão armado, apresenta-se em seguida uma cronologia que engloba os aspetos considerados mais relevantes com base nas recolhas de Christophe (1902), Jones (1913), Cusak (1981), BCA (1999) e Hellebois (2013).

- Em 1833, John Claudius Loudon, jardineiro e arquitecto inglês, publica um artigo na “Encyclopaedia of Cottage, Farm and Villa Architecture” em que afirma que uma grelha de barras de ferro poderia ser embebida em betão para criar um piso com resistência ao fogo.
- Entre 1829 e 1833, Henry Fox, um médico inglês, desenvolveu uma solução para pisos com resistência ao fogo que envolvia betão e vigas de ferro em T invertidas (Figura 3.5). Esta solução foi a primeira a ser usada no Reino Unido, tendo sido este o sistema construtivo usado para os pisos na construção do sanatório de Gloucestershire entre 1833 e 1834.

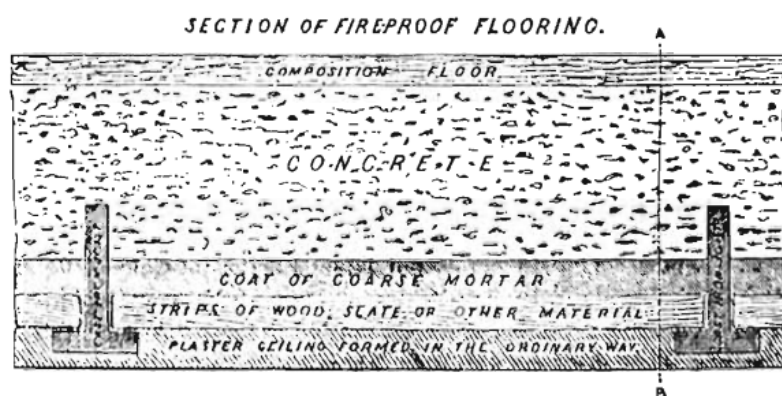


Figura 3.5 – Sistema estrutural para pisos com resistência ao fogo desenvolvido por Henry Fox, adaptado de (Hurst, 1999).

- Em 1845, Joseph Lambot, um agricultor francês, desenvolveu caixas e contentores para laranjas que usavam redes metálicas embebidas em betão (material ao qual deu o nome de ferrocimento). Em 1848 construiu um barco usando a mesma tecnologia (Figura 3.6). Este barco de ferrocimento é reconhecido por muitos como sendo a obra mais antiga em cimento armado.



Figura 3.6 – Barco de ferrocimento construído por Joseph Lambot, adaptado de (Wikipedia, 2015c).

- Em 1850, Joseph Monier, um jardineiro francês, construiu vasos para flores com malhas de ferro embebidas em betão, invenção que patenteou em 1867. Dando continuidade às suas experiências com este novo material, desenvolveu patentes para tubagens e tanques de água (1868), painéis para fachadas de edifícios (1869) e pontes (1873).
- Em 1853, Francois Coignet, um industrial francês, construiu a primeira casa de betão reforçado com ferro, sistema a que chamou *béton armé* (Figura 3.7). Usou barras de ferro nos pisos como tirantes que ligavam as paredes exteriores. Coignet também usou betão para realizar as cornijas e molduras de vãos da casa misturando betão com materiais pétreos menos nobres.



Figura 3.7 – Vista de 2010 da casa de betão reforçado com ferro construída por Francois Coignet, adaptado de (Wikipedia, 2015d).

- Em 1854, em Inglaterra, William Wilkinson patenteou um sistema construtivo para pisos em que o betão seria reforçado com barras de ferro e fio de arame (Figura 3.8). Wilkinson foi o primeiro a formular (empiricamente) que o ferro de reforço deveria ser colocado em zonas sujeitas a tensões de tração. Após a patente, Wilkinson constrói a primeira casa (uma habitação com dois pisos) com este sistema apenas em 1865.

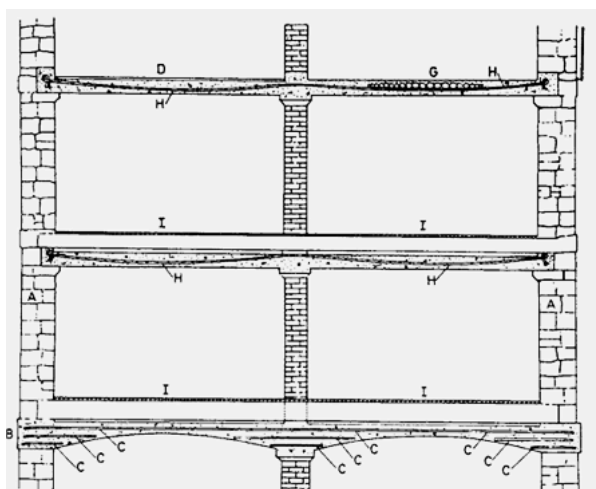


Figura 3.8 – Esquema do sistema construtivo desenvolvido por William Wilkinson, adaptado de (Barbisan e Gardin, 2008).

- François Coignet continuou a desenvolver o seu sistema construtivo e, em 1861, descreve no seu livro *Bétons agglomérés appliqués à l'art de construire* (Coignet, 1861) um método de combinar vigas de ferro em pisos de betão para aumentar o seu vão e garantir uma proteção ao fogo adequada. François Coignet continuou a desenvolver o seu sistema, sendo posteriormente sucedido pelo seu filho Edmond Coignet que estabelece patentes para diferentes tipos de elementos estruturais (Figura 3.9).

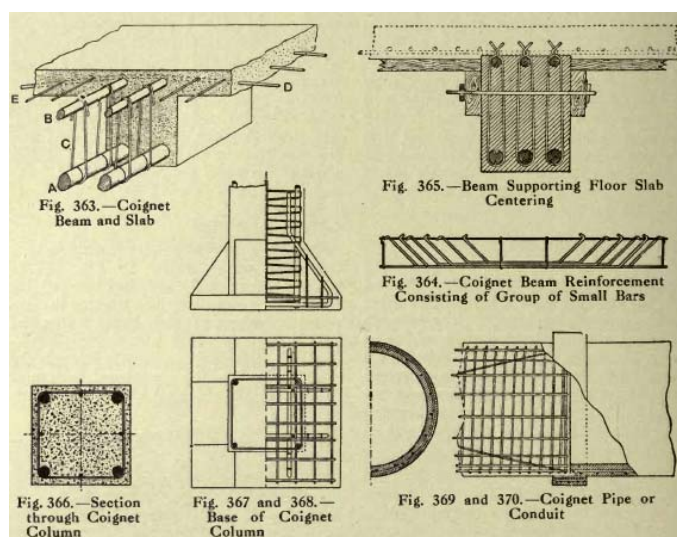


Figura 3.9 – Detalhes de vários elementos estruturais do sistema construtivo em betão armado desenvolvido por Edmond Coignet, adaptado de (Jones, 1913).

- Em 1875, Joseph Monier projeta a primeira ponte de betão reforçado com ferro construída no Castelo de Chazelet (Figura 3.10). Em 1878, Monier obtém uma patente para vigas em betão reforçado com ferro.



Figura 3.10 – Ponte do Castelo de Chazelet projetada por Joseph Monier, adaptado de (APB, 2015).

- Em 1879, o francês François Hennebique usa o betão numa casa na Bélgica para garantir resistência ao fogo. Ao longo dos 13 anos seguintes, ele realiza estudos para desenvolver um sistema construtivo completo (pilares, vigas, lajes, fundações) em betão armado, o qual é

patenteado em 1892 sendo um dos sistemas mais conhecidos e disseminado pelo mundo inteiro (Figura 3.11). O sucesso de François Hennebique esteve associado a uma conceção e preparação da execução das obras que permitia uma grande rapidez e qualidade da construção, com custos competitivos quando comparados com os obtidos para outros materiais. Em 1910 tem mais de 40 000 obras já realizadas no mundo entre edifícios, pontes, reservatórios e navios.

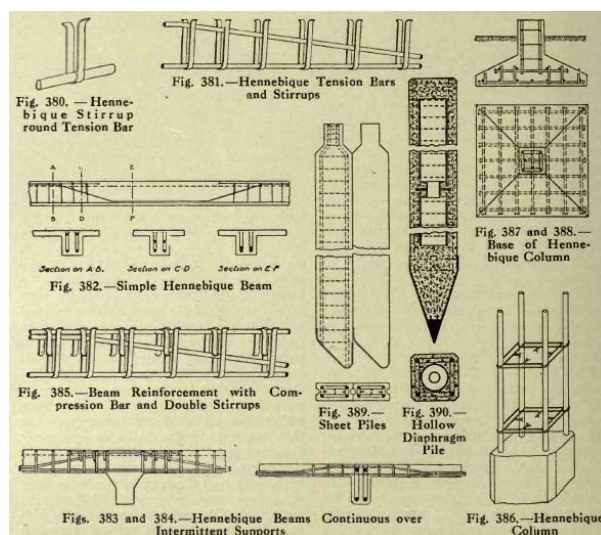


Figura 3.11 – Detalhes de vários elementos estruturais do sistema construtivo em betão armado desenvolvido por François Hennebique, adaptado de (Jones, 1913).

- Durante as últimas duas décadas do século XIX e a primeira década do século XX, um elevado número de sistemas construtivos em betão armado foi desenvolvido e patenteado em vários países. A título ilustrativo, salienta-se que Colby (1909) refere a existência de 144 sistemas construtivos diferentes patenteados em vários países europeus. Esses sistemas são originários da França, Inglaterra, Alemanha, Áustria, Hungria, Suíça, Itália, Holanda e Estado Unidos da América, Espanha e Noruega. As diferentes patentes destes sistemas construtivos indicavam a função de cada tipo de elemento, descreviam a localização e o tipo de armaduras (armadura superior, inferior; barras retilíneas, curvas) e, por vezes, também a justificação para determinadas configurações de armadura (para resistir a trações, esforço transversal, e outros).

3.3.2 Das patentes para a regulamentação

Os sistemas construtivos desenvolvidos no final do século XIX e no início do século XX foram criados antes de ser estabelecida a teoria formal do comportamento do betão armado. A verificação e validação do funcionamento destes sistemas construtivos era efetuada através de ensaios experimentais realizados pelos seus criadores (Bolle *et al.*, 2011). O dimensionamento baseava-se em fórmulas empíricas simplificadas, tabelas e regras práticas, as quais eram diferentes de sistema para sistema (Cimbéton, 2009). Estes sistemas eram assim baseados em hipóteses teóricas muito diferentes das que são consideradas hoje em dia no cálculo e dimensionamento de estruturas de betão armado.

É no entanto neste cenário em que a utilização do betão armado se encontrava em franca expansão que se verifica uma maior frequência de acidentes e colapsos. No rescaldo desses acidentes, a identificação das causas dos colapsos consistia no maior desafio. A importância da identificação dessas causas era salientada pelos próprios criadores dos sistemas construtivos, pois permitia-lhes melhorar os seus sistemas (Hellebois, 2013). No entanto, é possível identificar nesta época uma relação direta entre a ocorrência destes acidentes e o estudo teórico mais aprofundado do comportamento do betão armado (Hellebois, 2013). Com base no levantamento efetuado por Hellebois (2013), observa-se que os acidentes e colapsos ocorreram com todo o tipo de sistemas patenteados, sendo que mais de 50% se deram em edifícios de habitação, industriais ou públicos e que cerca de 60% tiveram como causa deficiências ao nível do dimensionamento da solução construtiva.

À medida que a ocorrência destes acidentes e colapsos se foi verificando, começa a surgir a necessidade de regulamentar a utilização do betão armado na construção. É no entanto o colapso da ponte pedonal *Globe Céleste*, projetada por Hennebique, no espaço da Exposição Universal de Paris de 1900 e enquanto ainda se encontrava em construção que faz com que se estabeleça ainda nesse ano a *Commission du Ciment Armé*, uma comissão francesa encarregue de definir uma norma para a construção em betão armado (Badin *et al.*, 2008; Hellebois, 2013). Na sequência do colapso dum edifício (curiosamente também projetado por Hennebique) em 1901 na cidade de Bâle, Suíça, também a Sociedade Privada de Engenheiros e Arquitetos Suíços (SIA) começa a desenvolver uma norma para a construção em betão armado (Badin *et al.*, 2008). O desenvolvimento dessa regulamentação apoiou-se na investigação teórica que vinha já a ser desenvolvida em vários países como a França, Suíça, Bélgica e Alemanha (Badin *et al.*, 2008; Cimbéton, 2009; Hellebois, 2013). Em 1906, a comissão francesa publica a “*Circulaire du 20 octobre 1906, concernant les instructions relatives à l'emploi du béton armé*” (Lévy, 1907) a que se pode chamar o primeiro regulamento de betão armado. Este documento foi traduzido para português e publicado em 1907 pela Revista de Obras Públicas e Minas da Associação Portuguesa dos Engenheiros Civis com o título “As Instruções Francesas para o Formigão Armado”, (ROPM, 1907), salientando-se que a tradução utilizou a designação espanhola de formigão para definir betão. A partir desta altura, a regulamentação da construção em betão armado começa a surgir em vários países da Europa. No caso de Portugal, em 1918 é aprovado o primeiro regulamento português no domínio do betão armado designado por “Instruções Regulamentares para o Emprego do Béton Armado” (IREBA, 1918) que teve como base as normas francesas de 1906. Em 1935, este regulamento é atualizado, surgindo então o Regulamento do Betão Armado (RBA, 1935) que viria a vigorar até 1967. Com a evolução do conhecimento teórico sobre o betão armado e o desenvolvimento de regulamentação que sustentasse a sua utilização na prática, observa-se a liberalização do uso do betão armado, que até então era “propriedade” dos criadores dos sistemas construtivos patenteados. Assim, o papel dominante dos sistemas construtivos patenteados na construção vai sendo gradualmente reduzido a partir da primeira década do século XX.

3.4 O aparecimento do betão armado em Portugal

A título complementar, apresentam-se em seguida umas breves referências a obras e casos particulares sobre as primeiras aplicações de betão armado em Portugal. Os exemplos mencionados dizem respeito a algumas construções consideradas como referências para o cenário nacional, sendo ainda abordadas outras aplicações de betão (e cimento) armado que surgem nesta época.

François Hennebique registou a patente do seu sistema construtivo em França em 1892 e a partir desse ano criou uma rede de concessionários em vários países. Em Portugal, a primeira patente do sistema Hennebique foi registada em 1895 através de Jacques Monet (Araújo, 2011; Tavares, 2011) que foi o primeiro concessionário em Portugal deste sistema. Em 1910, Hennebique possuía mais de 40000 obras espalhadas por todo o mundo.

Monet aparece ligado às primeiras obras em betão armado construídas em Portugal através da empresa de construção “Monet & Fils”. Em 1894 realizou trabalhos em Lisboa para a companhia do gás e para uma fábrica de óleos. Em 1897 Jacques Monet construiu o edifício Moagem do Caramujo (Figura 3.12a)) (Cova da Piedade 1898) considerado o primeiro edifício integralmente em betão armado em Portugal. Segundo Cerqueira (2009), dos engenheiros construtores radicados em Portugal nos finais do século XIX e no início do século XX, registam-se os nomes de Jacques Monet, Vieillard, Jean Ducasse, Touzet, Pierre Teissier e Jean Cassé. A ponte Luiz Bandeira sobre o rio Vouga em Sejães (1907) (Figura 3.12b)), que ficou submersa no último trimestre de 2014 aquando da construção da Barragem Ribeiradio-Ermida, foi construída com o sistema Hennebique pela empresa Moreira de Sá & Malevez que, à data, possuía a concessão deste sistema em Portugal. Com 44m de vão, a ponte foi executada em 3 meses e 4 dias contando com mulheres para transportar o betão para a obra (Figura 3.13) (Tavares, 2011).

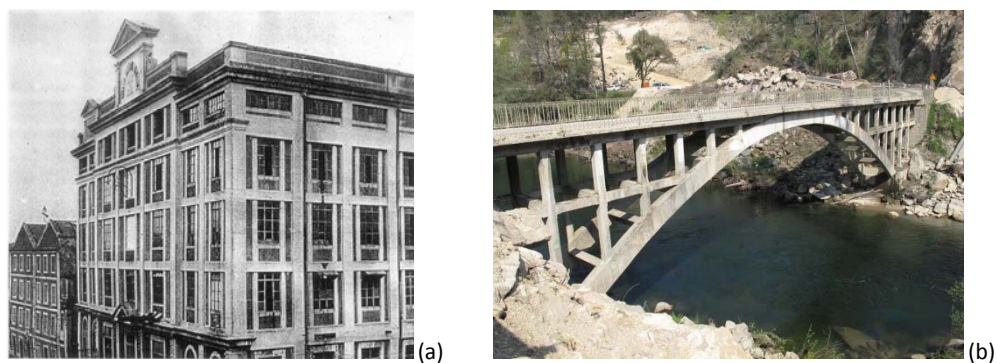


Figura 3.12 – Edifício Moagem do Caramujo, adaptado de (Appleton, 2011) (a), ponte Luiz Bandeira (b)



Figura 3.13 – Mulheres que trabalharam na construção da ponte Luiz Bandeira, adaptado de (Tavares, 2011)

Do que foi possível apurar, não existem registos significativos acerca da utilização em Portugal de outros sistemas construtivos que não o sistema Hennebique. No processo da construção do Lyceu Passos Manuel (Lisboa, 1908) foram analisadas e comparadas duas soluções em betão armado para o “Gymnásio e Laboratório Chimico” e para os pavimentos e tabiques no Lyceu Nacional Central de Lisboa (Appleton e Ribeiro, 2011). Estas soluções de projecto e construtivas foram pedidas à empresa de *betón de ciment armé* de Pierre Teissier e à empresa *Construções em béton de cimento armado “Systema Hennebique Priviligiado”* de Moreira de Sá & Malevez. Também as pesquisas feitas sobre a construção do Mercado do Bolhão no Arquivo Histórico do Município do Porto (Casa do Infante, no Porto) não permitiram encontrar elementos referentes ao projeto de estruturas do edifício ou à solução construtiva adotada. No entanto, foi encontrado o projeto em betão armado da solução alternativa à construção dos arcos em alvenaria de pedra sob a rua de Sá da Bandeira. Esta solução em betão armado é da responsabilidade da empresa construtora Jean Ducasse, com sede em Lisboa. Na proposta apresentada à Câmara do Porto, datada de 17 de outubro de 1911, o papel timbrado refere Jean Ducasse – Constructor - Sucessor de Pierre Teissier & de Jean Cassé (Figura 3.14). Segundo Santos (1996), que lista alguma da documentação existente no arquivo da casa Ducasse, existem neste arquivo diversos registos da obra dos Armazéns Nascimento no Porto (1914) bem como o contrato da sua construção utilizando o sistema Hennebique. Os Armazéns Nascimento, da autoria do ilustre arquiteto portuense Marques da Silva (1869-1947) que estudou na École des Beaux Arts de Paris, tinham uma arquitetura interior muito semelhante aos Grandes Armazéns de Paris (Figura 3.15) (FIMS, 2015a). O interior deste edifício foi completamente demolido para uma “remodelação” de espaços, tendo-se perdido um dos exemplos mais notáveis da arquitetura do início do século XX no Porto.

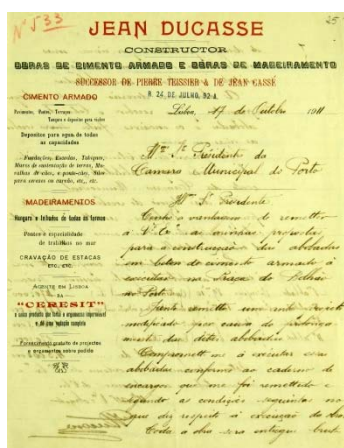


Figura 3.14 – Proposta de Jean Ducasse para a estrutura de betão armado sob a rua de Sá da Bandeira.



Figura 3.15 – Grandes Armazéns Nascimento, pormenor de interior, fotografia de Teófilo Rêgo, 1953 (FIMS, 2015a).

Associado à evolução dos processos construtivos em betão ou cimento armado, aparecem os elementos escultóricos também em cimento ou cimento armado a decorar os edifícios. Estes elementos encontram-se a encimar as construções, ou adossados a estas, e são executados muitas vezes de forma a fingir a pedra. O Teatro Nacional de São João no Porto, da autoria do arquiteto Marques da Silva e cuja construção foi iniciada em 1910, possui uma profusão de elementos decorativos ao estilo da École des Beaux Arts integralmente executados com argamassas de cimento. O mercado do Bolhão no Porto e as fachadas remanescentes dos antigos Armazéns Nascimento no Porto são outros exemplos de edifícios desta época que possuem elementos escultóricos em cimento armado (Figura 3.16).

Do ponto de vista artístico e com enquadramento urbano, é possível também encontrar esculturas em cimento ou em cimento armado. A título de exemplo, refere-se a escultura correspondente ao exame final do escultor Lagoa Henriques para a conclusão do Curso Superior de Escultura na Escola Superior de Belas Artes do Porto em 1954 e classificada com a nota de 20 valores (Figura 3.17). Esta escultura é executada em cimento armado policromado e encontrava-se até há pouco tempo nos jardins da agora Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto estando agora no seu interior.



Figura 3.16 – Elementos escultóricos: TNSJ (a), Mercado do Bolhão (b) e Armazéns Nascimento (c)



Figura 3.17 – Escultura de Lagoa Henriques (1954)

3.5 O Movimento Moderno

Apesar de não se pretender neste trabalho fazer uma análise detalhada da evolução da arquitetura com o betão armado, é necessário fazer uma breve referência ao Movimento Moderno que surgiu da evolução tecnológica da construção relacionada com a nova sociedade industrial (Tavares, 1997), muito ligada ao betão armado e à liberdade criativa que este material proporcionou aos arquitetos. A arquitetura do Movimento Moderno é caracterizada pelo racionalismo e funcionalidade levando ao minimalismo das formas, secções e à ausência de elementos decorativos. As construções apresentam como características comuns o uso de pilares para libertar os espaços, elementos divisórios separados da estrutura portante, fachadas rasgadas por grandes vãos e a integração da construção com o meio envolvente. A teorização do Movimento Moderno poderá ser sintetizada pela frase “Less is More” de Mies Van Der Rohe.

Apesar de se considerar que o ciclo modernista tem início cerca de 1910, é só a partir de meados dos anos 20 do século XX que este surge apoiado nas possibilidades estruturais e plásticas do betão armado (Tostões, 2004). No entanto, é sobretudo com a obra de Auguste Perret que o conceito de que o betão armado possui uma qualidade estética própria se afirma (Tostões, 2004). Os arquitetos descobrem,

assim, o betão armado depois dos engenheiros e Walter Gropius, Le Corbusier e Sigfried Giedion reconhecem e exaltam a "estética do engenheiro" (Tostões, 2004).

Quando Le Corbusier afirmou em 1923 que "a casa é uma máquina de habitar" reconheceu a sua admiração pela engenharia e a integração indispensável das novas tecnologias: a canalização, a eletricidade, o aquecimento, entre outros, levam a que os aparatos necessários a estes sistemas não só fiquem visíveis mas sobretudo sejam assumidos como protagonistas de uma estética moderna da construção (Tostões, 2004). Le Corbusier estabelece que a casa deve combinar o tratamento escultórico das formas arquitetónicas com requisitos puramente funcionais, os quais podem ser alcançados através do desenvolvimento tecnológico ao nível dos materiais e das técnicas construtivas (Figura 3.18). Neste contexto, observa-se que o desenvolvimento dos novos materiais, e particularmente do betão armado enquanto material construtivo, teve um papel determinante na integração da arquitetura no ciclo modernista. Assim, e de forma a garantir a estabilidade e durabilidade deste património, a sua reabilitação passa em grande parte pela reabilitação do betão armado.



Figura 3.18 –Villa Savoye – Le Corbusier (1928), adaptado de (Co'burn, 2015).

3.6 Notas finais

As construções do final do século XIX e do início do século XX possuem características que surgiram associadas ao aparecimento dos novos materiais (ferro, aço e betão) e de novas tecnologias, ao surgimento de preocupações sociais e à necessidade de conforto. Assim, para estas construções, a definição dos objetivos da conservação bem como o significado cultural de um sítio ou de um edifício terão de ser alterados e, necessariamente, de incluir as suas funções sociais e os avanços tecnológicos. Senão veja-se:

- Estas construções possuem um carácter experimentalista ligado à utilização dos diferentes sistemas patenteados da construção em betão armado e a uma grande variabilidade dos processos de construção, tendo-se assim diferentes formas de conceção e de execução para um mesmo tipo construtivo.
- Por outro lado, as características dos materiais (e.g. o tipo de cimento e de aço) e a forma de fazer são agora completamente diferentes das utilizadas nas primeiras construções de betão armado.

- Com o aparecimento e constante atualização da regulamentação técnica, as técnicas de cálculo e os procedimentos de execução foram-se alterando ao longo do século XX.

Assim, à construção de betão armado nunca poderão estar associados conceitos como o “*saber tradicional*” ou o “*saber-fazer*” geralmente associados a materiais e a técnicas de construção reconhecidos que podem ser replicados. Desta forma, na preservação destes edifícios, alguns dos conceitos como a autenticidade, a reversibilidade ou a pátina terão de ser alterados pois dificilmente podem ser aplicados às construções em betão armado tal como estão expressos em algumas das cartas e convenções internacionais. A autenticidade poderá ser então entendida pela preservação da intenção do projeto inicial, a qual pode ser garantida pela manutenção da forma, da funcionalidade e do seu cariz social (no caso de este existir) uma vez que, como já visto, nem o material, nem as técnicas de construção são passíveis de ser reproduzidos. Também a questão da valorização da pátina poderá não fazer sentido nos edifícios desta época pois o envelhecimento não faz parte da memória em edifícios recentes e porque em grande parte dos casos a pátina pode ser um indicador de um deficiente desempenho do material.

Adicionalmente, a avaliação da segurança estrutural toma particular importância na preservação destas construções, levantando outras questões uma vez que, de forma geral, possuem secções esbeltas associadas a vãos significativos. Este fator, associado à já referida diversidade construtiva destas estruturas, às dificuldades em obter informação acerca do funcionamento estrutural e do efetivamente construído, assim como a quantificação dos efeitos do envelhecimento e da degradação materiais, transformam-se em obstáculos para a validação da segurança estrutural de acordo com a regulamentação atualmente em vigor. Considera-se, assim, que a área da engenharia estrutural deverá ter um papel ativo na teoria do restauro da arquitetura desta época já que a segurança estrutural e a durabilidade das soluções adotadas serão as maiores condicionantes na preservação destes edifícios.

Capítulo 4

Caso de estudo 1 – Mercado do Bolhão

4.1 Introdução

O Mercado do Bolhão, construído na primeira década do século XX e classificado como imóvel de interesse público em setembro de 2013, encontra-se em franca degradação apesar de continuar a manter a função para o qual foi projetado e que era ser o principal mercado de frescos da cidade do Porto. Foram já efetuados vários projetos para a reabilitação deste edifício por iniciativa das diferentes presidências da Câmara Municipal do Porto (CMP) e de investidores privados, mas nenhum destes projetos foi levado avante até à presente data. O edifício evidenciou problemas de índole estrutural desde o início da sua construção, tendo sido pedidas algumas avaliações do estado estrutural de partes do edifício ao longo do tempo. Mais recentemente, e face a um eventual agravamento dos danos, foram solicitadas novas avaliações ao Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e posteriormente ao Instituto da Construção da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (IC-FEUP).

Em 2009, no âmbito de um projeto de requalificação para o edifício do Mercado do Bolhão da responsabilidade do Arquiteto João Carlos Santos da Direção Regional de Cultura do Norte (DRCN), foi solicitado ao IC-FEUP que efetuasse o levantamento estrutural do edifício assim como a caracterização material e o diagnóstico do estado da sua estrutura portante (Costa et al., 2009). Esta solicitação resultou do facto de não existirem elementos do projeto de estruturas do Mercado do Bolhão e ser necessário realizar uma avaliação da sua segurança estrutural face aos danos estruturais existentes em parte do edifício, a qual se encontrava escorada por recomendação do LNEC. Mais uma vez este projeto não foi levado avante e, como nota, refere-se que, atualmente, se encontra em curso a execução de um novo projeto de requalificação do edifício da autoria do Arquiteto Nuno Valentim, a pedido da nova presidência da CMP.

Com base neste caso prático, o presente capítulo irá discutir os procedimentos de inspeção e diagnóstico que permitem obter o conhecimento da estrutura construída assim como a caracterização mecânica dos materiais que a compõem. Este conhecimento é fundamental na decisão da intervenção de reabilitação pois permite traçar linhas orientadoras de possíveis formas de atuação no edifício tendo em consideração a segurança estrutural e o seu valor histórico e patrimonial. Assim, parte dos elementos técnicos que se apresentam no presente capítulo têm por base o relatório do IC-FEUP

(Costa et al., 2009). Adicionalmente, será abordada a problemática da avaliação da segurança de estruturas de betão armado construídas no final do século XIX e no início do século XX no contexto da sua reabilitação de acordo com as cartas e convenções internacionais, sendo analisadas as dificuldades em realizar esta avaliação da segurança.

4.2 Descrição do Mercado do Bolhão

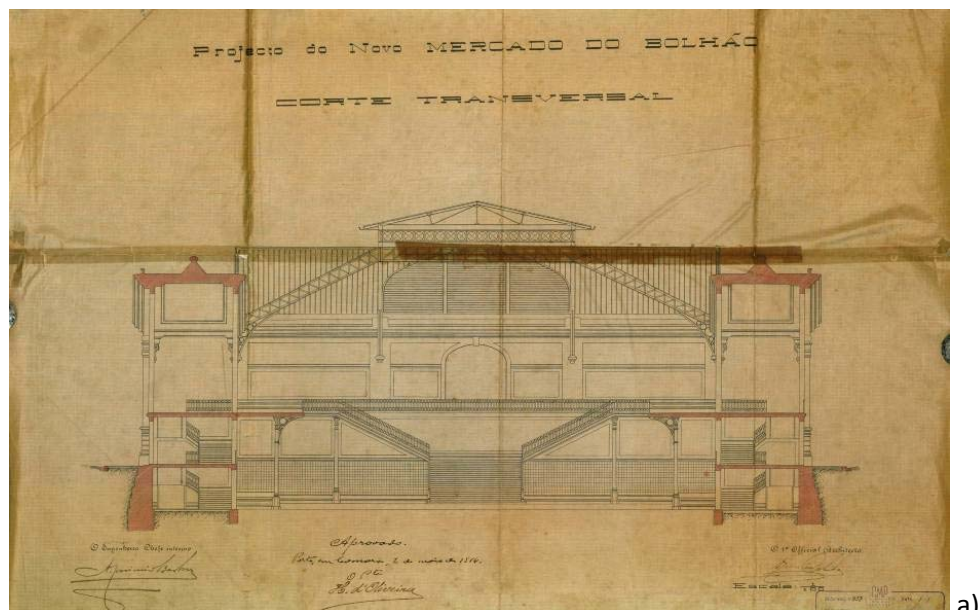
4.2.1 Enquadramento histórico

O Mercado do Bolhão, edifício de referência da cidade do Porto, constitui um paradigma da herança cultural arquitetónica e urbanística do século XX. Cem anos de vocação comercial inserem o edifício num conceito mais lato de património, muito além da conservação das suas características arquitetónicas originais, abrangendo principalmente a memória viva das práticas coletivas tradicionais e a sua função social enquanto obra pública. O Bolhão é um espaço de uso diário situado num dos mais importantes quarteirões de comércio da baixa portuense, sendo esta localização privilegiada fundamental para o significado e a importância que alcançou na cidade do Porto.

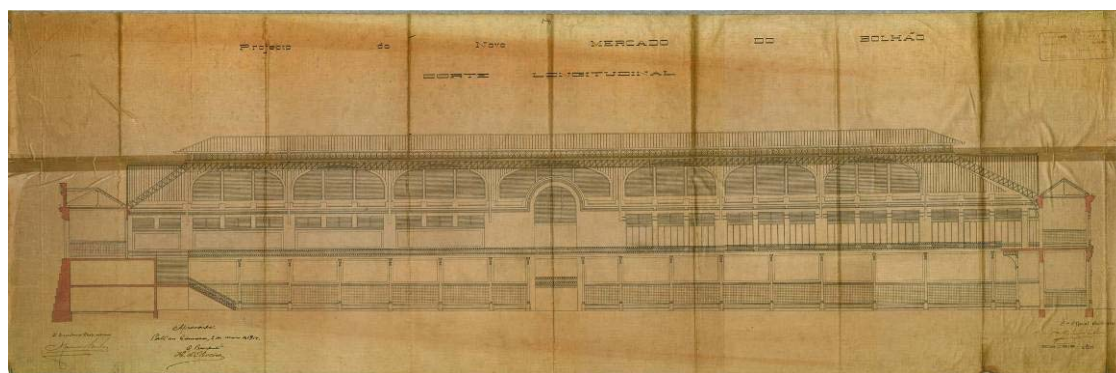
A origem do Mercado do Bolhão remonta a 1838, quando a CMP decidiu construir um mercado que funcionou ao ar livre até 1914 (Figura 4.1) num terreno onde existia um lameiro, atravessado por um regato que ali formava uma bolha de água e que deu origem ao nome “Bolhão”. Em plena Primeira Guerra Mundial, entre 1914 e 1917, primeiro pela mão do Engenheiro Xavier Esteves, figura de relevo nacional que foi vereador, presidente da CMP e ministro do Comércio e das Finanças do Governo de Sidónio Pais e depois pela mão do vereador Elísio de Melo (Ferreira, 2013), o mercado é transformado no edifício atual. Este projeto inovador do Arquiteto António Correia da Silva (Figura 4.2), com anteprojecto do Engenheiro Casimiro Barbosa, conjugou a utilização do betão armado com estrutura metálica, alvenaria de granito e coberturas em madeira. O projeto incluía ainda uma cobertura metálica da zona interior que não chegou a ser executada.



Figura 4.1 – Mercado do Bolhão até 1914 (Postal Ilustrado).



a)



b)

Figura 4.2 – Projeto do Mercado do Bolhão do Arquiteto Correia da Silva, 1914 - Arquivo Histórico Municipal do Porto, Guia 19/2003 nº 317: a) corte transversal; b) corte longitudinal.

4.2.2 Descrição arquitetónica

O edifício do Mercado do Bolhão ocupa um quarteirão definido pelas ruas Formosa, de Sá da Bandeira, Fernandes Tomás e Alexandre Braga, em plena baixa da cidade do Porto. A sua implantação adapta-se à topografia do local, condicionada pela diferença de cotas entre as ruas que o delimitam a Norte e a Sul (cerca de 6.0m) e pela conseqüente pendente das ruas a Nascente e Poente (Figura 4.3).



Figura 4.3 – Localização do edifício do Mercado do Bolhão (<http://www.bing.com/maps>).

O edifício apresenta dois pisos em altura, executados de forma a serem possíveis duas entradas de nível: uma à cota da Rua Formosa para o piso 0 (cota do terrado) e outra à cota da Rua Fernandes Tomás para o piso 1 (cota da galeria). Existem outras duas entradas pelas ruas de Sá da Bandeira e Alexandre Braga a um nível intermédio, permitindo o acesso por escadarias a ambos os pisos do mercado. Dada a inclinação das ruas, a cércea do edifício na fachada Sul é de cerca de 15m, sensivelmente o dobro da da fachada Norte, o que confere à primeira uma maior monumentalidade tornando-a na entrada principal do edifício (Figura 4.4). A encimar a entrada principal, encontra-se uma escultura personificando o comércio e a agricultura da autoria do escultor Bento Cândido da Silva (1895-1915). Esta escultura é executada em argamassa de cimento (Luxan et al., 1997).

O comércio associado ao edifício do mercado encontra-se articulado de duas formas: lojas abertas para o exterior das ruas envolventes seguindo a pendente das ruas; no interior, o mercado de frescos à cota do terrado (piso 0) com algumas lojas abertas para o interior à cota da galeria (piso 1). A diferença de cotas e a implantação do edifício levam a que existam lojas viradas para o interior apenas na parte Sul do piso 1, ficando a restante parte fechada por paredes cegas. Existem ainda zonas de apoio ao funcionamento do mercado, como os tanques da marmelada ou o matadouro, que se situam, respetivamente, nos criptopórticos sob a Rua de Sá da Bandeira e na zona em laje sob a Rua Fernandes Tomás.



a) Fachada Poente vista da Rua de Sá da Bandeira.



b) Entrada da Rua de Sá da Bandeira para o nível intermédio.



c) Torreão na esquina da Rua Formosa com a Rua Alexandre Braga.



d) Fachada Sul e entrada principal do edifício com escultura a encimar a entrada.



e) Fachada Nascente vista da Rua Alexandre Braga.



f) Esquina da Rua de Sá da Bandeira com a Rua Fernandes Tomás.

Figura 4.4 – Fachadas e envolvente do edifício do Mercado do Bolhão

Na Figura 4.5 e na Figura 4.6 apresentam-se as plantas de arquitetura da cota do terrado (piso 0) e da galeria (piso 1), indicando as dimensões globais do edifício e as suas zonas principais. As fotografias que se apresentam na Figura 4.7 ilustram o mercado à cota do terrado.

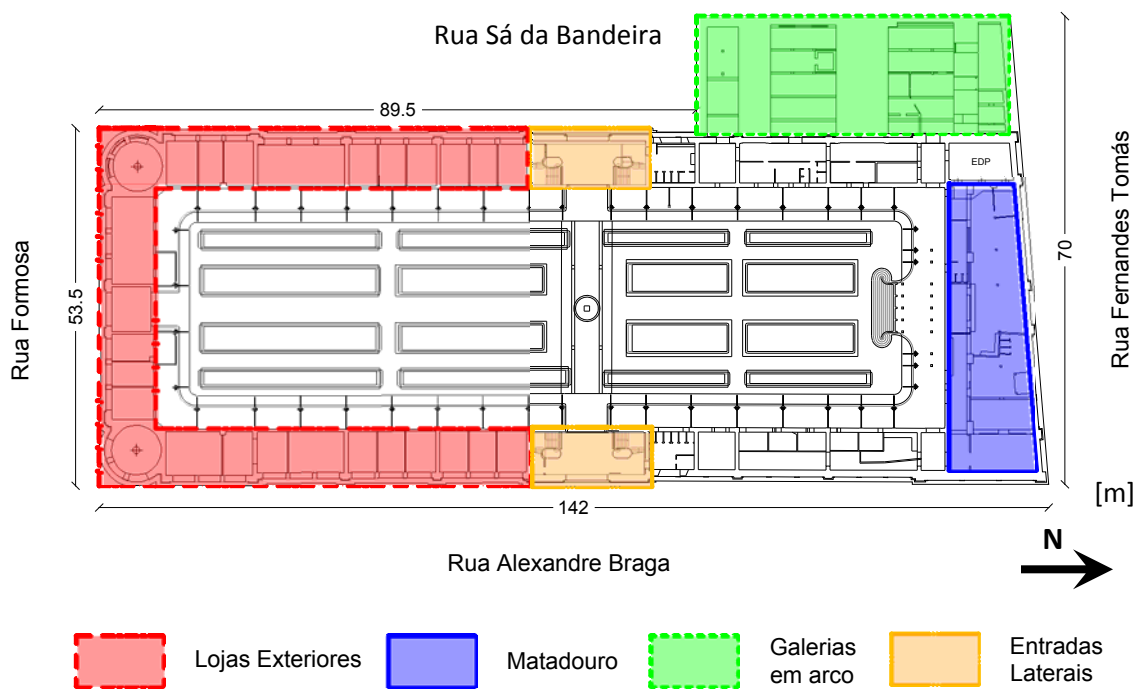


Figura 4.5 – Planta de arquitetura do piso 0.

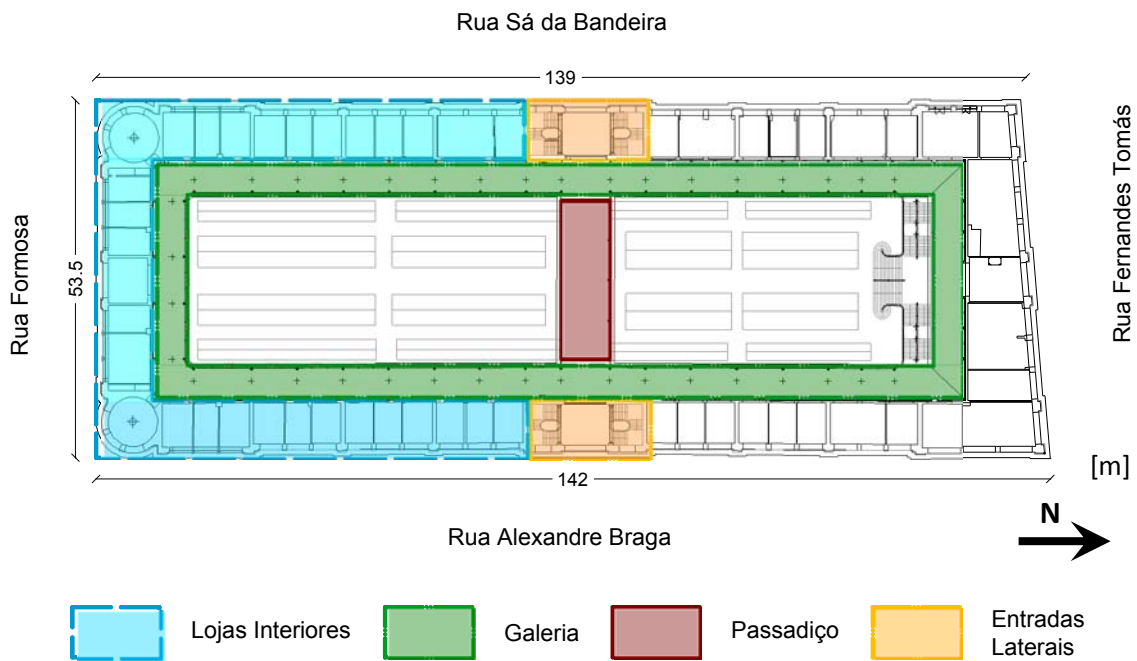


Figura 4.6 – Planta de arquitetura do piso 1.



a) Rua central vista da entrada Sul.



b) Fontanário.



c) Bancas de venda.



d) Vista inferior da galeria e rua lateral interior.



e) Zona do matadouro.



f) Criptopórticos em betão sob a Rua de Sá da Bandeira.

Figura 4.7 – Piso 0 do Mercado do Bolhão.

O piso 1 do mercado (Figura 4.8) é constituído por uma galeria coberta em todo o perímetro do edifício, com uma passagem transversal, alinhada com as entradas das ruas de Sá da Bandeira e Alexandre Braga, dividindo a galeria nas metades Norte e Sul. Esta passagem (Figura 4.8b) foi construída em 1938

para permitir uma melhor circulação entre as duas alas nascente e poente, justificada por um congestionamento de circulação nas galerias.



a) Zona Poente da galeria.



b) Passagem central ao nível da galeria.



c) Zona Norte da galeria vista do passadiço.



d) Galeria do piso 1.

Figura 4.8 – Piso 1 do Mercado do Bolhão.

4.3 Cronologia de intervenções e estudos anteriores

O Mercado do Bolhão, construído num local de recolhas de águas teve, desde o início, problemas de estabilidade estrutural, tendo sido objeto de inspeções e intervenções pontuais ao longo dos anos que visaram a manutenção da sua integridade estrutural. Apresenta-se, em seguida, uma cronologia dos elementos a que foi possível ter acesso sobre as questões de estabilidade estrutural do Mercado do Bolhão. Num primeiro ponto apresentam-se os elementos existentes no Arquivo Histórico Municipal do Porto e de seguida os elementos fornecidos pela CMP para o estudo do IC-FEUP (Costa et al., 2009).

4.3.1 Elementos do Arquivo Histórico Municipal do Porto

Aquando da construção, em 1938, do passadiço superior em betão entre as alas nascente e poente, da autoria do Engenheiro Correia de Araújo (Figura 4.9 e Figura 4.10), foi necessário recorrer à

utilização de estacaria de madeira nas fundações por impossibilidade de se executarem as fundações tal como estavam definidas em projeto. As fundações previstas eram constituídas por quatro sapatas nervuradas de betão armado, tendo sido necessário executar 17 estacas de madeira para cada uma das fundações dos quatro pilares, o que correspondeu a um total de 68 estacas. Além disso, foi ainda necessário desviar um coletor de águas pluviais profundo cuja existência era desconhecida dos projetistas (Ferreira, 2013).

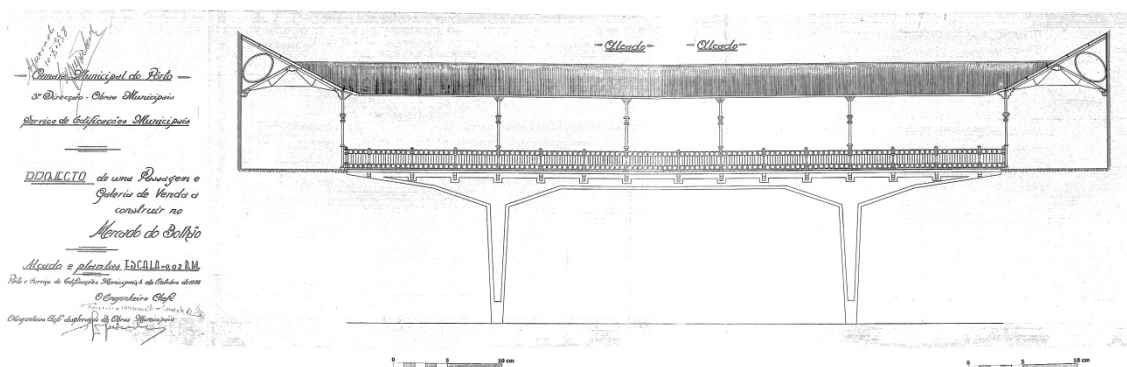


Figura 4.9 – Projeto de *Passagem e Galeria de Venda a construir no Mercado do Bolhão* (alçado) - Arquivo Histórico Municipal do Porto, Guia 19/2003, nº 316, rolo 2.

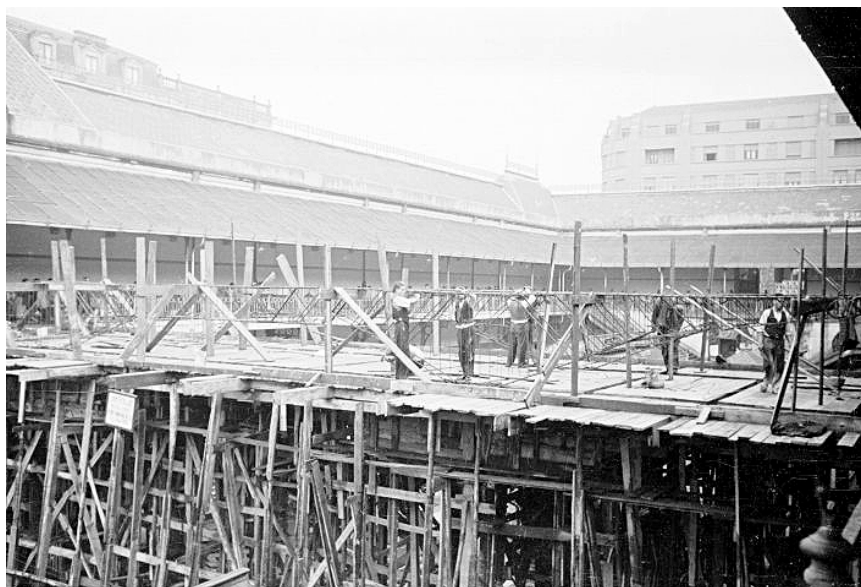


Figura 4.10 – Obras da execução do passadiço - Arquivo Histórico Municipal do Porto, Pasta F-02-GBB: 01-67/8.

Os problemas de estabilidade no Mercado do Bolhão continuaram e, em 1939, o diretor dos Serviços de Sanidade e Abastecimentos notifica os Serviços de Obras e Urbanizações que se sentiu uma forte explosão sob o pavimento do terrado, da qual resultou o seu aluimento. Esta notificação refere ainda que, como consequência desta ocorrência, uma das colunas inferiores de suporte da galeria abateu, o que levou à deformação da galeria assim como de duas das colunas de suporte da cobertura da galeria.

A inspeção decorrente deste acontecimento regista “(...) numerosas fendas em todo o edifício que atribuímos a abatimentos das fundações, os quais, na sua maior parte, devem ter-se produzido em largos anos e não prenunciam perigo iminente” (Ferreira, 2013). Na sequência da inspeção é recomendada a substituição das colunas de ferro existentes por outras em betão ou em aço laminado, aconselhando-se, no entanto, que seja feito o escoramento conveniente do local. Além disso, consideram também urgente vistoriar todos os ornamentos em cimento, “(...) substituindo-se aqueles que não fôrem aproveitáveis e segurando-se os restantes” (Ferreira, 2013). É ainda referido “(...) que alguns, pesando mais de 30 quilos, têm caído na via pública, com grave perigo para os transeuntes” (Ferreira, 2013). Desta descrição, entende-se que os referidos ornamentos em cimento seriam os cachorros (ou mísulas) que encimam a fachada junto à platibanda. Estes cachorros são fingidos e executados integralmente em argamassa, atingindo sensivelmente o peso referido, e estavam encaixados na parede através de dois espigões metálicos. Em data que não se consegue precisar, os referidos cachorros foram retirados e guardados no espólio da CMP.

Em 1943 é feita uma inspeção do edifício pelos engenheiros Avelino Monteiro de Andrade, Guilherme Bonfim Barreiros e Luís Carlos de Noronha e Távora, os quais elaboram novo parecer. Desta inspeção concluem que as colunas fraturadas não devem ser substituídas pois os trabalhos inerentes a esta substituição podem agravar as colunas adjacentes e provocar obras em cadeia “(...) resultando porém daí obra não só dispendiosa, mas sobretudo realizada de maneira pouco recomendável para a sua estabilidade, dada a necessária imperfeição das ligações dos diversos elementos da estrutura. Impõe-se, no entanto, desde já a renovação e ampliação do escoramento existente” (Ferreira, 2013). No mesmo parecer e sobre problemas de estabilidade nas lojas com entrada pela Rua Alexandre Braga nº 31 e Rua de Sá da Bandeira nº 345, foram identificados problemas de deformação nas vigas e fissuração em lajes. Segundo o parecer, é manifesto o risco de ruína nestas zonas e os problemas encontrados poderão ser comuns à totalidade dos corpos onde se situam as lojas vistoriadas, concluindo-se “(...) que só ensaios de carga a realizar em todos os pavimentos lhes permitirá tirar conclusões relativamente a todo o edifício.” (Ferreira, 2013).

Em 1946 foram realizados “diversos trabalhos de carácter experimental para a consolidação de um pequeno troço de galeria do Mercado do Bolhão” (Ferreira, 2013). O engenheiro chefe dos Serviços de Obras Municipais pede autorização para aplicar esta consolidação a todos os suportes fraturados evitando, assim, a sua demolição e reconstrução. Não se encontraram registos que refiram se estes trabalhos foram ou não executados. Em 1947, a CMP lança concurso para a substituição de todo o pavimento do terrado devido a inúmeros registos de aluimentos do pavimento, considerando-se que a betonilha está “em falso desde que foram feitas as obras de saneamento.” (Ferreira, 2013).

4.3.2 Elementos fornecidos pela CMP

Para a execução da inspeção e diagnóstico realizados pelo IC-FEUP (Costa et al., 2009), a CMP forneceu os seguintes elementos:

- *“Relatório de reconhecimento geotécnico”* – Relatório da Teixeira Duarte, SA (Outubro 1997). Deste relatório resultou que os pilares de ferro fundido, de secção oca e anteriormente designados por colunas de ferro, da zona sul fossem intervencionados na década de 1980 com a execução de mico-estacas nas suas fundações e enchimento de betão no seu interior.
- *“Restauración del Mercado do Bolhão do Porto (Portugal): Los materiales existentes y sus técnicas”* – Relatório do Instituto de Ciências de la Construcción Eduardo Torroja (Dezembro 1997). Este relatório integra os estudos efetuados pelo projeto de reabilitação do mercado da responsabilidade do Arquiteto Joaquim Massena aprovado em 1992.
- *“Derrocada de blocos de argamassa. Rua Formosa”* – Notificação do Batalhão de Sapadores Bombeiros do Porto (Janeiro 2004). Estes blocos de argamassa referem-se aos cachorros falsos que encimam a fachada junto à platibanda, havendo já registo da queda destes elementos em comunicações camarárias de 1939, como referido anteriormente.
- *“Patologias no mercado do Bolhão”* – Relatório da Divisão Municipal de Urbanismo, Divisão Municipal de Fiscalização, Salubridade e Segurança da CMP e subseqüentes comunicações internas sobre as avarias no edifício (Janeiro 2004). Neste relatório de inspeção salienta-se a degradação de elementos em reboco, a existência de anomalias estruturais (desagregação de betão e corrosão de armaduras), bem como a fragilidade dos cachorros do beiral, os quais se sugeriu serem pregados ou integralmente removidos, facto que veio a acontecer. Neste relatório foi ainda registado um assentamento da fachada Sul do Edifício, associado ao aparecimento de *“fissuras reveladoras da existência de uma rotação progressiva”* da mesma que, indicativamente, foi assumido como resultante de alterações das características do solo e/ou fundações. O relatório recomenda também a execução de sondagens ao subsolo e a monitorização das fissuras para avaliação da evolução do referido assentamento.
- *“Anomalias estruturais no edifício do Mercado do Bolhão. Medidas de intervenção urgentes”* – Relatório do LNEC (Abril 2004).
- *“Estudo de Caracterização Social, económica e contratual do Mercado do Bolhão”* – Relatório da DHVTECNOPOR (Maio 2005).
- *“Aditamento à nota técnica Anomalias estruturais no edifício do Mercado do Bolhão. Medidas de intervenção urgentes.”* – Aditamento do LNEC (Julho 2005).
- *“Relatório técnico”* – Divisão Municipal de Segurança e Salubridade da Direção Municipal do Urbanismo da Câmara Municipal do Porto (Julho 2005). Este relatório técnico enumera as várias patologias detetadas no Mercado do Bolhão. Além das patologias já abordadas anteriormente, salienta-se, deste relatório, as observações relativas à perda de verticalidade dos pilares e ao desnivelamento do passadiço que liga as duas alas da galeria. Neste relatório

constam, ainda, sugestões para linhas de orientação relativas à atuação imediata e futura com vista à resolução dos problemas registados, entre as quais se refere, pela sua proeminência face à gravidade dos danos observados, a consolidação de fundações necessária à estabilização do assentamento da fachada Sul do edifício.

- “*Relatório de monitorização de assentamentos verticais da ala Sul*” – Relatório da Metro do Porto, SA (2004-2005). Este relatório foi efetuado pela Metro do Porto, SA com base na monitorização efetuada no período de Abril de 2004 a Dezembro de 2005 aquando da construção da estação de metro do Bolhão. O objetivo da equipa constituída por elementos do LNEC, Metro do Porto, Normetro, CGK e CMP visou essencialmente “... *identificar as causas das anomalias observadas junto à fachada Sul*”. A principal conclusão retirada desse relatório invoca novamente problemas de assentamentos diferenciais que se materializam em fissuras e fraturas várias, bem como no desprendimento de elementos metálicos. Face à previsão da continuação dos mesmos, o relatório recomenda “*uma intervenção urgente de escoramento/consolidação*” e uma observação contínua do comportamento do edifício.

As conclusões mais relevantes para o presente capítulo, i.e. relativas às estruturas de betão, que podem ser obtidas desta documentação referem-se à existência de:

- Assentamentos e rotação da fachada sul;
- Assentamento dos pilares metálicos da zona sul antes da consolidação das fundações;
- Deformação na galeria e da passagem superior transversal;
- Queda de elementos decorativos em argamassa das fachadas (cachorros e eventualmente outros elementos).

Relativamente à caracterização material feita pelo Instituto Eduardo Torroja de Madrid (Luxan et al. 1997), as conclusões mais pertinentes foram as seguintes:

- O betão constituinte do edifício do Mercado do Bolhão encontrava-se em bom estado de conservação à data do estudo realizado, apesar da existência de zonas pontuais que necessitavam de reparação;
- Os valores medidos da profundidade de carbonatação do betão são iguais a 0mm;
- As propriedades físicas e mecânicas do betão do edifício do Mercado do Bolhão são bastante homogéneas, apresentando valores baixos de absorção de água e de porosidade. Os valores da resistência à compressão obtidos foram elevados, tendo sido atingidos valores superiores a 33MPa nas três carotes de betão ensaiadas, as quais foram extraídas de diferentes zonas da estrutura do edifício;
- Os elementos escultóricos que encimam a fachada são executados em argamassa de cimento de inerte fino, muito compacta e de grande resistência.

4.4 Descrição da estrutura

4.4.1 Elementos existentes relativos à execução da obra

Como já referido, não se encontraram elementos relativos à estrutura portante do edifício principal do Mercado do Bolhão. Sabe-se que em 1915 são adjudicadas as obras de trolha a dois mestres d'obras: Manuel Fernandes Moreno e Avelino Ramos Meira. Segundo Ferreira (2015) *“Estas obras de trolha incluíam o estuque dos tectos, a aplicação dos azulejos nas paredes, execução de paredes em tijolo, as platibandas dos torreões, os rebocos interiores e os revestimentos exteriores em cimento, a execução das ornamentações em cimento das mísulas das fachadas e as molduras em cimento nas paredes interiores, a aplicação de mosaicos nos pavimentos, o revestimento das lajes de cimento armado e o cersitamento de platibandas, cornijas e paredes.”* A adjudicação destes trabalhos pressupõe que a estrutura portante já estaria construída pelo menos em boa parte, mas não foi possível encontrar documentos relativos a quem executou os trabalhos de escavação, construção das paredes e construção dos pavimentos em betão armado. Esta situação é um tanto estranha pois considera-se que esta fase de obra deverá ter sido a mais importante e a mais cara, suspeitando-se da existência de vários problemas nas fases de escavação, contenções e execução de fundações, em particular na zona das paredes no lado sul. Em relação à empreitada de ferro, existe o registo do concurso e do seu fornecimento pela Companhia Aliança, proprietária das Fábricas Fundação de Massarelos e Ouro.

Os únicos elementos encontrados relativos a parte da estrutura portante do edifício reportam-se à construção dos criptopórticos sob a rua de Sá da Bandeira, pois a obra de prolongamento desta rua no confinamento com o edifício do mercado levou a que estas duas obras estivessem muito interligadas (Figura 4.11).

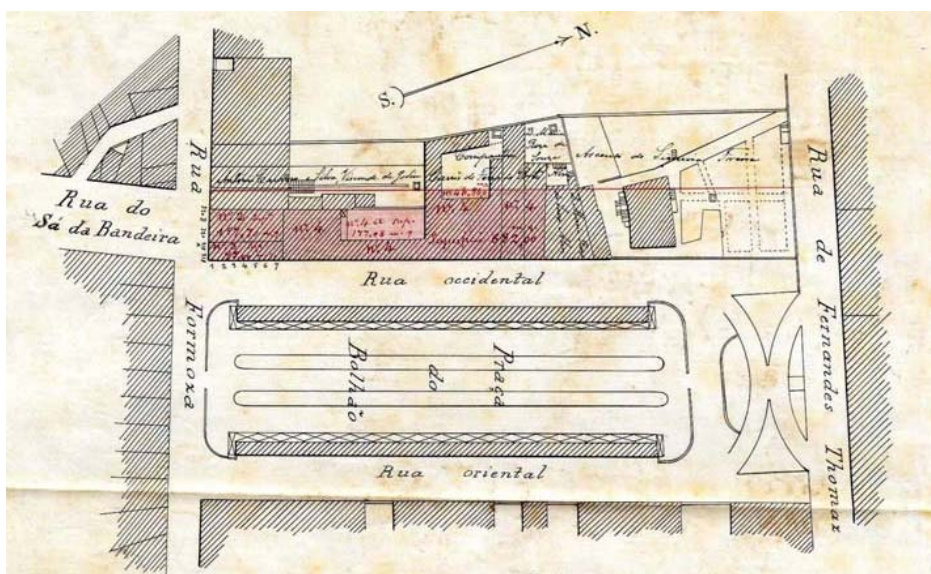


Figura 4.11 – Projeto de prolongamento da Rua de Sá da Bandeira ainda com o mercado antigo - Arquivo Histórico Municipal do Porto, D-CMP/2 (450).

Entre diversas possibilidades apresentadas e discutidas na autarquia, fica decidido o prolongamento da Rua de Sá da Bandeira por um traçado em linha reta, paralelo ao que iria ser a fachada poente do mercado até à já existente Rua Fernandes Tomás, havendo a necessidade de demolir todas as casas existentes nesse traçado. Esta solução obriga a uma pendente contínua do novo troço da rua para vencer o desnível de 6m entre a Rua Fernandes Tomás e a Rua Formosa. Para evitar a execução duma solução em aterro, custosa e demorada, é proposta a construção de um criptopórtico composto por quatro abóbadas abatidas apoiadas em muros de alvenaria que dará apoio ao pavimento da nova rua (Ferreira, 2013). A estrutura prevista em alvenaria é alterada em 1911 para uma solução em betão armado no processo designado por “*Variante ao projecto aprovado em 10 de Novembro de 1910. Substituição das abobadas em alvenaria por beton de cimento armado*” (Figura 4.12).

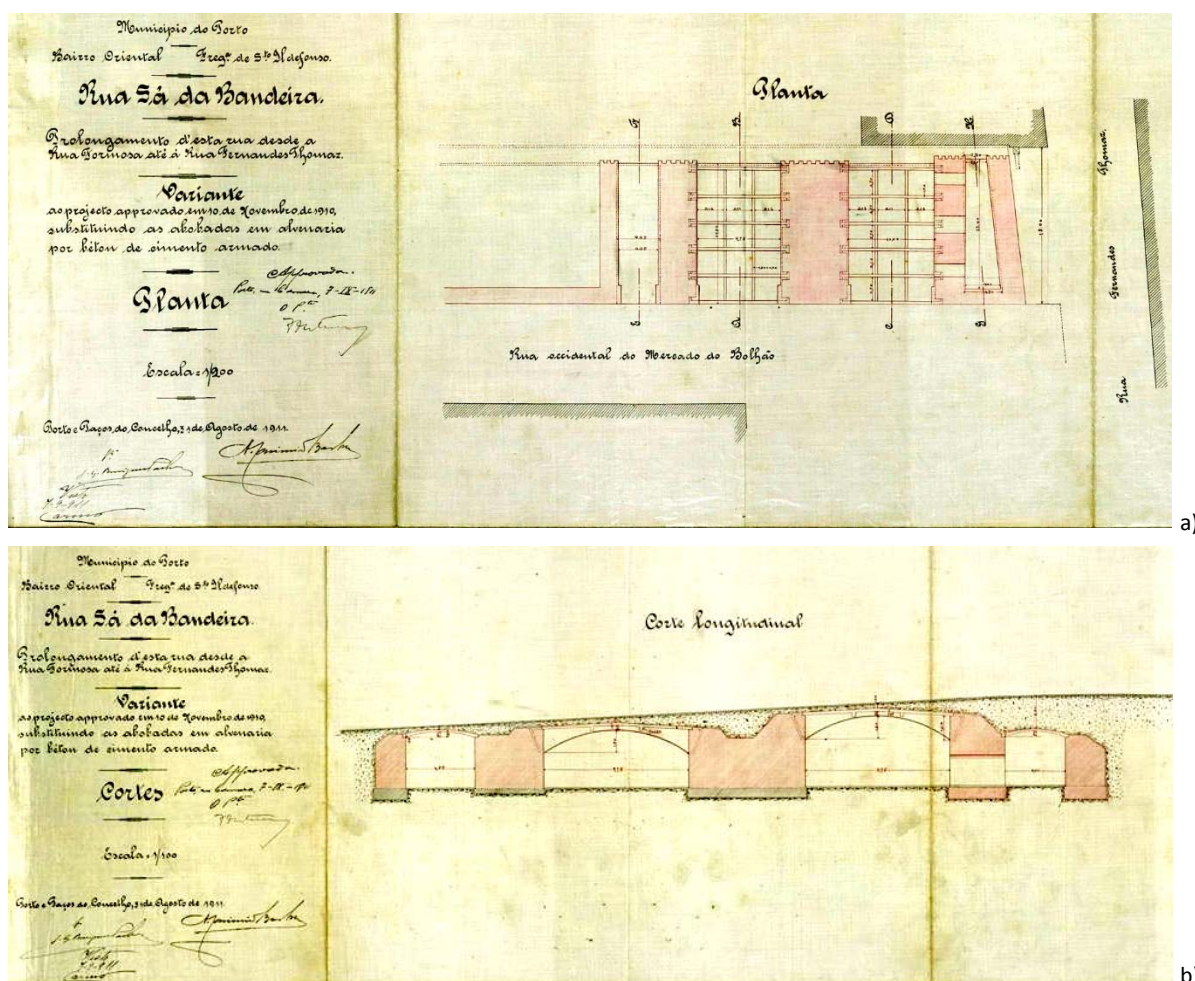


Figura 4.12 – Projeto do criptopórtico da R. de Sá da Bandeira. a) planta e b) corte longitudinal (Ferreira, 2013)

A CMP apresenta a concurso as cláusulas para a execução da “*Variante ao projecto aprovado em 10 de Novembro de 1910. Substituição das abobadas em alvenaria por beton de cimento armado*” que se junta na Figura 4.13. Para melhor leitura, todo o processo é apresentado no Anexo A. Aqui definem-se várias condições, nomeadamente que a empresa construtora terá de possuir prática neste tipo de construção (2ª), que caberá ao empreiteiro assumir a responsabilidade do sistema construtivo a adotar

(3ª), que a sobrecarga na estrutura será de 3000kg/m² (5ª), a dosagem do formigão (6ª), o tipo de cimento (7ª) e o tipo de aço (8ª). Na cláusula 11ª é especificado que a receção provisória da obra deverá ser feita por uma prova de resistência aos 45 dias. Esta prova consiste num ensaio de carga para a sobrecarga definida (3000kg/m²) não devendo a flecha produzida exceder a milésima parte do vão. Apresentam propostas para esta obra Joaquim Mendes do Porto e Jean Ducasse de Lisboa, sendo que este último, com o melhor orçamento (4500\$00), firma contrato com a CMP em Abril de 1912 (Figura 4.14).

A obra é executada durante 1912 e termina em Janeiro de 1913 (Ferreira, 2013). Depois de realizadas as provas de resistência, o Engenheiro Casimiro Barbosa reporta em ofício ao Engenheiro Chefe da Repartição Municipal: “*Em face dos resultados obtidos eu julgo em condições de estabilidade a obra executada e em termos de resistir à carga exigida pelo caderno d’encargos. Os testes submeteram as abóbadas centrais a uma carga de 3700kg por metro quadrado, (...) sendo condição essencial que a flecha produzida não excedeu a milésima parte do vão. O construtor garantiu uma carga máxima de 4500kg por metro quadrado.*” (Ferreira, 2013).

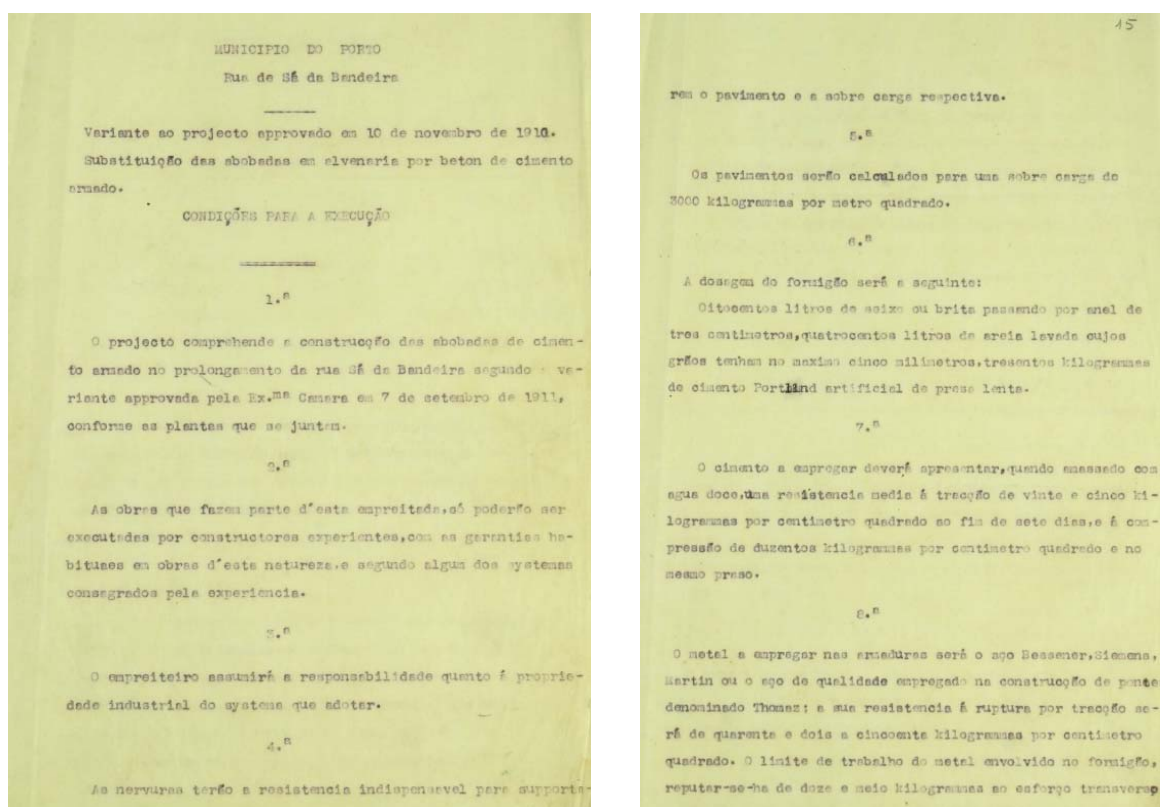
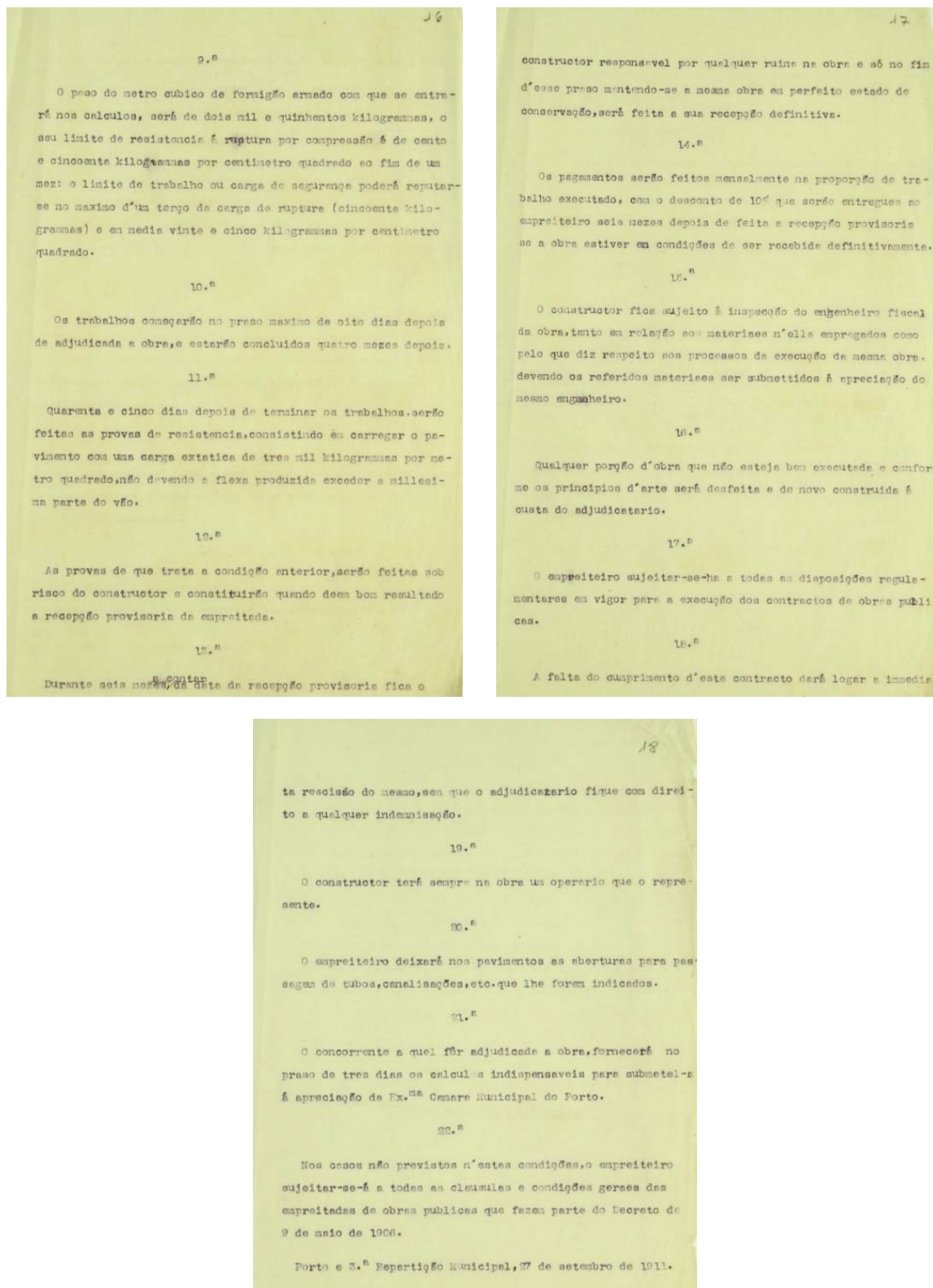


Figura 4.13 – Condições de execução da “Variante ao projecto approved em 10 de Novembro de 1910. Substituição das abobadas em alvenaria por beton de cimento armado”.



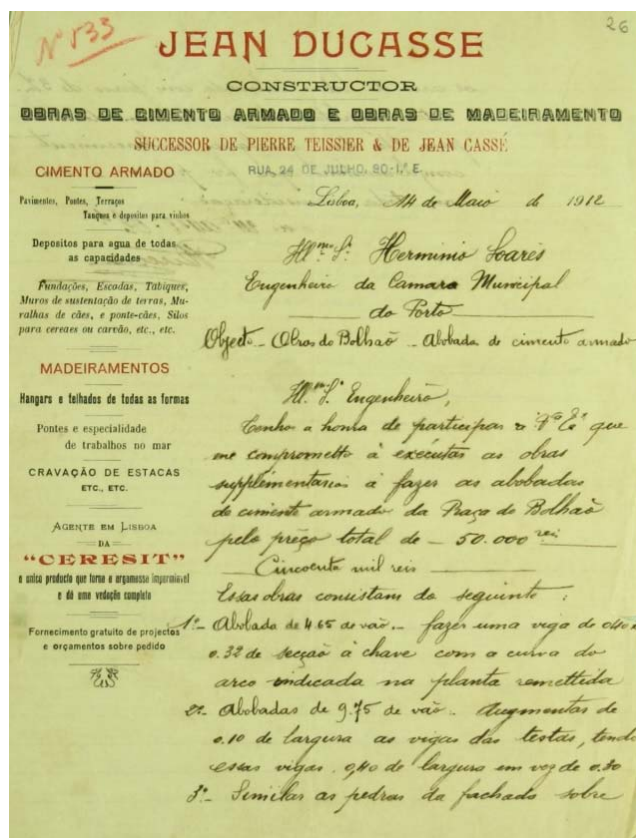


Figura 4.14 – Contrato de Jean Ducasse em 1912

4.4.2 Definição estrutural geral

O edifício apresenta uma clara distinção entre a sua estrutura resistente vertical e horizontal, sendo a primeira essencialmente em alvenaria de granito, complementada por pilares em ferro fundido de apoio à galeria e por pilares de betão em zonas internas, e a segunda integralmente em betão armado ao nível dos pavimentos. As coberturas, por sua vez, são constituídas por elementos estruturais de madeira de riga. Como já referido, não foi possível encontrar qualquer referência ao projeto de estabilidade do Mercado do Bolhão. As pesquisas efetuadas no Arquivo Histórico Municipal do Porto, situado na Casa do Infante, sob a orientação do Dr. David Ferreira da DRCN, apenas permitiram encontrar alguns pormenores de arquitetura, como o desenho da cobertura metálica não construída, e alguns desenhos de pormenorização, como por exemplo o desenho dos pilares de ferro fundido.

Tendo por base a inspeção e os levantamentos estruturais e geométricos efetuados pelo IC-FEUP no edifício do mercado, desenharam-se as plantas estruturais do nível 0 (cota do terrado) e do nível 1 (cota da galeria), bem como desenhos de pormenor de armaduras de vigas e lajes. As plantas estruturais dos níveis 0 e 1 apresentam-se, sem escala, na Figura 4.15 e Figura 4.16, respetivamente. A totalidade das peças desenhadas, para melhor leitura, são apresentadas no Anexo B. Para uma melhor sistematização dos elementos recolhidos, as plantas estruturais foram executadas com referência a eixos cruzados que se definiram de acordo com os alinhamentos principais da estrutura.

Assim foram designados por letras (A a J) os alinhamentos longitudinais da estrutura do edifício e por números (1 a 23) os seus alinhamentos transversais.

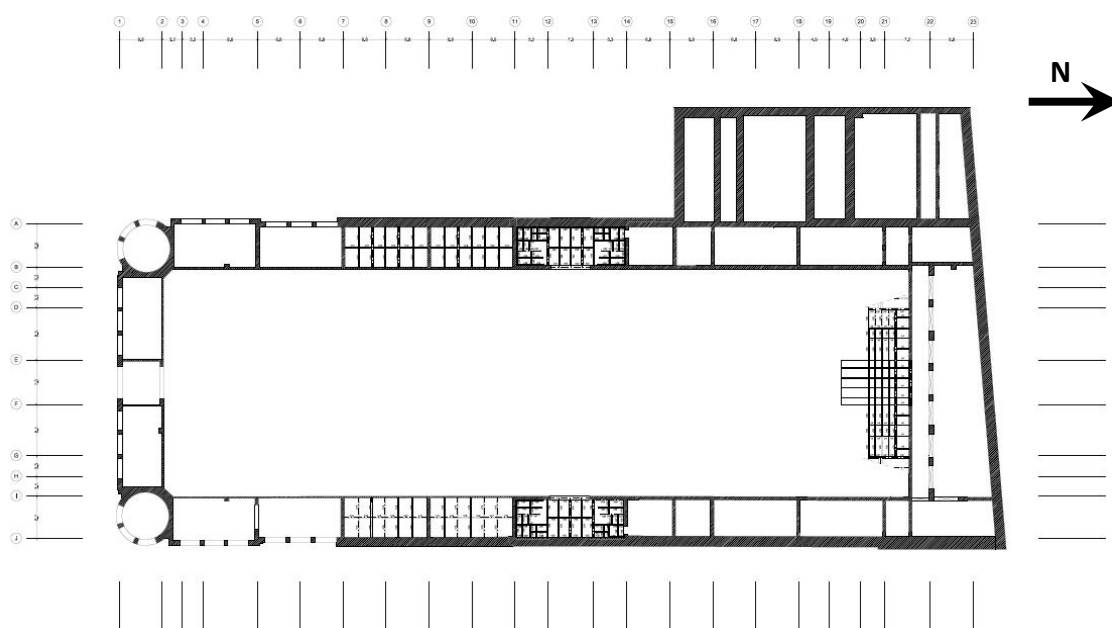


Figura 4.15 – Planta estrutural do nível 0 do Mercado do Bolhão.

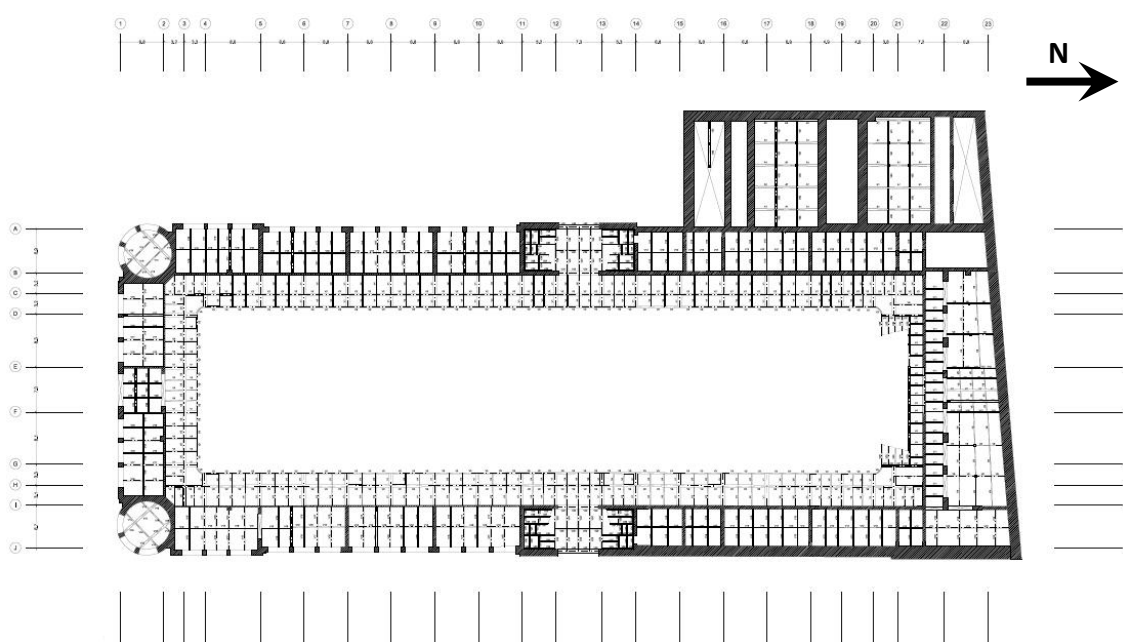


Figura 4.16 – Planta estrutural do nível 1 do Mercado do Bolhão.

Os elementos resistentes em alvenaria de granito constituem a grande maioria da estrutura vertical, encontrando-se distribuídos por todo o edifício e com continuidade desde as fundações até à cobertura (Figura 4.15, Figura 4.16). As paredes de alvenaria criam a modulação do edifício, na divisão dos estabelecimentos comerciais exteriores, na separação entre estes e o mercado interior (ver

alinhamentos B, I, 2 e 22 das peças desenhadas) e na delimitação do perímetro exterior enterrado do edifício por meio das paredes de fundação. As paredes de alvenaria transversais de travamento apresentam uma espessura de cerca de 0.60m, sendo que as de separação entre o comércio exterior e interior apresentam uma espessura de cerca de 0.28m na metade Sul do edifício e de cerca de 0.60m na metade Norte. Junto às fundações, como usualmente, as paredes são mais espessas e com valores que variam entre 1.60m e 2.0m. Em termos de elementos portantes verticais, existem ainda os pilares circulares em ferro fundido (as já referidas colunas) de suporte do pavimento da galeria do nível 1 e os pilares de ferro fundido de apoio à cobertura metálica da galeria.

A estrutura resistente horizontal do edifício é constituída por painéis de laje e vigas de betão armado que materializam toda a estrutura do nível 1. As vigas são dispostas ortogonalmente no sentido longitudinal e transversal, criando um reticulado que define os painéis de laje. Esta configuração estrutural aparece tanto nos pisos das lojas exteriores como na galeria interior do mercado (ver peças desenhadas 1F e 2F; Figura 4.15, Figura 4.16) (Figura 4.17).



a) Vigas e laje no piso das lojas exteriores.



b) Vigas e laje da galeria interior do mercado.

Figura 4.17 – Estrutura reticulada de piso do edifício do Mercado do Bolhão.

Os painéis de laje têm dimensão retangular de aproximadamente $2.0 \times 3.0 \text{m}^2$ nos pavimentos das lojas enquanto na zona em consola da galeria apresentam uma configuração quadrada com dimensões de cerca de $2.0 \times 2.0 \text{m}^2$. Na zona do matadouro, os painéis possuem dimensões mais heterogéneas. A título de exemplo, refere-se que estes painéis são constituídos por uma laje maciça, designada nas peças desenhadas por L1, com cerca de 0.10m de espessura e uma malha ortogonal de armadura de $\varnothing 4.76$ (3/16")//0.10m.

As vigas da galeria interior do mercado no nível 1 consistem essencialmente num reticulado modular definido por vigas que vencem todo o vão transversal da galeria (cerca de 5.0m). Realça-se a particularidade de algumas vigas serem mistas, ou seja possuírem um perfil metálico em "I" embebido na secção de betão.

Analisando a disposição da estrutura reticulada da galeria (ver peça desenhada 2F; Figura 4.16), verifica-se que existe uma métrica regular de módulos delimitados pelas vigas V1, as de maior rigidez de todo o conjunto e portanto capazes de diferenciar o comportamento estrutural dos elementos adjacentes. O funcionamento estrutural é em grelha, onde todas as vigas se deformam conjuntamente e transmitem as cargas verticais para os elementos estruturais de fronteira que se encarregam de as distribuir para a estrutura resistente vertical.

4.5 Danos observados na estrutura

A estrutura do edifício Mercado do Bolhão apresenta patologias que ocorrem de uma forma algo recorrente e, nalguns casos, com uma intensidade considerável. Do que foi constatado em 2009, as ações de manutenção preventiva foram escassas, tendo sido efetuadas apenas intervenções localizadas em alguns elementos da sua estrutura para colmatar problemas pontuais que, como atrás se mostrou, foram sendo recorrentes na estrutura. Das poucas intervenções refere-se a de âmbito mais geral e que foi o reforço das fundações e o enchimento com betão no interior dos pilares em ferro de seção oca que suportam a galeria interior do Mercado, realizada há cerca de 20 anos na zona sul, tal como já referido. A generalidade da estrutura horizontal (excetuando-se as coberturas) é constituída por elementos estruturais de betão armado, tal como já referido e, de um modo geral, encontra-se em bom estado de conservação, na medida em que se encontra a desempenhar as suas principais funções estruturais. Os principais danos observados são os que a seguir se apresentam.

4.5.1 Destacamento do betão de recobrimento e corrosão de armaduras

Verificou-se a ocorrência de destacamento do betão de recobrimento e de corrosão de armaduras num número considerável de vigas que executam a estrutura em grelha da galeria interior do Mercado do Bolhão. As vigas mais afetadas por este tipo de dano são as vigas principais da galeria, designadas por V1 e V21 nas peças desenhadas 1F, 2F, 3F, 4F e 6F (ver localização na Figura 4.18), havendo mesmo algumas destas vigas que apresentam o perfil metálico que as constitui à vista, com evidentes sinais de corrosão (Figura 4.19 a Figura 4.21). Alguns destes elementos apresentam-se com níveis de corrosão algo avançados, havendo uma redução da secção dos varões (Figura 4.22).

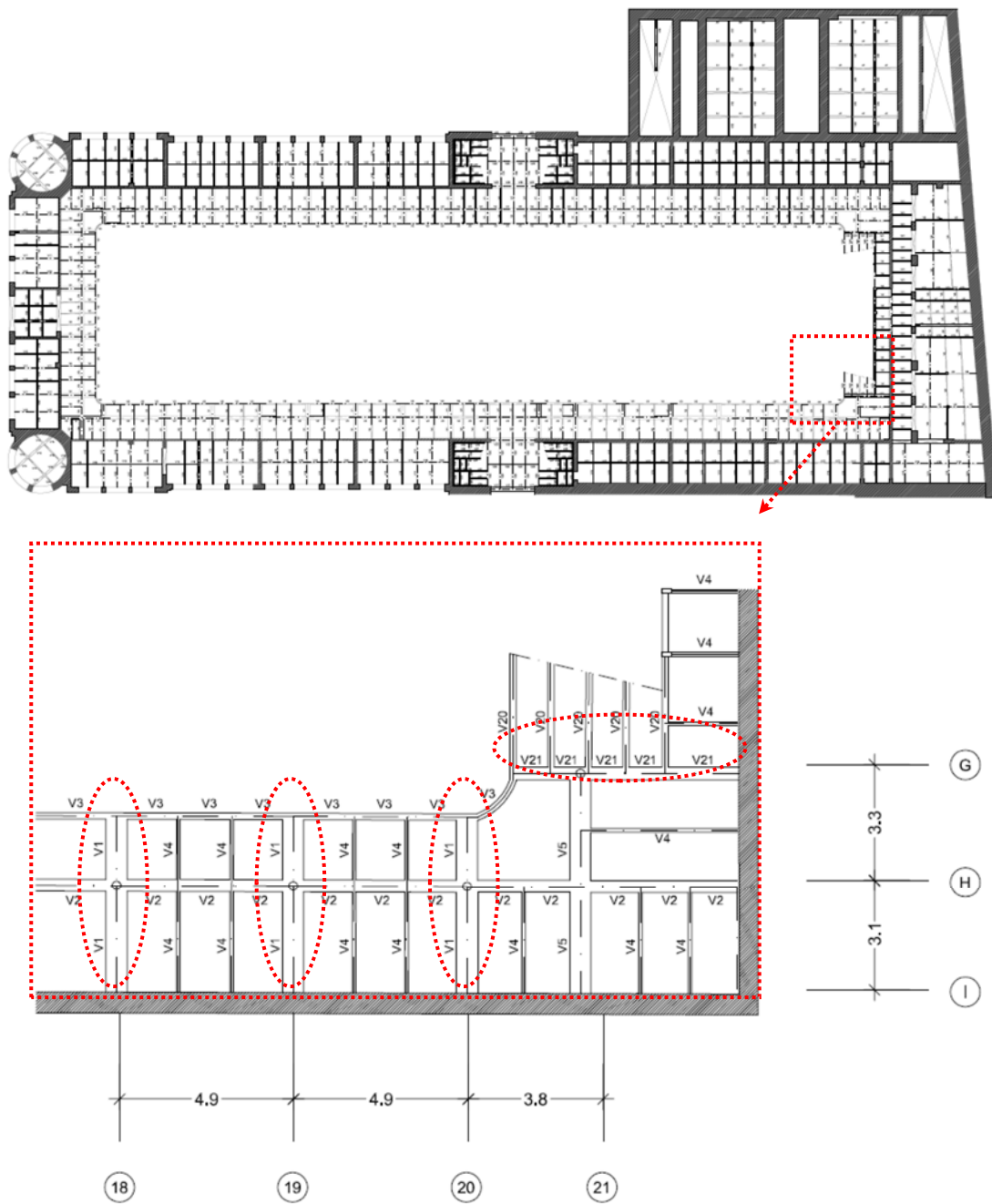


Figura 4.18 – Localização de algumas vigas V1 e V21.



Figura 4.19 – Destacamento do betão de recobrimento e corrosão de armaduras numa viga V1 da galeria.



Figura 4.20 – Destacamento do betão de recobrimento e corrosão de elementos metálicos numa viga V21 da galeria.



Figura 4.21 – Destacamento do betão de recobrimento e corrosão de elementos metálicos numa viga V1 da galeria.



Figura 4.22 – Destacamento do betão de recobrimento e corrosão de armaduras em vigas.

A localização dos elementos mais afetados situam-se na zona Norte da galeria, assinalada a azul na Figura 4.23. Nalgumas destas zonas existem vigas onde se verifica o destacamento da camada de recobrimento e a corrosão das armaduras (Figura 4.24 a Figura 4.26), existindo mesmo casos onde a redução da secção das armaduras é evidente e atinge já uma expressão considerável (Figura 4.25 e Figura 4.26).

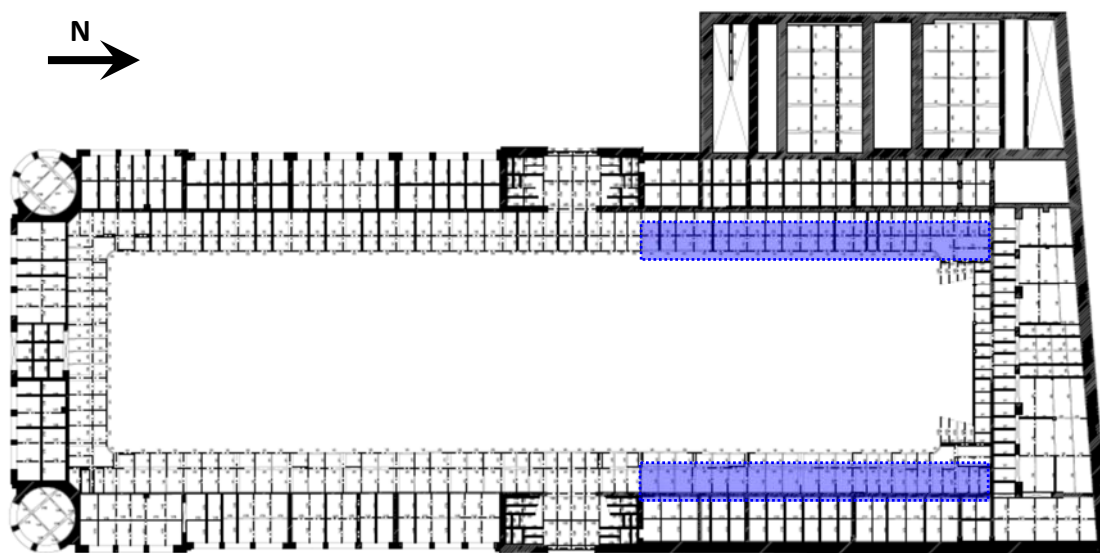


Figura 4.23 – Planta do nível 1 com as zonas da galeria interior mais afetadas pela corrosão de armaduras e destacamento do betão de recobrimento assinaladas a azul.



Figura 4.24 – Destacamento do betão de recobrimento e corrosão de armaduras numa viga da caixa de escadas.



Figura 4.25 – Destacamento do betão de recobrimento e corrosão de armaduras numa viga da caixa de escadas, com uma redução da secção do aço considerável.



Figura 4.26 – Pormenor da figura anterior.

Salienta-se ainda a existência deste dano em algumas zonas localizadas do antigo matadouro (Figura 4.27). Embora este dano não se verifique de uma forma recorrente nesta zona, os elementos por ele afetados apresentam já um grau de corrosão relevante.



Figura 4.27 – Destacamento do betão de recobrimento e corrosão de armaduras numa viga da zona do antigo matadouro.

Finalmente, refere-se a existência de casos pontuais de corrosão de armaduras nas galerias situadas sob a Rua de Sá da Bandeira, quer em lajes (Figura 4.28), quer nos arcos que executam a estrutura nessa zona (Figura 4.29).



Figura 4.28 – Destacamento do betão de recobrimento e corrosão de armaduras num painel de laje em abóbada, sob a Rua de Sá da Bandeira.



Figura 4.29 – Destacamento do betão de recobrimento e corrosão de armaduras no arco A2, sob a Rua de Sá da Bandeira.

O destacamento do betão nos vários elementos descritos tem origem nas reações expansivas de oxidação das armaduras e/ou perfis metálicos existentes no seu interior, cujos produtos podem ocupar volumes cerca de 6 a 8 vezes superiores aos do metal original. Por se tratarem de elementos de secção reduzida muitas vezes com pequena espessura de recobrimento, a presença de água favorece a corrosão com o conseqüente destacamento da camada superficial de betão.

4.5.2 *Deformação estrutural*

A estrutura de betão armado que executa a galeria interior apresenta-se visivelmente deformada na zona sul do edifício (zonas assinaladas a vermelho na planta da Figura 4.30), em toda a área que se encontra atualmente escorada. Apresentam-se na Figura 4.31 e na Figura 4.32 algumas imagens onde é possível observar as deformações referidas. Verifica-se ainda a deformação da passagem central que faz a ligação entre as duas caixas de escadas (Figura 4.30 e Figura 4.33), onde é possível observar o elevado deslocamento relativo entre a passagem central e a galeria (ver Figura 4.33).

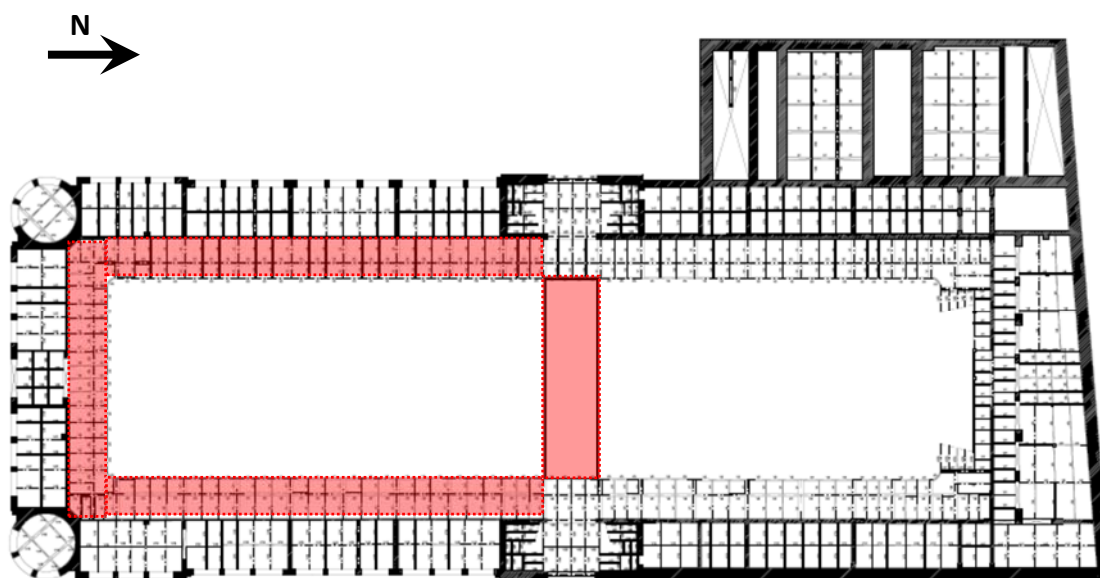


Figura 4.30 – Planta do nível 1 com indicação a vermelho das zonas onde se verificam deformações estruturais dos elementos de betão armado.

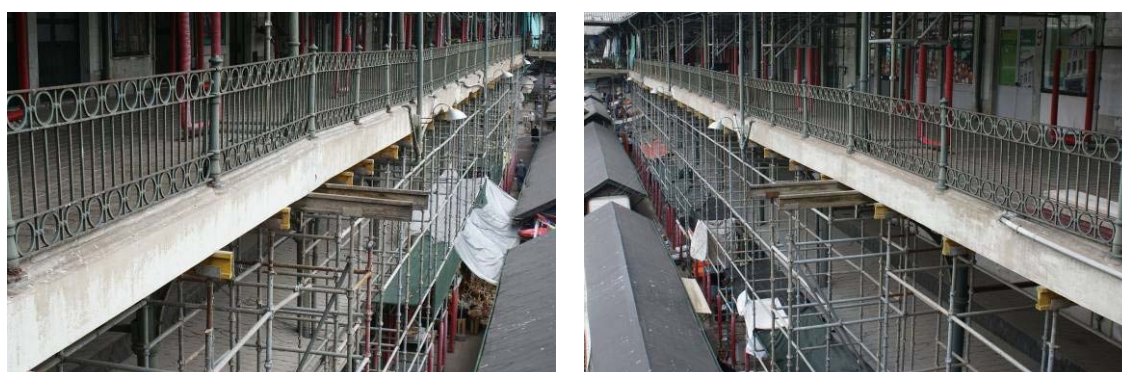


Figura 4.31 – Deformação estrutural da galeria interior na zona sul do Mercado.

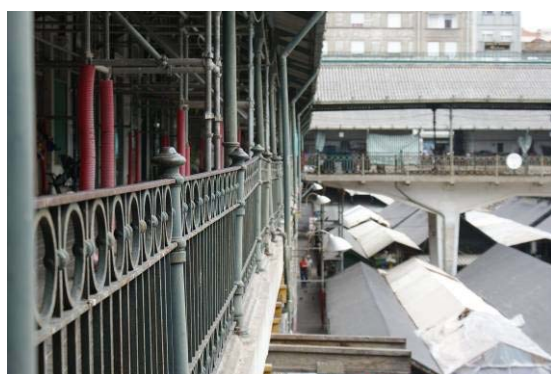


Figura 4.32 – Deformação estrutural da galeria interior na zona sul do Mercado.



Figura 4.33 – Deslocamento relativo na ligação do passadiço central à galeria.

A ocorrência destas deformações estará relacionada com assentamentos ao nível das fundações, tal como já referido. Estes assentamentos e as suas causas são detalhadas no relatório geotécnico que integrou o relatório do IC-FEUP (Costa et al., 2009) e que refere que toda a zona Sul do edifício estará fundada em zona de aterro com cerca de 15m. De acordo com o anteriormente transcrito, estes assentamentos não são recentes e terão sido os principais impulsionadores do reforço das fundações dos pilares metálicos de suporte da galeria interior, bem como, numa fase mais recente, do escoramento que atualmente se encontra instalado em toda a zona deformada.

4.5.3 Humidade

Apesar de não se tratar de um dano estrutural, reporta-se a presença de diversos focos de humidade nos elementos de betão armado da estrutura uma vez que a sua presença induz, a médio prazo, uma debilidade material, com implicações no seu funcionamento estrutural. De facto, a presença de humidade em elementos de betão armado é a principal causa da delaminação do betão associada à corrosão de armaduras. As zonas mais afetadas pela presença de humidade são as zonas das galerias (Figura 4.34), do antigo matadouro (Figura 4.35) e ainda a zona da galeria sob a Rua de Sá da Bandeira (Figura 4.36).



Figura 4.34 – Presença de humidade na parte inferior da galeria.



Figura 4.35 – Presença de humidade na zona do antigo matadouro.



Figura 4.36 – Presença de humidade na galeria sob a Rua de Sá da Bandeira.

4.6 Caracterização material, geométrica, mecânica e estrutural

No sentido de caracterizar a constituição e o estado de conservação dos elementos estruturais em betão armado, foram realizados diversos ensaios. Como complemento ao levantamento geométrico da estrutura em betão armado, a deteção de armaduras foi realizada com recurso a inspeção visual em locais de destacamento da camada do betão de recobrimento, a picagens pontuais e à utilização de dois pacómetros que permitem, de forma não destrutiva, a localização de varões e a determinação do seu diâmetro e da espessura do betão de recobrimento.

Para a caracterização do betão, e uma vez que existiam já resultados da sua caracterização mecânica por extração de carotes (Luxan et al. 1997) foram efetuados ensaios com recurso ao esclerómetro de Schmidt com o objetivo de observar a dispersão da qualidade do betão e a avaliação/validação dos resultados obtidos nos ensaios das carotes. Adicionalmente, avaliou-se a profundidade de carbonatação do betão através do teste com o indicador químico de fenolftaleína.

4.6.1 Deteção de armaduras em elementos de betão armado

A identificação estrutural dos elementos em betão armado, pela sua complexidade e incerteza, justificaram procedimentos mais detalhados. Foi necessária a montagem de andaimes tendo em vista a observação/ensaio de algumas vigas e lajes.

O processo de deteção de armaduras consistiu em três etapas principais:

- Uma inspeção visual prévia das armaduras nas zonas onde tal era possível devido à sua corrosão e queda da camada de recobrimento;
- A utilização de pacómetros (equipamentos de ensaio não destrutivo) para avaliação do diâmetro e espaçamento das armaduras e das camadas de recobrimento;
- A realização de sondagens pontuais com remoção do betão em vigas e lajes de betão armado, essencialmente com o objetivo de confirmar diâmetros de armaduras em locais onde o pacómetro não permitiu ser conclusivo.

Através da conjugação dos resultados foi possível obter a informação dos elementos estruturais que se apresenta nas peças desenhadas 1F, 2F, 3F, 4F e 6F. Atendendo à data de construção do mercado e após a medição de diversos diâmetros de varões, estes foram convertidos para polegadas, apresentando-se esses valores nas duas escalas nas peças desenhadas.

4.6.2 Identificação do sistema construtivo

A inspeção ao Mercado do Bolhão não permitiu obter uma conclusão definitiva sobre o sistema construtivo adotado, tendo-se constatado que não segue as usuais pormenorizações do sistema Hennebique, o sistema que, aparentemente, era o mais corrente em Portugal (Araújo, 2011). Note-se que à data da construção do Mercado do Bolhão estavam a ser construídos, no Porto, com o sistema

Hennebique os Armazéns Nascimento da autoria do Arquiteto Marques da Silva. No entanto, a observação dos pormenores construtivos do Mercado do Bolhão levam a crer que o sistema construtivo utilizado tem características próximas das do sistema de Edmond Coignet (Christophe, 1902; Jones, 1913). Nas vigas, Coignet preconizava duas camadas de armadura, superior e inferior, cada uma constituída por dois varões contínuos em todo o vão, estando os superiores ao nível da face inferior da laje. Os varões inferiores deveriam possuir um diâmetro maior do que os varões superiores. Esta disposição de armadura permitia à viga suportar o seu peso próprio sem a contribuição da laje para a resistência aos esforços de flexão, possibilitando a betonagem dos dois elementos de forma independente com significativas vantagens construtivas. Os estribos consistiam num arame que envolvia os varões inferiores e superiores, abrindo-se junto à malha da laje à qual estavam ligados. A Figura 4.37 ilustra alguns pormenores das armaduras de vigas e lajes do sistema construtivo de Coignet e a Figura 4.38 mostra pormenores construtivos de algumas vigas e lajes obtidos através das sondagens efetuadas no edifício do Mercado do Bolhão no âmbito da sua caracterização material e estrutural.

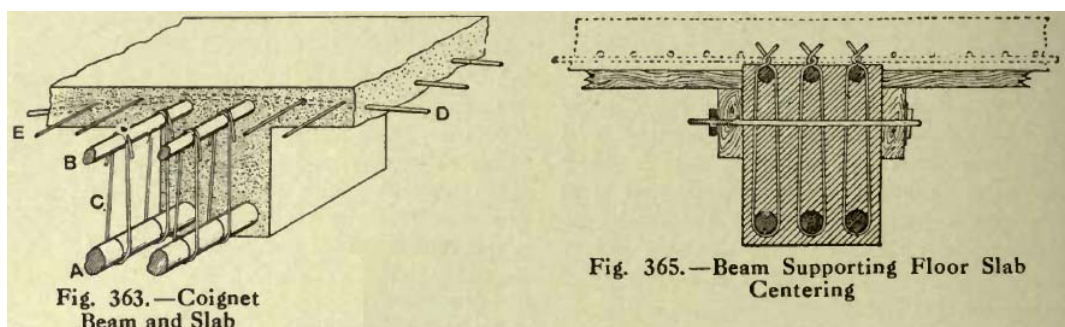


Figura 4.37 – Pormenores de armaduras do sistema Coignet.

Viga	b(m)	h(m)	Corte transversal (Esc. 1/20)	Notas:
V2	0.36	0.28		As armaduras foram identificadas através de inspeção visual
V3	0.18	0.28		As armaduras foram identificadas através de inspeção visual
V4	0.10	0.28		As armaduras foram identificadas através de inspeção visual

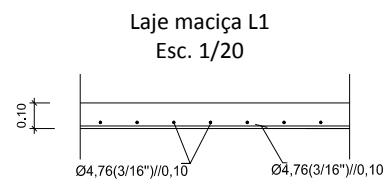


Figura 4.38 – Pormenores de armaduras das vigas e laje do Mercado do Bolhão.

A comparação da pormenorização de armaduras do edifício do mercado permite verificar que esta é muito idêntica ao sistema Coignet, existindo diferenças apenas no diâmetro dos varões superiores das vigas, que é igual aos inferiores, e nos estribos que não abrem junto à malha da laje continuando porém helicoidalmente ao longo das armaduras longitudinais. Ambas as diferenças atribuem-se a vantagens construtivas e a maior facilidade de execução face à conceção original de Coignet

4.6.3 Utilização de pacómetro

Foram utilizados dois tipos de pacómetro na identificação de armaduras. Um mais indicado para lajes e, à data mais sofisticado, denominado de Ferroskan PS 200, da marca Hilti, que permite a localização de armaduras, bem como a medição do respetivo diâmetro e da espessura do betão de recobrimento (Figura 4.39), e um outro denominado de Profometer 5, da marca Proceq, mais indicado para vigas e pilares (Figura 4.40).



Figura 4.39 – Detecção de armaduras com o Ferroskan PS 200.



Figura 4.40 – Detecção de armaduras com o Profometer 5.

O Ferroskan PS 200 forneceu resultados bastante precisos, validados pela medição *in situ* de armaduras inferiores em lajes e vigas. Na Figura 4.41 apresentam-se ficheiros de dados produzidos por este equipamento. Na Figura 4.41a) apresentam-se os dados em bruto fornecidos pelo programa, onde não é possível obter indicações quanto ao diâmetro das armaduras. A Figura 4.41b apresenta os dados tratados pelo *software* disponibilizado pela Hilti em que a espessura dos segmentos de reta azul representa o diâmetro das armaduras.

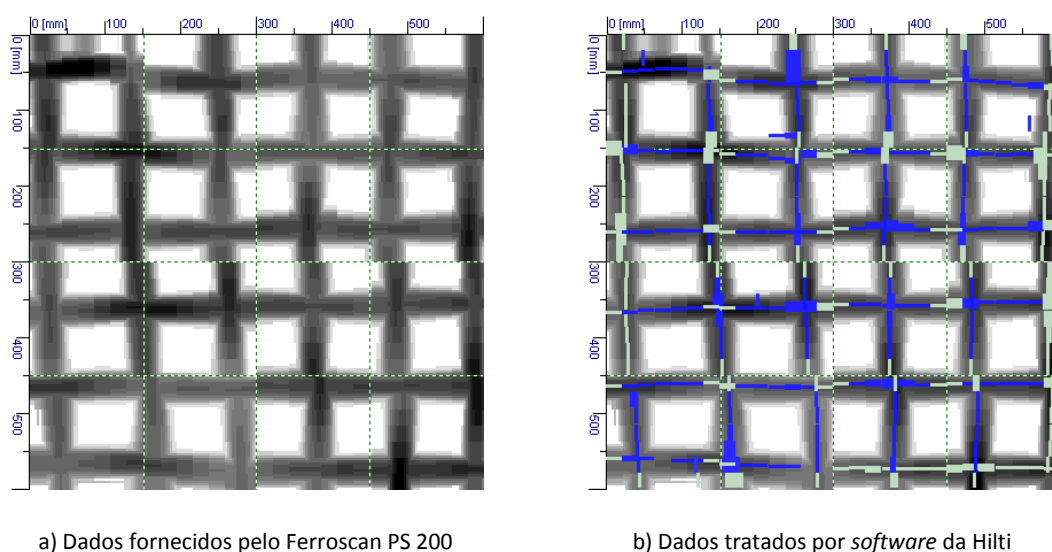


Figura 4.41 – Dados fornecidos pelo Ferroskan PS 200 relativos à malha de armadura de painel de laje L1.

Na Figura 4.41 é possível observar a malha de varões presente nas lajes caracterizadas ($\# \varnothing 4.76(3/16'') // 0,10$), com exceção da laje sob a Rua de Sá da Bandeira, apoiada nas vigas V30, V31 e V32 e nos arcos A1 e A2. Na Figura 4.42 apresenta-se a imagem correspondente aos dados tratados fornecidos pela sondagem efetuada com o Ferroskan PS 200 nessa mesma laje.

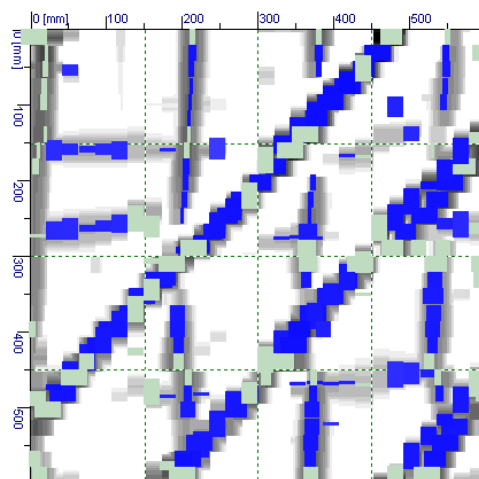


Figura 4.42 – Dados tratados fornecidos pelo Ferroskan PS 200 relativos à laje sob a Rua de Sá da Bandeira.

Constata-se que neste local possivelmente devido à irregularidade da superfície, não foi possível ser conclusivo relativamente aos diâmetros da malha de armadura uma vez que os resultados apresentam uma grande dispersão de valores. No entanto, é possível verificar a existência de armadura diagonal de canto.

Relativamente ao Profometer 5, refere-se antes de mais que este equipamento utiliza o princípio da indução magnética para detetar materiais condutores, emitindo um sinal sonoro e gerando um sinal elétrico correlacionável com o diâmetro dos varões encontrados. Importa porém salientar que os resultados obtidos através do Profometer 5 são indicativos, devendo a sua leitura ser feita com algumas reservas tendo em conta algumas variações dependentes da presença de varões vizinhos, da existência de singularidades no betão e até da espessura do recobrimento. A deteção de armaduras com o Profometer 5 foi feita em diversos elementos estruturais (vigas e pilares) dos vários níveis do edifício, normalmente a meio vão e nas zonas de apoio. Os resultados obtidos com recurso ao Profometer 5 encontram-se representados nas peças desenhadas 1F, 2F, 3F, 4F e 6F.

Com base na qualidade dos resultados obtidos, concluiu-se que a sua utilização com um grau de confiança aceitável obrigaria a uma confirmação de alguns elementos através de sondagens pontuais que foram parcialmente realizadas. De facto, e como se referiu anteriormente, as leituras dos resultados fornecidos devem ser interpretadas com algumas reservas. Além disso, salienta-se ainda que em grande parte das vigas foi apenas possível detetar as armaduras inferiores.

4.6.4 Realização de sondagens pontuais

Devido às reservas apontadas nos resultados obtidos relativamente à determinação das armaduras com a utilização dos pacómetros, optou-se por realizar uma campanha de sondagens nos elementos de betão armado com o objetivo de validar alguns dos resultados obtidos e de complementar a informação existente. As sondagens, ligeira e pontualmente destrutivas, consistiram em picagens de elementos com martelo pneumático e máquina perfuradora para remover o betão envolvente das armaduras, pondo-as a descoberto para medir com precisão o seu diâmetro. As sondagens foram realizadas em locais criteriosamente selecionados, tendo em conta a sua localização dentro do edifício, o impacto para os lojistas e clientes e a sua representatividade em termos de extrapolação para outros elementos de características semelhantes. Na Figura 4.43 é possível observar algumas das sondagens realizadas para posterior medição do diâmetro das armaduras.



Figura 4.43 – Medição de armaduras após execução de sondagens.

Nas peças desenhadas 1F, 2F, 3F, 4F e 6F encontram-se representadas as secções e armaduras das vigas e lajes constituintes dos pavimentos, apresentando-se de seguida um resumo dos resultados obtidos:

- As armaduras longitudinais são constituídas por varões lisos;
- As lajes do edifício são maciças, com espessura de cerca de 0.10m e com uma armadura inferior composta por uma malha de varões de diâmetro de 3/16'' (4.76mm) espaçados de 0.10m, com exceção da laje sob a Rua de Sá da Bandeira da qual não se conhece a constituição;
- Foram encontrados 36 diferentes tipos de vigas, considerando-se que todas contêm armadura superior e inferior iguais, sendo ambas contínuas entre as duas extremidades das vigas, tal como é possível constatar observando a peça desenhada 6F;
- Tendo-se medido o diâmetro dos estribos de diversas vigas e sendo em todos os casos igual a 1/8'', admite-se que todas as vigas contenham este tipo de armadura transversal.

4.6.5 Avaliação da classe resistente do betão

De forma a avaliar a homogeneidade do betão utilizado no mercado e, de certa forma, validar o valor da resistência à compressão do betão obtido nos ensaios do *Instituto de Ciências de la Construcción Eduardo Torroja* (Luxan et al. 1997), foram efetuados ensaios *in situ* com esclerómetro de Schmidt. Este ensaio mede a dureza superficial a partir do recuo dum a massa incidente após o choque com a superfície a ensaiar (Figura 4.44a), dureza essa que pode ser convertida num valor aproximado da resistência à compressão do betão. O ensaio deve ser efetuado sobre superfícies de betão homogéneas das quais deve ser removida a camada superficial carbonatada através da raspagem da mesma (Figura 4.44b).



Figura 4.44 – Ensaio com o esclerómetro de Schmidt

Foram ensaiados vários elementos escolhidos aleatoriamente, salientando-se que alguns dos valores obtidos com o esclerómetro ultrapassaram o limite superior indicado nas curvas de calibração. Dado que os diferentes resultados obtidos não mostraram ter dispersão significativa, estes ensaios permitiram confirmar a homogeneidade e qualidade do betão utilizado em obra. A título ilustrativo, apenas se apresentam aqui os resultados de dois pilares e uma viga localizados na proximidade das zonas de extração de carotes. Estes resultados são apresentados no Quadro 4.1 e mostram ser compatíveis com o que seria expectável para a classe de betão identificada pelo *Instituto Eduardo Torroja* (Luxan et al. 1997). Dado que o resultado obtido através dos ensaios das carotes é mais fiável, considerou-se o valor da resistência à compressão do betão de 33MPa obtido através dos ensaios das carotes pelo estudo do *Instituto Eduardo Torroja*.

Quadro 4.1 – Valores de resistência à compressão do betão nos diferentes locais de ensaio (MPa).

Valores corrigidos		
Pilares		Vigas
E1P	E2P	E1V
43.56	39.09	44.26
Média		
41.33		44.26

4.6.6 Determinação da profundidade de carbonatação

Para a caracterização do estado de conservação do betão efetuou-se a determinação da profundidade de carbonatação através do teste com o indicador químico de fenolftaleína. O contacto de uma superfície de betão, imediatamente após a sua fratura ou picagem, com uma solução de fenolftaleína produz uma coloração rosa forte caso o betão não esteja carbonatado. Em caso contrário, não se obtém qualquer coloração no betão no contacto com a fenolftaleína, traduzido pela diminuição gradual do valor do pH do betão.

A diminuição do pH do betão conduz à destruição da película “passivante” que protege as armaduras e começa assim a reação eletroquímica que dá origem à oxidação do aço. Quanto mais baixo for o pH, mais alta é a intensidade da corrente e, conseqüentemente, maior é a velocidade de corrosão. Este processo caracteriza-se pela existência de uma frente de carbonatação, traduzindo a reação numa certa faixa de profundidade dependendo da disponibilidade de dióxido de carbono. A frente avança do exterior para o interior do betão e separa duas zonas de pH bastante diferentes: uma com pH inferior a 9 (carbonatada) e outra com pH superior a 12 (não carbonatada) onde as armaduras continuam “passivadas”.

A armadura, quando envolvida por betão carbonatado, pode sofrer corrosão como se estivesse exposta à atmosfera, i.e. encontra-se sem qualquer tipo de proteção, com a agravante de no interior do betão a armadura poder estar sujeita à presença de humidade por períodos de tempo bastante superiores. A carbonatação é inevitável, apesar do seu avanço ser mais lento em betões mais densos, a menos que alguma proteção seja aplicada de modo a impedir o acesso do dióxido de carbono. A frente de carbonatação poderá atingir vários centímetros de profundidade nos primeiros anos após a execução de um elemento em betão, progredindo posteriormente mais lentamente, já que os primeiros carbonatos formados travam a difusão do dióxido de carbono.

Foram efetuados ensaios *in situ* com o indicador químico de fenolftaleína em vigas do edifício em estudo. Na Figura 4.45 é possível verificar os registos fotográficos de alguns dos locais onde foram realizados os ensaios. Como é possível observar nas figuras, os elementos estruturais ensaiados

apresentam profundidades de carbonatação inferiores a 1cm, facto que se pode considerar notável face à idade do betão e à sua exposição aos agentes atmosféricos.



Figura 4.45 – Exemplos do teste com o indicador químico de fenolftaleína.

4.7 Avaliação Estrutural

A presente secção aborda a questão da avaliação das condições de estabilidade e segurança dos elementos estruturais do Mercado do Bolhão que suscitaram maior preocupação após a análise da informação obtida com a inspeção estrutural. Neste âmbito foi analisada a estrutura de betão armado da galeria, incluindo-se as lajes e vigas, bem como os pilares de ferro fundido de apoio. Atendendo ao contexto do presente capítulo, apenas se abordam em seguida as questões relacionadas com a análise de segurança do referido pavimento em betão armado.

Considerando que uma análise simplificada e conservativa do comportamento do pavimento não iria garantir a obtenção de resultados fiáveis no que respeita à avaliação da sua segurança estrutural, optou-se, numa primeira abordagem, por construir um modelo numérico do mesmo, de modo a poder estabelecer uma estimativa da carga máxima admissível no pavimento bem como da sua deformação vertical. Não sendo objeto do presente trabalho a discussão dos aspetos mais relacionados com as opções tomadas na construção do referido modelo numérico, salienta-se no entanto que existia alguma incerteza na definição de algumas características fundamentais de modo a poder simular o comportamento do pavimento da forma mais realista possível. Por exemplo, não foi possível definir

de forma objetiva qual a real espessura resistente da laje, bem como a contribuição do reticulado de vigas para a resistência e para a rigidez dessa mesma laje (Costa et al., 2009). Além disso, salienta-se ainda que, apesar das diferentes opções que podem ser tomadas em termos de modelação numérica, haverá sempre dificuldades em representar vários fatores cuja influência não pode ser desprezada neste tipo de estruturas mais antigas, como por exemplo o envelhecimento e a degradação material ou a existência de deformações já instaladas na estrutura. Apesar do modelo numérico ter permitido obter uma leitura parcial do comportamento esperado do pavimento, e com uma aproximação razoável em certos casos, os resultados obtidos com a sua utilização não foram suficientes para concluir acerca da sua segurança estrutural. Assim, na sequência desta análise numérica, foi efetuado um conjunto de ensaios de carga que permitiram estabelecer com maior fiabilidade a resistência do pavimento para um patamar de carga máxima estabelecida e a correspondente deformação vertical do pavimento.

Os ensaios de carga foram realizados em três locais distintos da galeria (piso 1) e tiveram por objetivo avaliar a resposta estrutural face a carregamentos estáticos crescentes até atingir um valor de sobrecarga próximo do previsto na regulamentação (RSAEEP, 1983). Tal como se ilustra na Figura 4.46, os locais escolhidos correspondem a dois sectores da ala Poente da galeria (um a Sul e outro a Norte- Locais A e B respetivamente) e no interior de uma loja do piso 1 na ala Nascente (local C).

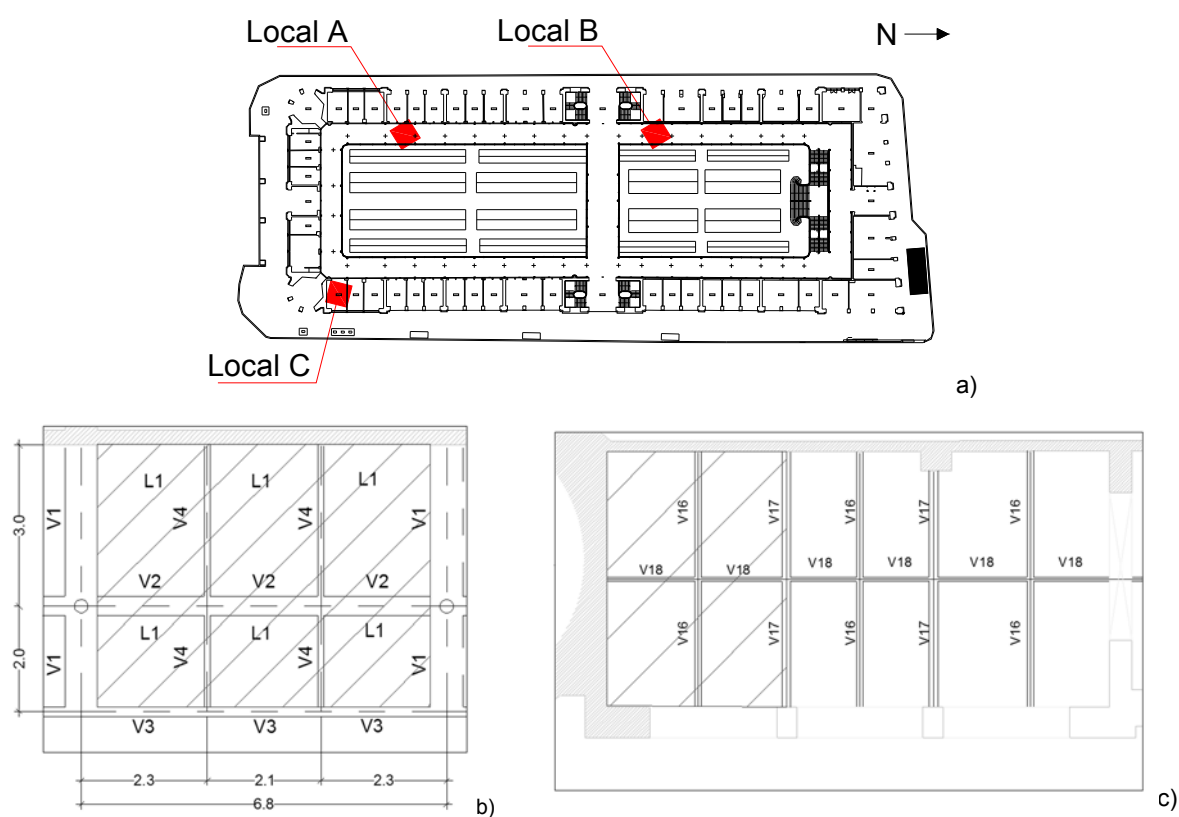


Figura 4.46 - Locais de ensaio do pavimento do piso 1: a) Implantação geral; Esquemas estruturais b) dos locais A e B (na galeria) e c) do local C (loja na ala Nascente)

Embora o objetivo ideal dos ensaios passasse pela avaliação da resposta global de cada um dos locais como um todo, limitações de materialização de carga e de disposição da mesma obrigaram a que fossem feitas avaliações parciais do painel de laje e das vigas em condições mais desfavoráveis. Além disso, o plano de ensaios inicialmente previsto também foi sendo ajustado à medida que se foi conhecendo a resposta do pavimento em termos da sua deformação. De facto, os reduzidos níveis de deslocamentos registados, bem como as limitações temporais e de custos da estrutura provisória de apoio ao ensaio, levaram a que o número de ensaios se limitasse a quatro.

Os ensaios de carga foram realizados através de carregamentos de reservatórios cúbicos sobre as áreas a ensaiar com rede hidráulica entre si que foram sendo progressivamente cheios com água que foi sendo medida com um caudalímetro. Para medir os deslocamentos verticais foram utilizados transdutores de deslocamento de vareta do tipo LVDT (Linear Variable Displacement Transformer) e outros de fio do tipo potenciómetro eléctrico, colocados sob o pavimento (nos ensaios da galeria) e sobre o mesmo para o ensaio na loja. Os carregamentos foram, de forma geral, efetuados em patamares de cerca de 100kg/m^2 , sendo a sua descarga feita em patamares de cerca de 150kg/m^2 . Os sucessivos carregamentos foram feitos somente após a estabilização das leituras dos transdutores e o nível de carga máximo variou para os diferentes ensaios. Não foi considerado o peso dos reservatórios vazios nem das plataformas e estrutura metálica onde estes estavam apoiadas, admitindo-se assim que esta carga faria parte do peso próprio da estrutura, uma vez que as deformações correspondentes estavam já contabilizadas nas leituras iniciais. Relativamente aos efeitos da temperatura nos resultados, há a salientar que as variações térmicas não foram tais que levassem a alterações significativas dos resultados. Da Figura 4.47 à Figura 4.54 ilustram-se diferentes fases do ensaio com o sistema de reservatórios adotado e a estrutura metálica de espera sob o pavimento, com a instrumentação de medição de deslocamentos instalada.



Figura 4.47 – Transdutores de deslocamento.



Figura 4.48 – Enchimento dos reservatórios no ensaio 1 no local A.



Figura 4.49 – Enchimento de reservatórios no ensaio 2 no local A.



Figura 4.50 – Suportes dos transdutores.



Figura 4.51 – Enchimento de reservatórios no ensaio 3 no local B.



Figura 4.52 – Disposição dos reservatórios no ensaio 4 no local C.



Figura 4.53 – Escoramento de espera.



Figura 4.54 – Aquisição de dados.

De modo a sintetizar os resultados obtidos dos ensaios de carga, refere-se que, com a exceção do ensaio 4, todos os ensaios atingiram um nível de carga semelhante ou superior à sobrecarga regulamentar (4kN/m^2 , segundo o RSAEP, 1983), tendo-se obtido respostas essencialmente em regime linear elástico com valores de deslocamento extremamente baixos, mesmo no contexto da regulamentação atual. Apesar das dificuldades técnicas que ocorreram durante o ensaio 4 e que impediram que fosse atingido o nível de carga pretendido, a resposta estrutural obtida permite no entanto concluir que os deslocamentos são bastante baixos e, portanto, que a segurança está igualmente assegurada para o nível de carga regulamentar. O Quadro 4.II apresenta uma síntese dos resultados dos ensaios com base nos quais se confirma a reserva de resistência da estrutura de betão armado que permite concluir que será possível manter os elementos de betão armado com garantias de bom desempenho estrutural no futuro, desde que se proceda à realização de medidas de reabilitação da estrutura. Apesar deste resultado, são de salientar as dificuldades, quer técnicas, quer conceptuais, que surgem durante a avaliação da segurança estrutural deste tipo de estruturas e que poderão condicionar a sua sobrevivência.

Quadro 4.II – Resultados dos ensaios de carga.

Ensaio	Elemento estrutural	Flecha (mm)	Carga máxima
1	Painel de laje L1	0.113	530 kg/m^2
2	Viga V2	0.710	1100 kg/m
3	Viga V2	0.432	950 kg/m
4	Painel de laje L1	-	315 kg/m^2
4	Viga V16	0.118	360 kg/m

4.8 Notas finais

Embora mantendo a função para a qual foi projetado, tem sido notória a diminuição da importância do Mercado do Bolhão como mercado central de frescos do Porto nos últimos anos, reflexo da sua inadaptação aos novos hábitos sociais de compra, às técnicas modernas de comercialização e às maiores exigências de rigor sanitário e de conforto. A estes aspetos juntam-se ainda os contínuos problemas de estabilidade estrutural, em particular da ala sul, e a falta de manutenção preventiva que o conduziram à inevitável degradação material e, naturalmente, estrutural. Apesar deste estado geral de degradação que, de certa forma, envelhece o edifício e lhe tira dignidade, o conhecimento adquirido no trabalho de inspeção e diagnóstico efetuado permite dizer que o edifício do Mercado do Bolhão se encontra, de forma geral, em razoáveis condições do ponto de vista estrutural, devendo, no entanto, ser alvo de requalificação a curto prazo.

Como já referido, o grande desafio da reabilitação da estrutura do Mercado do Bolhão, assim como o de outras inúmeras construções de betão armado do início do século XX, é garantir a sua segurança estrutural sem as descaracterizar. Como se viu no Capítulo 2, o desafio da reabilitação destes edifícios para a preservação da sua autenticidade passará mais pela manutenção das suas funções sociais associadas aos avanços tecnológicos da época, do que pela manutenção de materiais e processos construtivos ou pela importância da pátina. Assim, na reabilitação deste edifício, surgem duas grandes questões: a necessidade de conhecer o que está efetivamente construído a nível estrutural para se conseguir garantir a segurança de pessoas e bens, muitas vezes fortemente condicionada pela escassez de registos da época, e a necessidade de manter a forma com o equilíbrio de secções e vãos que caracterizam este tipo de construção de cariz eminentemente experimentalista, e para o qual o seu envelhecimento não faz parte da memória.

As ações de inspeção e diagnóstico estrutural levadas a cabo pelo IC-FEUP no edifício do Mercado do Bolhão seguiram o recomendado pela Carta de Cracóvia (2000) e pelas Recomendações para a Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Património Arquitetónico (ISCARSAH, 2003). Este conhecimento científico obtido pelo rigor dos levantamentos e pela determinação das características mecânicas dos materiais permitem, no mínimo, uma “reconstrução” das linhas gerais do projeto de estruturas inicial, sendo este um conhecimento precioso para uma abordagem eficaz à avaliação da segurança das estruturas. O facto é que sem conhecimento do que está efetivamente construído e sem informação acerca das características dos materiais não é possível avaliar o comportamento estrutural através dos modelos de cálculo atuais. Sem esses dados, as abordagens possíveis serão necessariamente mais conservativas e, como tal, potencialmente penalizadoras para a estrutura. Qualquer intervenção baseada numa abordagem sem qualquer tipo de informação sobre a estrutura levará inevitavelmente a soluções extremamente intrusivas a nível estrutural e poderá levar a alterações das secções e, eventualmente, da forma dos elementos estruturais, modificando portanto as proporções arquitetónicas e, conseqüentemente, a imagem do edifício que se considera um dos valores a preservar. Salienta-se, no entanto, que apesar de conceptualmente ser possível obter o total conhecimento técnico e científico das construções através dos processos de inspeção estrutural, em alguns casos, o conhecimento obtido poderá não ser suficientemente completo a menos que se opte por abordagens mais intrusivas (e.g. sondagens destrutivas), contrariando assim o objetivo inicial que consiste em preservar essa mesma construção.

O Mercado do Bolhão é um caso em que não foi possível encontrar em arquivo nenhuma informação de projeto relativa à estrutura portante. Lembra-se que, nesta época, os ante-projetos apenas definiam o tipo de edifício pretendido e os materiais, sendo a solução estrutural da responsabilidade do construtor que escolhia um sistema estrutural patenteado e fazia a sua encomenda. Neste tipo de casos, a inspeção estrutural é um elemento fundamental para poder realizar uma primeira análise da segurança estrutural com base na qual se deverá avaliar que abordagens adicionais poderão ser necessárias para definir de forma objetiva essa segurança. Em muitos casos, quer pela complexidade da estrutura, pela escassez de informação necessária para construir um modelo numérico fiável da

estrutura, ou pela dificuldade em simular determinadas características da estrutura existente (e.g. a degradação material ou deformações pré-existentes), a análise da segurança poderá ser apenas possível com recurso a ensaios de carga, tal como aconteceu no caso do Mercado do Bolhão. Nestes casos, importa igualmente salientar a importância que a monitorização das estruturas pode ter na medida em que pode fornecer informação que ajude a compreender o comportamento estrutural de construções complexas e pode fundamentar os resultados duma análise da segurança para uma construção em que não seja possível realizar ensaios de carga.

A discussão da reabilitação dos edifícios do início do século XX não pode, naturalmente, limitar-se à questão da estabilidade estrutural devendo envolver novos conceitos de conservação e restauro que terão de ser adaptados a estes novos patrimónios. Como anteriormente referido, para além dos valores estéticos e histórico-documental, outros valores tais como o valor económico, o valor funcional e o valor afetivo terão também de ser tidos em conta (Zancheti, 2014).

Também como já referido no Capítulo 3, o betão armado desta época não pode ser reabilitado com os materiais iniciais nem com as técnicas originais, obrigando a que as novas intervenções sobre estas estruturas exerçam um importante exercício de compatibilidade mecânica e química entre materiais. Após o seu início, a corrosão das armaduras dificilmente é travada e a compatibilidade química entre, por exemplo, inibidores de corrosão e o betão original é difícil de prever e testar em tempo útil. A questão da durabilidade da intervenção terá de ser colocada e, inevitavelmente, associada ao custo da obra, ao prazo da obra, à durabilidade pretendida para a obra e à existência de manutenção preventiva. Face à escassez de obras de reabilitação nas estruturas de betão do início do XX e à falta de retorno da experiência adquirida em algumas obras executadas, o conhecimento técnico ainda não está consolidado.

Capítulo 5

Caso de estudo 2 – Fachadas do Teatro Nacional São João

5.1 Introdução

O planeamento de intervenções de reabilitação em património cultural levanta algumas questões que têm de ser atendidas em fase prévia para que, em obra e sob pressão, não se seja conduzido a implementar soluções menos respeitosas do património. Às questões de intervenção mínima, autenticidade, valor e significado cultural podem opor-se questões de segurança, durabilidade da intervenção, cumprimento dos prazos e do custo da obra. De modo a pesar de forma mais objetiva estes e outros parâmetros que devem ser considerados numa intervenção em património cultural, o presente capítulo discute o caso particular da obra de reabilitação das fachadas do Teatro Nacional de São João (TNSJ), edifício do início do século XX classificado como Monumento Nacional em julho de 2012, para a qual foi proposto um índice de classificação da intervenção para os elementos escultóricos e decorativos executados em argamassa de cimento armado. Este índice combina os diferentes fatores relevantes para esta intervenção e funcionou como um elemento auxiliar para a tomada de decisão. O caso de estudo que a seguir se apresenta refere-se à obra de reabilitação das fachadas do TNSJ mas centra-se sobretudo na intervenção de consolidação dos elementos escultóricos e decorativos em cimento armado que as ornamentam, sendo que grande parte desses elementos têm a autoria de importantes escultores da cidade.

5.2 O Teatro Nacional São João

O edifício do TNSJ no Porto foi inaugurado em 1920 após o anterior teatro, da autoria de Vincenzo Mazzoneschi e localizado no mesmo sítio, ter sido reduzido a cinzas num incêndio que ocorreu na noite de 11 para 12 de Abril no ano de 1908. O atual edifício do TNSJ está classificado como Monumento Nacional e é da autoria do Arquiteto José Marques da Silva (1869-1947), ilustre arquiteto portuense com formação na École Nationale Supérieure des Beaux-Arts em Paris que marcou definitivamente o urbanismo e a face da cidade do Porto. Terão sido os padrões italianos e franceses a inspirar a sala de espetáculos (disposta em forma de ferradura) e a decoração das fachadas exteriores e dos avant-foyer e foyer, da autoria dos escultores portuenses Henrique Araújo Moreira (1890-1979) (UP, 2015a), Diogo de Macedo (1889-1959) (UP, 2015b) e José Fernandes de Sousa Caldas (1894-1965) (UP, 2015c). Diogo de Macedo, considerado como um dos mais importantes escultores da primeira geração de artistas

modernistas portugueses, juntamente com Sousa Caldas são os responsáveis pela modelação das quatro figuras de grande dimensão, alusivas à Bondade, Dor, Amor e Ódio, presentes no friso do entablamento da fachada principal do TNSJ (Figura 5.1a). Quanto aos elementos decorativos localizados nas fachadas laterais, tais como máscaras, grinaldas e elementos geométricos, a Direção Geral do Património Cultural refere que estes foram executados pelo escultor Joaquim Gonçalves da Silva (DGPC, 2015). No entanto, uma pesquisa acerca deste escultor revelou o seu falecimento em 1912, dois anos após o início das obras do teatro. Assim, dado que as obras do atual edifício começaram em 1910 e terminaram em 1918 (FIMS, 2015b), será mais realista não considerar este escultor entre os executores dos elementos decorativos pois com certeza deverão ter sido executados mais próximo do final da obra. Pesquisas feitas no arquivo da Fundação Instituto Marques da Silva (FIMS) não permitiram ser conclusivo sobre os artistas envolvidos na construção dos elementos decorativos exteriores das fachadas laterais, nem sobre a forma de execução e colocação em obra de todos estes elementos decorativos.

A partir de 1932, altura em que foi construída uma cabine de projeção no interior do TNSJ, o edifício passou a servir, quase em exclusivo, para exposições cinematográficas. O TNSJ começou então a ser conhecido na cidade do Porto como Cine São João. Após a sua aquisição pelo Estado à família Pinto da Costa, o TNSJ foi alvo de uma intervenção profunda pelo Instituto Português do Património Arquitetónico (IPPAR), entre 1993 e 1995, sendo o Arquiteto João Carreira o responsável pelo projeto e pela coordenação das obras de reabilitação.

Após alguns anos começam a destacar-se e a cair na via pública pedaços de argamassa dos elementos decorativos das fachadas do teatro, situação que leva ao seu entaipamento durante alguns anos (Figura 5.1b) até que, em maio de 2013, se inicia a obra de conservação e restauro das fachadas. Esta obra foi da responsabilidade do Arquiteto João Carlos Santos da Direção Regional da Cultura do Norte (DRCN) organismo que veio substituir o Instituto Português do Património Arquitetónico e Arqueológico (IPPAR) e a Direção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais (DGEMN) e executada pelo empreiteiro geral STAP, SA e pelo sub empreiteiro CaCO3. Para apoio ao lançamento desta obra foi elaborado, em 2010, um relatório de inspeção e diagnóstico do estado das fachadas da responsabilidade do IC-FEUP (Costa e Paupério, 2010) e um relatório de caracterização de argamassas pela Universidade de Aveiro (Velosa e Rocha, 2010). Nessa altura, foi ainda executado um levantamento ortofotogramétrico com mapeamento de patologias nas fachadas pela empresa OZ, Lda (OZ, 2010).



a) Fachada principal



b) Fachada lateral direita parcialmente entaipada

Figura 5.1 – Fachadas do Edifício.

5.3 Fachadas do Teatro Nacional São João

5.3.1 Descrição e localização dos diferentes tipos de elemento decorativo

Os elementos decorativos em alto-relevo adossados às fachadas do TNSJ, compostos por máscaras (ou carrancas), grinaldas e elementos geométricos, são executados em argamassas de cimento de acordo com o relatório “Análise da composição e do estado de patologia de argamassas do Teatro Nacional S. João” da Universidade de Aveiro (Velosa e Rocha, 2010). Estes elementos têm dimensões e motivos muito variáveis, verificando-se que as grinaldas e os elementos de cariz geométrico são repetidos em frisos decorativos. Por seu lado, as carrancas (ou máscaras) são elementos únicos e atingem grandes dimensões. A encimar a fachada principal, e em cada lado da fachada, existem dois vasos decorativos que atingem mais de 1,5m de altura. A Figura 5.2 e a Figura 5.3 apresentam os alçados do edifício onde se encontram assinalados numericamente alguns destes elementos decorativos, os quais são seguidamente ilustrados em fotografia da Figura 5.4 à Figura 5.17. Algumas das fotografias poderão não corresponder exatamente ao elemento versus alçado, como é o caso do elemento designado por 1 (Figura 5.4) que corresponde à figura do local assinalado, mas existente no alçado Poente.

Como já referido, a pesquisa dos arquivos da FIMS não permitiu encontrar registos sobre a forma de execução dos elementos decorativos. No entanto, a observação no local após a limpeza das fachadas permitiu verificar que, para um mesmo padrão de elementos decorativos, podem existir diferentes tipos de argamassa, o que poderá indiciar diferentes oficinas na execução de um mesmo tipo de elemento decorativo. A diferença observada nas argamassas está relacionada com o tipo e quantidade de agregado utilizado na sua execução o que, naturalmente, lhe dá um aspeto final diferente. Por exemplo, a fachada lateral direita possui, na sua maioria, uma argamassa com agregados siliciosos o que lhe confere um aspeto visual semelhante a um granito. Por seu lado, na fachada posterior e na fachada lateral esquerda (zona traseira), a argamassa dos elementos decorativos possui bastantes mais finos o que lhe confere uma textura e um acabamento mais semelhante a uma pedra calcária.

Os diferentes elementos decorativos possuem dimensões variáveis, as quais atingem cerca de 1,80m de altura no caso de elementos figurativos. Existem elementos decorativos que possuem varões

metálicos e rede de galinheiro incorporados na argamassa (Figura 5.17 a Figura 5.21), sendo que alguns deles são fingidos estruturais, como por exemplo o caso da cornija e das mísulas. Neste caso, estes elementos são ocultos no seu interior e são executados com argamassa armada com rede de galinheiro e varões metálicos.

A nível estrutural as paredes portantes (paredes exteriores e divisórias transversais da zona da teia) são executadas em granito sendo a estrutura horizontal (lajes e escadas do foyer e avant-foyer) em estrutura de betão armado. As vigas que dão apoio à cobertura da zona da teia e que vencem cerca de 15,0m são igualmente em betão armado e são elementos ainda da estrutura original. As coberturas originais das restantes áreas eram executadas em estrutura de madeira e foram entretanto substituídas por estruturas novas em betão armado.

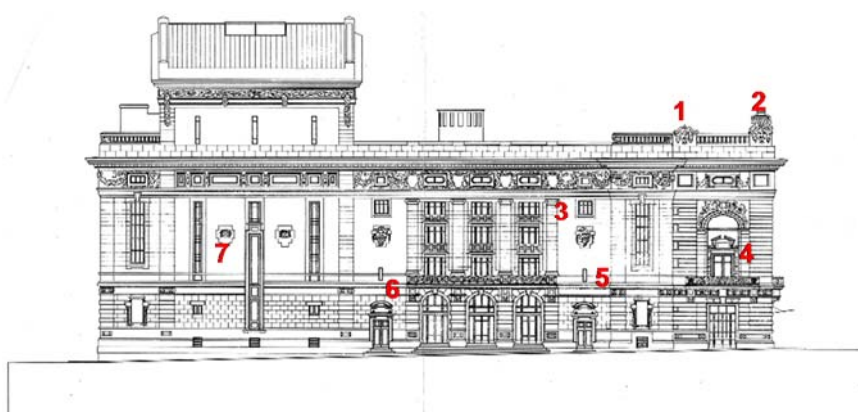


Figura 5.2 – Alçado Nascente com indicação numérica de elementos decorativos.

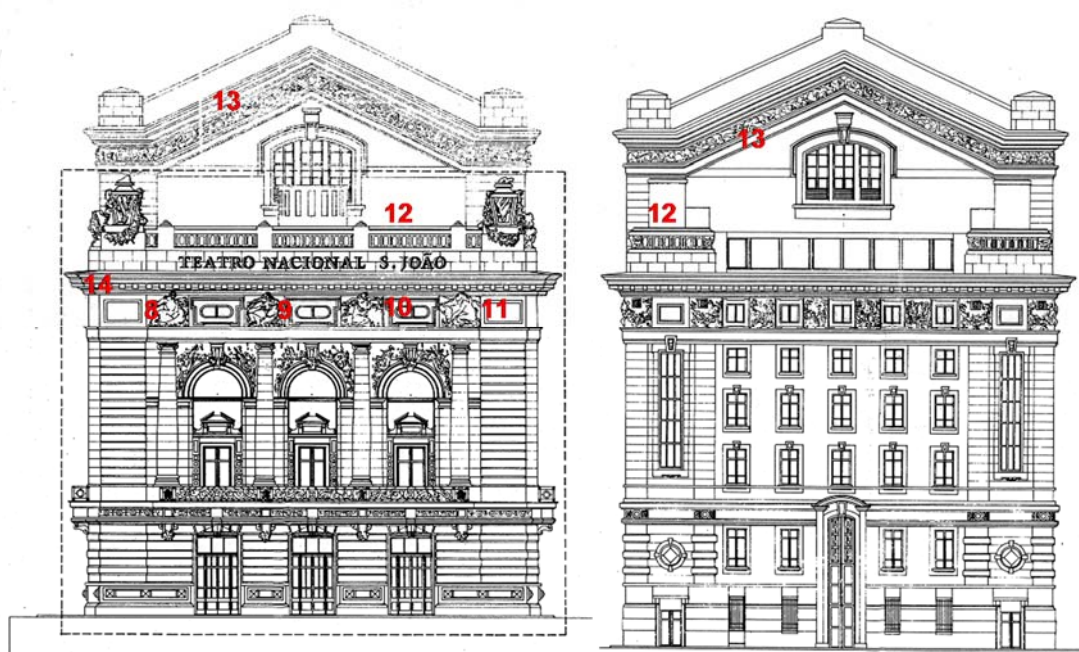


Figura 5.3 – Alçados Norte (principal) e Sul com indicação numérica de elementos ou bandas decorativas.



Figura 5.4 – Elemento decorativo 1.



Figura 5.5 – Elemento decorativo 2.

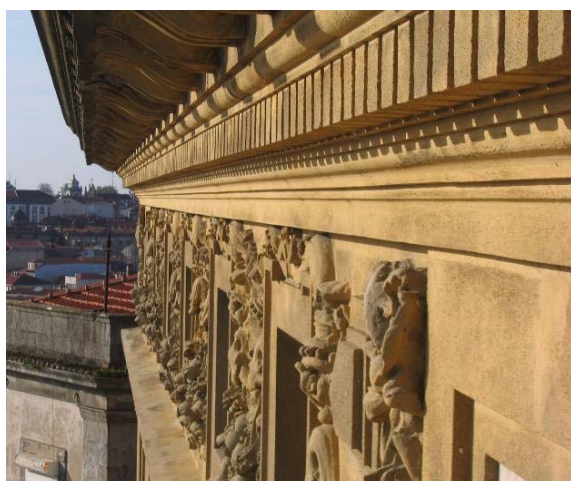


Figura 5.6 – Elementos decorativos 3.



Figura 5.7 – Elemento decorativo 4.



Figura 5.8 – Elemento decorativo 5.



Figura 5.9 – Elemento decorativo 6.



Figura 5.10 – Elementos decorativos7.



Figura 5.11 - Elemento decorativo 8 (Bondade).



Figura 5.12 – Elemento decorativo 9 (Dor).

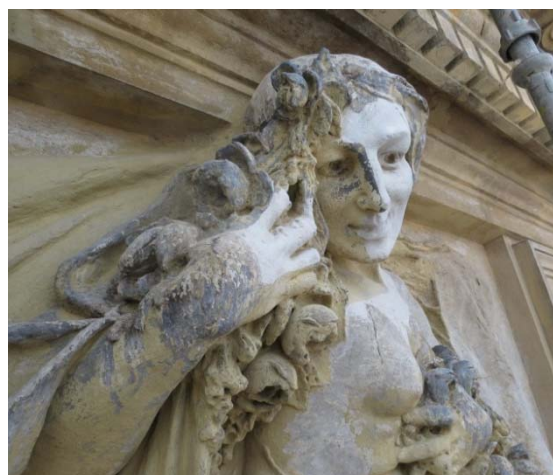


Figura 5.13 - Elemento decorativo 10 (Amor).



Figura 5.14 – Elemento decorativo 11 (Ódio).



Figura 5.15 – Elemento decorativo 12 (elementos com zona central oca).



Figura 5.16 – Elementos decorativos 13.



Figura 5.17 – Elemento decorativo 14 (mísulas fingidas com interior oco).



Figura 5.18 – Elemento figurativo com varões metálicos e destacamento de argamassa.



Figura 5.19 – Varão metálico e rede de galinheiro.



Figura 5.20 – Varões metálicos em elementos decorativos.



Figura 5.21 – Cornija fingida (oca no interior).

5.3.2 Danos nas fachadas

Para além dos danos nos elementos decorativos que foram sendo referidos ao longo da sua descrição no ponto anterior, foram ainda observados outros tipos de dano nas fachadas do TNSJ. Assim, serão abordados neste ponto os diversos danos registados nas fachadas, dando-se especial ênfase aos danos nos elementos decorativos por serem os que suscitaram maior preocupação de intervenção. O levantamento geral dos danos foi feito em duas fases: em 2010, sem limpeza das fachadas, durante uma avaliação visual da qual resultou o relatório do IC-FEUP (Costa e Paupério, 2010) e, posteriormente, no início da obra em 2013, numa avaliação em que a equipa de conservação e restauro registou com rigor o estado de alguns dos elementos escultóricos após a primeira limpeza geral das fachadas e a aplicação de biocida.

Os danos registados nas fachadas do TNSJ em 2010 pelo IC-FEUP foram então os seguintes:

A. Danos Estruturais

- Fissuração associada a movimentos estruturais na alvenaria.

B. Danos nos elementos decorativos:

- Lacunas com perda de material;
- Fissuração/fratura em elementos decorativos;
- Destacamento de material;
- Carbonatação e delaminação de argamassas;
- Corrosão de elementos metálicos;
- Colonização e depósitos biológicos (guano);
- Plaquetas, filmes ou crostas negras.

C. Danos em rebocos exteriores:

- Fissuração de retração nas argamassas;
- Colonização biológica;
- Plaquetas, filmes ou crostas negras.

Para cada tipo de dano A, B e C serão apresentadas em seguida algumas considerações, como a sua descrição, a identificação de potenciais causas para a sua ocorrência e algumas recomendações.

A. Danos Estruturais

A fissuração associada aos danos estruturais caracteriza-se por ser uma fissuração vertical localizada nos alçados Nascente e Poente do edifício, sobretudo nas extremidades do edifício. Esta fissuração está associada à transição de zonas mais rígidas para zonas menos rígidas do edifício, funcionando assim como juntas de dilatação do edifício e não inspirando, nestes casos, grandes cuidados. Na Figura 5.22 apresenta-se a localização das duas zonas de fissuração estrutural e que é simétrica nos dois alçados.

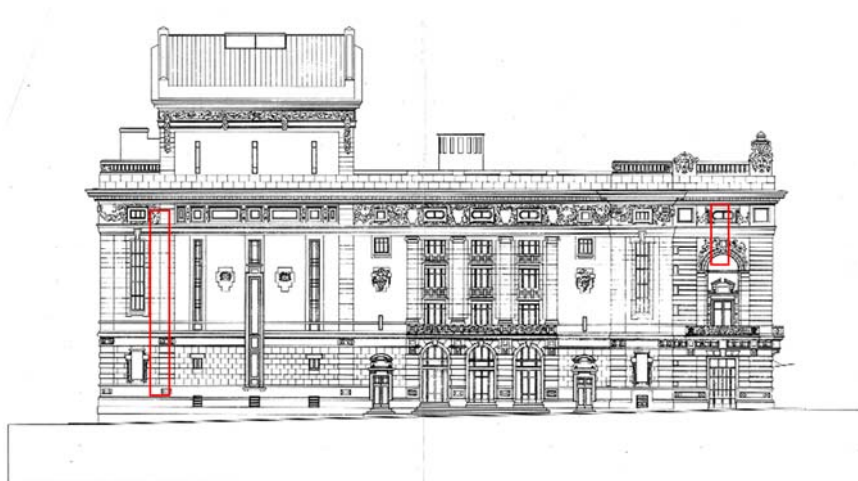


Figura 5.22 – Alçado Nascente: Localização de fissuração estrutural.

B. Danos associados aos elementos decorativos:

Apesar de se observar em quase todos os elementos decorativos fissuras e mesmo já fraturas com destacamento de material, o estado geral das argamassas que executam os elementos decorativos não foi considerado particularmente preocupante nas zonas onde não existiam armaduras. Alguns elementos que se encontram menos expostos (Figura 5.23 e Figura 5.24) apresentavam um razoável estado de conservação, enquanto noutros já existiam pedaços de argamassa completamente soltos e prestes a cair na via pública (Figura 5.25). No entanto, mesmo na proximidade de locais onde a argamassa apresentava alguma degradação, foram efetuados ensaios com indicador químico de fenolftaleína tendo-se obtido uma profundidade de carbonatação praticamente nula.



Figura 5.23 – Banda de elementos decorativos em zona menos exposta e com aparente bom estado de conservação.



Figura 5.24 – Toque para primeira análise do estado das argamassas.



Figura 5.25 – Fratura e desprendimento dos elementos decorativos.

Apresentar-se-ão seguidamente da Figura 5.26 à Figura 5.34 fotografias ilustrativas dos danos observados nos elementos decorativos de acordo com a listagem de danos anteriormente enunciada, sendo as legendas dessas figuras explicativas dos danos visualizados.



Figura 5.26 – Corrosão de armaduras e desprendimento da camada de recobrimento.



Figura 5.27 – Destacamento da camada de argamassa e corrosão de armadura em beiral.



Figura 5.28 – Pormenor de armaduras do beiral e presença de musgos.



Figura 5.29 – Destacamento de argamassa fissurada com auxílio de espátula. Carbonatação das argamassas e corrosão de armaduras.



Figura 5.30 – Depósitos de guano.



Figura 5.31 - Depósitos de guano.



Figura 5.32 – Fissuração e destacamento de argamassas por corrosão de armaduras.



Figura 5.33 – Fissuração e destacamento de argamassas por corrosão de armaduras em elementos figurativos (caras).



Figura 5.34 – Fissuração/fratura nos elementos decorativos vegetalistas.

Como exemplo do estado das argamassas num elemento decorativo em que a fissuração não aparentava grande expressão mas onde a argamassa se destacou no imediato com a mão e sem esforço, apresenta-se de forma sequencial na Figura 5.35 essa delaminação junto a uma fissura localizada no nariz de um elemento escultórico. Nestes elementos, em que o conceito de autenticidade e a mão do artista são fundamentais, a degradação material é muito preocupante, salientando-se que, nestes casos, a pátina é sinal de mau desempenho do material não podendo, naturalmente, ser valorizada.



Figura 5.35 – Delaminação de argamassas por corrosão de armaduras.

A título ilustrativo, apresenta-se na Figura 5.36 o levantamento de danos feito pela equipa de conservação e restauro para um dos elementos decorativos após a primeira limpeza geral das fachadas e a aplicação de biocida.

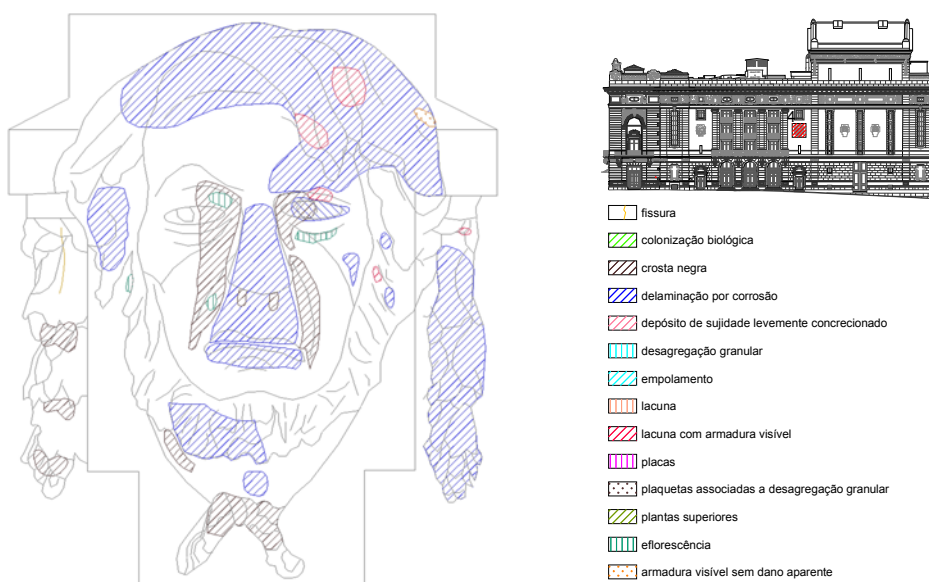


Figura 5.36 – Levantamento de danos em elemento escultórico após a primeira limpeza geral das fachadas e a aplicação de biocida executado pela empresa CaCO3.

5.4 Metodologia de intervenção

De modo a auxiliar o processo de decisão acerca do tipo de intervenção a executar na consolidação de um determinado elemento decorativo, foi necessário efetuar uma ponderação adequada dos diversos fatores que intervieram nessa decisão. A diversidade de tipos de elementos decorativos, a diversidade dos danos, o diferente grau de degradação, a diversidade dos processos construtivos, a dificuldade de uma observação contínua das fachadas, a preocupação com a queda de elementos da fachada e da consequente segurança dos transeuntes na via pública, a repetibilidade ou o carácter exclusivo de um elemento foram fatores que influenciaram a tomada de decisão acerca do tipo de intervenção a efetuar em cada um destes elementos. De forma a contribuir para o processo de decisão acerca dessas

intervenções, foi desenvolvido um índice que ponderava os diferentes fatores que influenciam a definição da intervenção. Salienta-se que a necessidade de ter um índice que avaliasse de igual forma os diferentes fatores e parâmetros que influenciam a decisão de intervenção surgiu já no decorrer da obra, tornando-se este índice num importante instrumento de apoio à engenharia.

Para a definição e o desenvolvimento deste índice foi fundamental obter um bom conhecimento dos elementos a intervir, bem como do seu processo construtivo. Assim, após a limpeza das fachadas e da aplicação de biocida, foi possível realizar uma avaliação mais rigorosa do estado das fachadas e em particular dos elementos decorativos. Nesta avaliação, foram analisadas as diferenças das argamassas dos diversos elementos decorativos (Velosa, 2013) e foi feita a possível caracterização construtiva. Refere-se, no entanto, que, em alguns casos, a caracterização do processo construtivo não foi unânime entre os elementos da equipa da área da engenharia e os da área da conservação e restauro.

Foi constatado, já em fase de obra, que algumas das argamassas recolhidas na inspeção efetuada pelo IC-FEUP (Costa e Paupério, 2010) e analisadas pela Universidade de Aveiro (Velosa e Rocha, 2010) não correspondiam às argamassas originais, mas sim a argamassas de restauro de uma época não datada às quais foram adicionados varões metálicos, possivelmente numa tentativa de reforçar os elementos decorativos e melhorar a aderência entre as diferentes argamassas. Uma das carrancas laterais que se encontrava em muito mau estado, e que foi utilizada nesta obra de restauro das fachadas como “área laboratorial” para um melhor conhecimento do executado, mostrou ter alguns empastelamentos de argamassas que alteraram a sua expressão facial inicial (Figura 5.37 a Figura 5.39). Nesta carranca foram extraídas duas carotes de diâmetro $\varnothing 50$: uma na face e no sentido transversal à fachada (Figura 5.39), e a outra vertical sobre a cabeça junto à parede de suporte para se aferir a fixação do elemento escultórico ao suporte. A observação das lacunas provocadas pelos danos e as sondagens executadas permitiram confirmar que: os elementos decorativos de maior dimensão são maciços contrariamente ao que se esperava; as carrancas laterais foram executadas no local e encontram-se fixas ao suporte através de uma viga de betão armado que se encontra executada ao nível da testa dos elementos; não existem armaduras no interior das carrancas tendo-se concluído que as armaduras existentes na zona superior da cabeça resultaram de uma ação de intervenção anterior não registada e não datada.



Figura 5.37 – Sondagem que mostra o empastelamento de argamassa sobre a testa.



Figura 5.38 – Pormenor da sondagem.



Figura 5.39 – Extração de carote na face.

Adicionalmente, foi também extraída uma carote de diâmetro $\varnothing 50$ transversalmente à escultura Ódio do friso da fachada principal que permitiu observar que a argamassa que a executa é bastante compacta com agregados muito finos (Figura 5.40). Quase no alinhamento da estátua com o suporte, verificou-se que esta possui o que aparenta ser uma placa de madeira com um arame torcido de fixação ao suporte. Foram feitas várias interpretações sobre o que foi revelado pela extração desta carote, não tendo no entanto ficado clara a forma de execução da escultura e da sua colocação no local. Prevalece a dúvida sobre se esta terá sido executada em atelier, posteriormente fixa ao suporte por arames torcidos sendo depois rematada a zona de entrega da estátua à parede com argamassa de cimento ou se, pelo contrário, este painel de madeira seguraria o molde *in situ* onde a estátua foi preenchida com argamassa. Refere-se ainda que, nas estátuas do friso da fachada principal, é possível observar a existência de juntas de trabalho horizontais e verticais e que não é possível detetar, pela observação do aspeto final das esculturas e da carote extraída, qualquer estratigrafia nos agregados da argamassa que permitam entender direções de enchimento de eventuais moldes. Nas zonas de junta, existem também alguns arames metálicos do tipo grampo que poderiam servir para fixar possíveis diferentes moldes de um mesmo elemento.

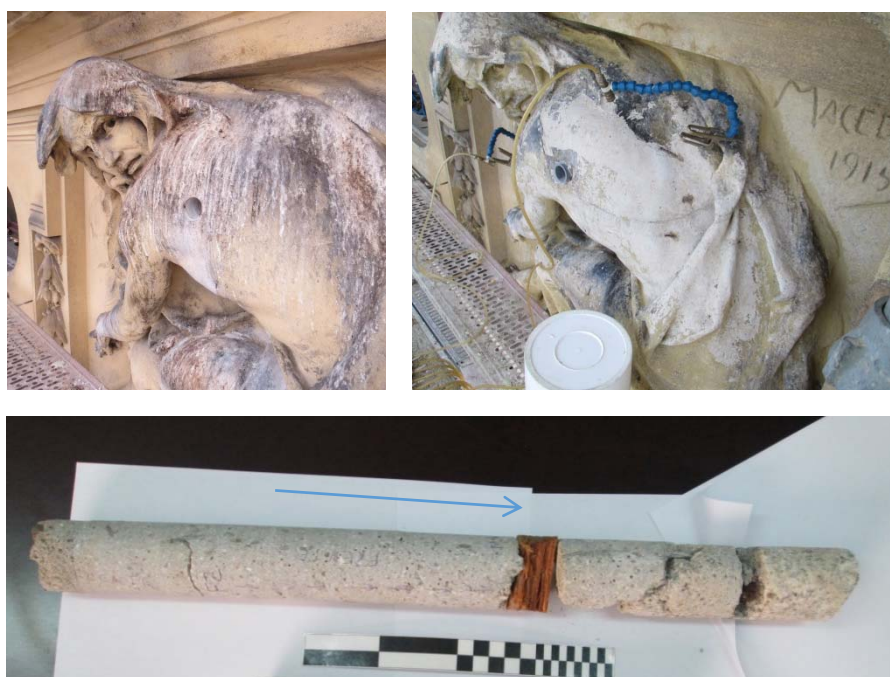


Figura 5.40 – Sondagem na imagem Ódio: a) extração da carote; b) vista após a limpeza da junta de execução da peça; c) carote extraída com direção da extração.

Já no caso de elementos de menores dimensões, identificaram-se os que claramente foram modelados no local (elementos pouco salientes) e os que foram executados com molde em atelier e depois fixos ao suporte através de varões metálicos, como é o caso das rosas das grinaldas que são fixas com um varão no olho de cada flor. Refere-se ainda que os elementos decorativos em forma oval que encimam

a fachada principal são ocós, o que pressupõe uma “pré-fabricação” e posterior colocação *in situ*. Também a banda vegetalista que encima o corpo da teia aparenta ter sido executada em atelier e colocada posteriormente em obra, pois nos locais onde se observa algum movimento destes elementos, este é de destacamento para fora do seu plano com a abertura de uma fissura entre o suporte e o elemento decorativo na zona superior. Neste elemento foi ainda possível identificar algumas juntas modelares do friso decorativo.

No caso dos vasos decorativos (Figura 5.41) que encimam a fachada principal (elemento decorativo 2), o sistema construtivo consiste em três pilares inclinados para fora em que dois deles se apoiam sobre a parede estrutural da fachada e o terceiro se apoia sobre um cachorro situado ao nível interior do terraço (Figura 5.42). Os três pilares recebem uma viga circular ao nível do maior diâmetro do vaso. Na zona central do vaso existe um varão metálico vertical de diâmetro $\varnothing 40$ que está cravado na parede de granito (Figura 5.43). Os pilares são executados com quatro varões longitudinais existindo uma rede de galinheiro a executar o perímetro interior destes varões e que se encontra amarrada a estes por arames. Por vezes aparecem ainda uns estribos espaçados com distâncias variáveis que executam o perímetro exterior dos varões longitudinais. O vaso é também um elemento maciço, sendo ocas apenas as folhas e as cabeças de carneiro adossadas aos pilares.



Figura 5.41 – Vaso escultórico.



Figura 5.42 – Pormenor do pilar.



Figura 5.43 – Varão vertical no topo do vaso.

Relativamente ao processo construtivo das mísulas existentes ao longo da cornija (Figura 5.44), verificou-se que estas são executadas em duas peças: a mísula em si fixa ao suporte através de dois varões metálicos e com arames (tipo esticadores) fixos à cornija para permitir o seu nivelamento, e a “gaveta” que entra de frente e lhe dá o remate superior junto à cornija. As mísulas possuem varões metálicos e rede de galinheiro incorporados na argamassa e as gavetas são executadas por argamassa armada com rede de galinheiro com cerca de 3cm de espessura (Figura 5.45). Neste caso, o sistema construtivo e de fixação foi facilmente identificado tendo sido estes elementos executados num sistema de “pré-fabricação” e posteriormente colocados no local. No que respeita à cornija, a inspeção

do IC-FEUP de 2010 apontava já para a possibilidade deste elemento poder ser falso e armado com rede de galinheiro, facto sustentado pela estereotomia com que o musgo crescia, em tudo semelhante à textura da argamassa aplicada sobre a rede de galinheiro (Figura 5.46 e Figura 5.47).



Figura 5.44 – Mísulas e cornija fingidas.



Figura 5.45 – Pormenor da “gaveta” de uma mísula e do arame esticador.



Figura 5.46 – Musgo sobre a cornija.



Figura 5.47 – Pormenor da textura do musgo.

Com base no observado e na consulta dos arquivos da FIMS, não foi possível definir com rigor o processo construtivo de todos os elementos decorativos do TNSJ. No caso dos elementos figurativos do friso da fachada principal, prevaleceu a dúvida sobre se estes elementos foram ou não executados em atelier e posteriormente fixos ao suporte. Não cabe nesta dissertação a discussão dos processos construtivos utilizados considerando-se, no entanto, que num processo de reabilitação este conhecimento é um importante auxiliar para a tomada de decisão na reabilitação destes elementos que deixam de ter um carácter unicamente estético. Nas decisões envolvidas na reabilitação dos elementos escultóricos de betão armado, a engenharia deverá de ter um papel preponderante pela importância do conhecimento científico enquanto suporte das intervenções. Este conhecimento,

obtido através de ensaios de materiais e da determinação das suas características mecânicas, fundamenta a definição das soluções de reparação a implementar, atendendo aos eventuais problemas de estabilidade e de compatibilidade física e química.

5.5 Definição do índice de classificação da intervenção

A conservação do património de betão ou cimento armado do final do século XIX e do início do século XX requer uma abordagem diferente da utilizada em construções mais antigas de pedra e de madeira. Por serem construções mais recentes, a pouca experiência de reabilitação de estruturas deste tipo, a falta de retorno sobre casos de sucesso e insucesso, e até mesmo a falta de conhecimento de procedimentos para a sua reparação são fatores que dificultam a tomada de decisão. Adicionalmente, também as questões de incompatibilidade material a nível químico ou físico não são simples de analisar. Por exemplo, decidir relativamente à utilização de inibidores de corrosão numa argamassa de início do século XX não constitui uma opção simples. Atendendo à falta de conhecimento sobre o comportamento das argamassas que, conforme o relatório de análise das argamassas são de variadíssimos tipos, não é possível prever se a utilização de inibidores de corrosão irá efetivamente despoletar reações químicas que melhorem o desempenho destas argamassas mais antigas na proteção das armaduras, ou se, pelo contrário, poderão levar a uma possível degradação do seu comportamento devido a reações químicas não previsíveis por dificuldade de, dentro dos prazos e do orçamento da obra, se executarem todas as análises necessárias. Também o tempo necessário para se poder comprovar a eficácia da solução, tal como já recomendado pela Carta de Veneza e que pode ser bastante demorado, não é compatível com o prazo de obra.

5.5.1 O índice de classificação da intervenção I_{CI}

A intervenção de consolidação e reabilitação de elementos escultóricos é particularmente delicada e envolve inúmeras questões e preocupações. Um dos objetivos de uma intervenção deste tipo deverá ser manter o mais possível a “mão do artista” salvaguardando a autenticidade dos elementos escultóricos envolvendo, naturalmente, operações de reparação e consolidação que garantam a sua estabilidade física ou estrutural e que minimizem a possibilidade de ocorrer a sua degradação devido a qualquer tipo de incompatibilidade. O maior problema da reabilitação dos elementos decorativos das fachadas do TNSJ foi a corrosão de armaduras associada aos elementos escultóricos tornando-se a sua reabilitação um desafio. Sabe-se que, uma vez iniciado o processo de corrosão de armaduras, este dificilmente é travado com um mínimo de intrusão. Processos químicos e de eletrólise são conhecidos para o tratamento da corrosão do aço, mas estes pressupõem um conhecimento do posicionamento das armaduras, uma boa acessibilidade a essas armaduras, um conhecimento da espessura da camada de recobrimento e um conhecimento de diferentes propriedades do betão/argamassas como, por exemplo, a sua composição química ou a sua porosidade. Estes fatores

são completamente desconhecidos no TNSJ devido à aleatoriedade dos processos de execução, à diversidade da composição das argamassas e à variabilidade do posicionamento e diâmetros das armaduras. Pensa-se que esta variabilidade poderá estar relacionada com o facto de serem diferentes oficinas a executar os ornamentos e a sua fixação às fachadas. Num elemento decorativo em que o conceito estético e a sua autoria são fundamentais, não será razoável a picagem das argamassas para eliminar os varões que estão corroídos pois isso irá destruir o elemento que se pretende preservar. Assim, a intervenção deverá tentar minimizar a progressão do processo de corrosão já instalado com base em medidas que deverão ser definidas em função do plano de manutenção preventiva, a executar associado às decisões de obra, e cuja implementação deverá ser da responsabilidade da entidade gestora do imóvel.

Os problemas relativos à intervenção nos elementos decorativos de cimento armado levantam questões de valor e de autenticidade que têm de ser ponderados com fatores igualmente importantes como a segurança e a durabilidade da intervenção, associados ao custo e ao prazo da obra. O processo de decisão acerca do nível de intervenção necessária para se reabilitar os elementos escultóricos, respeitando o seu valor patrimonial e repondo a sua integridade estrutural e material, exigiu um equilíbrio adequado de múltiplos critérios que intervieram neste processo. Estes critérios foram:

- As exigências de durabilidade;
- A escolha de procedimentos que não influenciem o prazo de obra;
- A avaliação do risco de colapso e de queda de pedaços de argamassa;
- A repetibilidade dos elementos;
- A avaliação da evolução do estado de degradação dos elementos desde a última intervenção;
- A facilidade (ou o potencial) de substituição de elementos.

Como referido anteriormente, a dificuldade de equilibrar todos os fatores que influenciam o tipo de intervenção levou ao desenvolvimento de um índice que funcionasse como uma ferramenta auxiliar para a tomada de decisão e que não fosse influenciado pelos fatores de pressão que se verificam no decorrer de uma obra, tais como o prazo da obra e o seu custo. O índice que se apresenta tornou-se particularmente útil como ferramenta auxiliar de tomada de decisão à área da engenharia, tendo em consideração os inúmeros elementos decorativos a intervir com características similares e que necessitavam de uma observação e decisão individual.

O índice foi desenvolvido tendo em conta os diversos constrangimentos dos elementos decorativos referidos anteriormente e relacionados com conceitos de autenticidade e intervenção mínima, assim como com conceitos de segurança e durabilidade aliados ao cumprimento dos prazos de obra e do valor orçamental. Nestes pressupostos, o índice foi estabelecido como uma medida quantitativa que, tanto poderia recomendar a reparação *in situ* de um elemento ou a sua substituição, pesando a influência dos diversos critérios que foram avaliados em função do nível de degradação dos elementos em análise. Os diferentes fatores tidos em conta no desenvolvimento do índice proposto I_{CI} foram

agrupados em sete critérios C1 a C7 sendo que a sua combinação que define o índice I_{CI} foi estabelecida da seguinte forma:

$$I_{CI} = \frac{\sum_{i=1}^7 C_i \times w_i}{\sum_{i=1}^7 w_i} \quad (1)$$

onde C_i corresponde à classificação atribuída ao critério i e w_i é o fator correspondente ao peso do critério i . Alguns dos critérios são classificados diretamente (como é o caso do critério C3 ou C4), enquanto outros dependem do valor de parâmetros auxiliares (P1 a P9). O índice I_{CI} irá variar entre os valores de 0 e 3. No caso do valor obtido para o índice I_{CI} ser inferior a 2, é recomendado que o elemento decorativo em análise seja reparado e consolidado. Para valores do índice I_{CI} superiores ou iguais a 2, é sugerida a substituição do elemento. Naturalmente, este índice apenas estabelece uma indicação que deverá ser posteriormente avaliada, não devendo o seu resultado ser aplicado de forma “cega”. De forma a fornecer a informação necessária para aplicação do índice proposto, apresenta-se, em seguida, uma descrição detalhada dos parâmetros e critérios considerados, bem como das ponderações atribuídas a cada critério para a quantificação do índice I_{CI} .

5.5.2 Parâmetros auxiliares de caracterização dos elementos decorativos

A definição do índice I_{CI} considera a quantificação de nove parâmetros auxiliares P1 a P9 que caracterizam diferentes aspetos relacionados com os elementos decorativos. Estes parâmetros são posteriormente utilizados na quantificação de alguns dos critérios C1 a C7. Os parâmetros auxiliares P1 a P9 encontram-se descritos em seguida, sendo igualmente estabelecidos os diferentes valores que poderão tomar em função das características do elemento decorativo em análise. Para alguns desses parâmetros, é definida informação adicional que permita classificar o parâmetro de forma mais fácil.

Parâmetro P1 – Estado de Fissuração do Elemento:

- Sem fissuras: P1 = 1
- Fissuras com abertura inferior a 0.3mm: P1 = 2
- Fissuras com abertura superior a 0.3mm: P1 = 3

Parâmetro P2 – Existência de Armaduras no Elemento:

- Elemento sem armadura: P2 = 1
- Informação desconhecida: P2 = 2
- Elemento com armadura apenas na zona superficial: P2 = 3
- Elemento com armadura em todo o seu volume: P2 = 4

Parâmetro P3 – Dimensão do Elemento:

- Grande: P3 = 1
- Médio: P3 = 2
- Pequeno: P3 = 3

Neste contexto, foram considerados elementos de grande dimensão os de maior tamanho, como os elementos figurativos do friso escultórico da fachada principal ou as carrancas laterais. Como elementos de pequena dimensão, foram consideradas as flores, grinaldas ou elementos geométricos em que os elementos de média dimensão podiam ser decompostos.

Parâmetro P4 – Execução dum Molde do Elemento

- Molde de execução difícil: P4 = 1
- Molde de execução fácil: P4 = 3

Considerou-se que elementos de grandes dimensões ou muito trabalhados, relativamente aos quais seria difícil obter todos os detalhes da sua forma, e elementos com dificuldade de acesso teriam moldes de execução difícil. Moldes cuja execução pudesse interferir com o preço ou com o prazo da obra foram igualmente considerados de execução difícil.

Parâmetro P5 – Fixação do Elemento

- Elemento de fixação difícil: P5 = 1
- Elemento de fixação fácil: P5 = 3

A um elemento maciço e de grande dimensão será atribuída uma fixação difícil pois irá exigir procedimentos de elevação e fixação que saem fora do previsto em obra.

Parâmetro P6 – Quantidade de Elementos Iguais

- P6 = número de elementos iguais ao elemento em análise

Parâmetro P7 – Nível de Corrosão das Armaduras do Elemento

- O elemento não apresenta corrosão (corrosão de Nível 1): P7 = 1
- As armaduras mais corroídas apresentam corrosão de Nível 2: P7 = 2
- As armaduras mais corroídas apresentam corrosão de Nível 3: P7 = 3

Os níveis de corrosão considerados na quantificação do parâmetro P7 são os seguintes:

Nível 1

- Não existe corrosão observável
- Não há fendilhação do betão que indicie o desenvolvimento de corrosão nas armaduras

Nível 2

- Observa-se uma camada de corrosão vermelha ou castanha, com uma espessura até cerca de 1mm

- As zonas que apresentam corrosão dificilmente poderão ser limpas por raspagem
- Existe perda de secção do varão, mas não significativa
- O nível de corrosão do varão levou à fendilhação do betão circundante devido à expansão da armadura
- A armadura é recuperável

Nível 3

- Observa-se uma camada de corrosão laranja ou castanho escuro, com uma espessura superior a 1.0mm
- Existe uma perda de secção do varão severa (até 50% da secção ou mais)
- Existem escamas de armadura corroída à superfície do varão, as quais se destacam facilmente
- O nível de corrosão do varão levou à delaminação do betão circundante devido à expansão da armadura
- A armadura não é recuperável

Parâmetro P8 – Nível de Consolidação Necessária para o Elemento

- Menos de 25% do elemento necessita de ser consolidado: P8 = 1
- Entre 25% a 50% do elemento necessita de ser consolidado: P8 = 2
- Entre 50% a 75% do elemento necessita de ser consolidado: P8 = 3
- Mais de 75% do elemento necessita de ser consolidado: P8 = 4

Parâmetro P9 – Tipo de Zona Interior do Elemento

- Elemento cheio: P9 = 1
- Elemento oco: P9 = 2

5.5.3 Critérios de classificação da intervenção

A descrição dos sete critérios C1 a C7 necessários à quantificação do índice I_{CI} , bem como a definição dos seus fatores de ponderação w , é apresentada em seguida. Para alguns dos critérios é ainda apresentada informação adicional que permita esclarecer o raciocínio por trás da sua definição.

Critério C1 – Durabilidade (fator de ponderação $w_1 = 5$)

A quantificação deste critério combina informação acerca do nível de fissuração dos elementos (P1), da existência e localização de armaduras (P2), do nível de corrosão das armaduras (P7), da percentagem de intervenção necessária no elemento (P8) e do tipo de zona interior do elemento (P9). Quanto mais elevado for o valor de C1, mais este critério contribui para que seja sugerida a substituição do elemento decorativo em análise. A quantificação de C1 requer a definição da variável auxiliar Comb1 caracterizada através da Eq. (2) e que representa a média geométrica dos parâmetros P2, P8 juntamente com a média aritmética dos parâmetros P1 e P7, a qual é amplificada pelo parâmetro P9.

Os limites propostos para Comb1 em função dos quais o critério C1 é classificado foram estabelecidos de modo a conter uma proporção adequada de resultados possíveis para Comb1 nos vários domínios definidos por esses limites.

$$\text{Comb1} = \left[P2 \times \left(\frac{P1 + P7}{2} \right) \times P8 \right]^{1/3} \times P9 \quad (2)$$

- Se $\text{Comb1} \leq 2.2 \rightarrow C1 = 1$
- Se $2.2 < \text{Comb1} \leq 3.0 \rightarrow C1 = 2$
- Se $\text{Comb1} > 3.0 \rightarrow C1 = 3$

C2 – Influência da decisão da intervenção no prazo da obra (fator de ponderação $w_2 = 5$)

Este critério combina informação acerca do tamanho do elemento (P3), das condições de execução do molde (P4), das condições de fixação do elemento (P5) e da percentagem de intervenção necessária no elemento (P8). Quanto mais elevado for o valor de C2, mais este critério contribui para que seja sugerida a substituição do elemento decorativo em análise. À semelhança do critério C1, a quantificação de C2 também requer a definição duma variável auxiliar. Esta variável Comb2 é caracterizada pela Eq. (3) e representa a média aritmética de dois conjuntos de parâmetros: P3 combinado com P8 e P4 combinado com P5. Observa-se ainda que, na definição de Comb2, o parâmetro P3 é considerado com uma influência inversa ao seu valor (i.e. quanto mais pequeno for o tamanho do elemento, maior será a sua contribuição para a decisão de que o elemento decorativo em análise seja reparado e consolidado). Os limites propostos para Comb2 em função dos quais o critério C2 é classificado foram estabelecidos de modo a conter uma proporção adequada de resultados possíveis para Comb2 nos vários domínios definidos por esses limites.

$$\text{Comb2} = \frac{(4 - P3) \times P8 + P4 \times P5}{2} \quad (3)$$

- Se $\text{Comb2} \leq 3.0 \rightarrow C2 = 1$
- Se $3.0 < \text{Comb2} < 5.5 \rightarrow C2 = 2$
- Se $\text{Comb2} \geq 5.5 \rightarrow C2 = 3$

C3 – Consequência da Queda do Elemento (fator de ponderação $w_3 = 5$)

Este critério depende da durabilidade da solução de intervenção preconizada e da possibilidade de queda de partes do elemento decorativo na via pública. Quanto mais elevado for o valor de C3, mais este critério contribui para que seja sugerida a substituição do elemento decorativo em análise.

- A queda do elemento não põe em risco a vida das pessoas ou o elemento está localizado numa zona que permite que o seu estado de conservação seja observado a partir do chão $\rightarrow C3 = 1$

- A queda do elemento pode por em risco a vida das pessoas ou o elemento está localizado numa zona que não permite que o seu estado de conservação seja observado a partir do chão
→ C3 = 3

C4 – Originalidade do Elemento (fator de ponderação $w_4 = 4$)

Este critério tende a ponderar a autenticidade de cada elemento, ou seja, se este elemento é o original, se é uma réplica ou se já foi objeto de uma intervenção anterior. Quanto mais elevado for o valor de C4, mais este critério contribui para que seja sugerida a substituição do elemento decorativo em análise.

- Elemento original → C4 = 1
- Elemento previamente intervencionado → C4 = 2
- Elemento previamente substituído → C4 = 3

C5 – Repetitividade do Elemento (fator de ponderação $w_5 = 3$)

Este critério depende do valor do parâmetro P6 e pondera se um determinado elemento é único ou quantas vezes se repete nas fachadas. Quanto mais elevado for o valor de C5, mais este critério contribui para que seja sugerida a substituição do elemento decorativo em análise.

- Se $P6 = 1$ → C5 = 1
- Se $P6 > 1$ → C5 = 3

C6 – Evolução do Estado de Degradação do Elemento (fator de ponderação $w_6 = 1$)

Este critério reflete a evolução do estado de degradação dos elementos conhecendo-se o seu estado anterior. Neste caso particular, a evolução do estado de degradação é analisada com base nos dados existentes da inspeção do estado das fachadas efetuada em 2010. Quanto mais elevado for o valor de C6, mais este critério contribui para que seja sugerida a substituição do elemento decorativo em análise. No entanto, a importância relativa deste critério é bastante inferior à dos restantes pois o seu fator de ponderação na Eq. (1) é apenas 1.

- Se o estado de degradação se manteve desde 2010 → C6 = 1
- Se a evolução do estado de degradação desde 2010 é desconhecida → C6 = 2
- Se o estado de degradação piorou desde 2010 → C6 = 3

C7 – Potencial de Substituição do Elemento (fator de ponderação $w_7 = 5$)

Este critério depende de vários parâmetros, mas se o elemento for original ($C4 = 1$) este critério adota imediatamente o valor 0. Os parâmetros envolvidos neste critério são a informação do estado de fissuração/fratura dos elementos (P1), do tamanho do elemento (P3), das condições de execução do molde (P4), das condições de fixação do elemento (P5), da quantidade de elementos iguais (P6), do nível de corrosão das armaduras (P7) e da percentagem de intervenção no elemento (P8). Quanto mais

elevado for o valor de C3, mais este critério contribui para que seja sugerida a substituição do elemento decorativo em análise. À semelhança de critérios anteriores, a quantificação de C7 também requer a definição duma variável auxiliar no caso de C4 ser diferente de 1. Esta variável Comb3 é caracterizada pela Eq. (4) e representa a influência acumulada dos parâmetros P1, P7 e P8. No entanto, a quantificação de C7 apenas depende do facto de Comb3 ser igual ou diferente de 1. Para os casos em que Comb3 é diferente de 1, o critério C7 é então estabelecido por uma média aritmética que pondera a influência dos parâmetros P1, P3, P4 e P5 em função do valor de P6. Na definição de C7, observa-se ainda que o parâmetro P1 é considerado com uma influência inversa ao seu valor (i.e. quanto menos fissurado estiver o elemento, maior será a sua contribuição para a decisão de que o elemento decorativo em análise seja reparado e consolidado).

- Se $C4 = 1 \rightarrow C7 = 0$
- Se $C4 \neq 1$:

$$\text{Comb3} = P1 \times P7 \times P8 \quad (4)$$

- Se $\text{Comb3} = 1 \rightarrow C7 = 0$
- Se $\text{Comb3} \neq 1$ e $P6 = 1 \rightarrow C7 = \frac{P3 + P4 + P5 - P1}{4}$
- Se $\text{Comb3} \neq 1$ e $P6 > 1 \rightarrow C7 = \frac{P3 + P4 + P5 - 0.5 \times P1}{4}$

5.6 Aplicação do índice de classificação da intervenção

De modo a poder aplicar a metodologia proposta, foi necessário uma identificação preliminar dos elementos decorativos individuais, bem como a sua numeração. Esta operação foi realizada pela equipa de conservadores e engenheiros envolvidos no projeto. Em alguns casos, esta identificação não foi uma operação simples, devido ao elevado nível de interligação entre as formas decorativas consecutivas (Figura 5.48). Nestes casos, os elementos individuais foram selecionados com base em critérios de simetria e repetibilidade.



Figura 5.48 – Exemplos do elevado nível de interligação entre formas decorativas consecutivas.

Embora o índice proposto pretenda estabelecer um conjunto de critérios objetivos para caracterizar o tipo de intervenção que poderá ser aplicada num determinado elemento decorativo, a classificação de alguns dos parâmetros necessários poderá envolver, por vezes, um certo grau de subjetividade. Definir a dificuldade de fazer um molde de determinado elemento para o replicar (parâmetro P4) ou definir com absoluta certeza a autenticidade de um determinado elemento decorativo (critério C4) são exemplos de fatores que envolvem, naturalmente, algum grau de subjetividade. Tal como já mencionado anteriormente, as operações de limpeza das fachadas são decisivas para os resultados do índice pois não é possível realizar uma avaliação fiável do estado de degradação dos elementos decorativos antes de saber o verdadeiro estado dos elementos que está, muitas vezes, oculto sob várias camadas de sujidade, vegetação ou até mesmo tinta.

A fim de ilustrar alguns dos resultados obtidos com a aplicação da metodologia proposta para os elementos decorativos das fachadas do TNSJ, apresenta-se na Figura 5.49 o valor obtido para o índice I_{CI} aplicado a sete elementos decorativos representativos dos diferentes tipos de elementos existentes. Como se pode ver pelos resultados obtidos (e auxiliado pela cor vermelha), é sugerida a substituição dos elementos número 3, 6 e 7. Para o caso dos elementos 5 e 6 que são elementos semelhantes, o resultado do índice sugere a substituição do elemento 6 uma vez que este apresenta um elevado nível de degradação com corrosão severa das armaduras e destacamento da argamassa, o que obriga a que mais de 75% do seu volume seja objeto de consolidação. Em contraponto, o elemento 5 não apresenta corrosão das armaduras, não possui destacamento da argamassa e menos de 25% do seu volume requer consolidação. No que diz respeito ao elemento 7, as características decisivas que apontam para que seja sugerida a substituição do elemento são o grau de corrosão das armaduras, a fissuração da argamassa, a necessidade de consolidação de mais de 50% do seu volume e o facto de já não ser um elemento original. No caso do elemento 3, além do elevado nível de degradação e de consolidação necessária, o facto de ser um elemento pequeno e do seu molde ser de fácil execução são fatores que contribuem decisivamente para que seja sugerida a sua substituição.








1	2	3	4	5	6	7
						
1.21	1.71	2.48	1.47	1.77	2.52	2.34

Figura 5.49 – Resultados obtidos da aplicação do índice de classificação da intervenção proposto a um conjunto de diferentes elementos decorativos do TNSJ.

5.7 Notas finais

Como já referido para o caso do Mercado do Bolhão, a reabilitação de edifícios de betão do início do século XX apresenta-se como um novo desafio na área da reabilitação associada às questões de conservação, consolidação e reparação. A degradação natural causada pela exposição dos materiais às condições ambientais, associada a uma inexistente manutenção preventiva e a uma construção muito experimentalista, conduz ao risco de perda da autenticidade (ou até mesmo do bem em si) pelo aumento da sua vulnerabilidade. Verifica-se que inúmeros edifícios de betão se encontram em situação de degradação material e estrutural e a necessitarem de ações urgentes de conservação e reparação.

Devido à variabilidade dos materiais destas construções, não é fácil avaliar a compatibilidade, o comportamento e a eventual intrusividade dos novos materiais ou produtos a aplicar numa ação de conservação, tal como é possível para as construções tradicionais de pedra e de madeira onde o conhecimento está já mais consolidado.

A dificuldade da caracterização dos materiais usados, face à sua variabilidade numa mesma obra (cimentos e aços que podem ter diferentes proveniências ou traços), assim como o desconhecimento acerca de qual dos vários tipos de sistemas existentes foi utilizado na execução de determinada estrutura de betão armado (por exemplo, sistema Hennebique, sistema Coignet, etc), conduzem a que as intervenções em construções do início do século XX se tornem um desafio. Na intervenção em elementos escultóricos, à preocupação da compatibilidade mecânica das argamassas existentes e das de reparação, terá de se associar ainda a preocupação da trabalhabilidade da nova argamassa e o seu tempo de presa.

Refere-se, ainda, que esta época foi também profícua no fingimento das próprias estruturas, um pouco à semelhança do que era usual na época com os fingimentos decorativos. Nesta altura, muitos dos elementos decorativos exteriores dos edifícios que eram usualmente executados em pedra passaram a ser executados em cimento ou até mesmo em cimento armado, material considerado eterno para a época. Estes elementos encontram-se muitas vezes a encimar fachadas, pelo que a sua degradação material com potencial queda de elementos em altura, para além da perigosidade que representa para as pessoas, poderá conduzir a importantes perdas patrimoniais e à descaracterização dos edifícios tal como os conhecemos.

O principal objetivo do índice proposto é identificar de forma mais pragmática os elementos que apresentam a necessidade de uma intervenção de reparação mais severa com maior potencial para serem substituídos, tendo em conta os conceitos inerentes à conservação e restauro das estruturas do início do século XX. Embora o índice proposto envolva um conjunto de critérios objetivos para caracterizar um determinado elemento, a classificação de alguns aspetos (e.g. a facilidade de execução de moldes) é, por vezes, subjetiva. Salienta-se ainda que uma avaliação fiável do estado de degradação dos elementos decorativos só foi possível após as operações de limpeza e de remoção da vegetação

com biocida, de modo a expor o verdadeiro estado dos elementos que, particularmente neste caso, estava oculto sob várias camadas de sujidade.

Associada aos conceitos dos novos patrimónios, a conservação e reabilitação de esculturas ou elementos decorativos em betão armado requerem um maior peso da engenharia civil nas decisões de intervenção promovendo-se a definição de soluções de reparação sustentadas no conhecimento científico do existente. Assim, as decisões da intervenção não serão unicamente dependentes de critérios estéticos e de autenticidade, melhorando a durabilidade da intervenção naturalmente associada à implementação de um plano de manutenção preventiva.

Por fim, salienta-se ainda que a inspeção e o diagnóstico iniciais, a caracterização dos materiais existentes e a realização de ensaios de compatibilidade mecânica e química entre os materiais existentes e os que eventualmente vierem a ser aplicados devem preceder a obra com antecipação suficiente que permita a sua validação. Desta forma, os técnicos poderão usufruir dum conhecimento fundamental no auxílio da tomada de decisão em tempo de obra.

Capítulo 6

Interrogações finais

O final do século XIX e o início do século XX foram responsáveis por importantes mudanças sociais, tecnológicas e culturais que se refletiram diretamente na arquitetura (Paschoalin 2012). Com a industrialização, a introdução de novos materiais, a transformação das técnicas de construção e os novos usos, a arquitetura e o planeamento urbano foram sofrendo profundas alterações com a finalidade de atenderem às necessidades da sociedade contemporânea. A falta de interesse na conservação do património desta época, que abrange um alargado número de construções com características variáveis e que reflete simultaneamente os valores tradicionais e modernistas, poderá levar a perdas irreparáveis e à privação deste período às gerações futuras. Considera-se, assim, imprescindível o desenvolvimento de estratégias para a identificação, estudo, conservação e consciencialização pública da importância da arquitetura do início do século XX e da imensa obra pública que permitirão a sua proteção.

Os casos de estudo apresentados representam dois edifícios emblemáticos para a cidade do Porto que se encontram já classificados um como imóvel de interesse público em Setembro de 2013 (Mercado do Bolhão) e o outro em Julho de 2012 como Monumento Nacional (TNSJ) salientando-se o facto de que ambos continuam a manter as funções para as quais foram inicialmente projetados. Talvez pelo facto de terem mantido sempre a sua função social, o que levou a que a sua presença na vida da cidade fosse marcante e com um importante valor afetivo, não existem grandes dúvidas sobre a importância da sua classificação e inerente proteção. No caso do Mercado do Bolhão, em particular, esta proteção foi fundamental face ao interesse que a sua localização suscitou a grupos imobiliários que pretenderam uma alegada “reabilitação” do edifício sob o lema do fachadismo. Face às inúmeras construções existentes desta época, que mantêm ou não as suas funções, e reconhecendo que estas diferem dos materiais tradicionais e métodos do passado, será fundamental definir critérios de seleção que permitam a sua classificação e conseqüente a sua proteção.

Segundo a recomendação do Conselho da Europa de 1991 e conforme já referido no Capítulo 2, estes critérios, entre outros, deverão ter em consideração os seguintes aspetos:

- O valor da variabilidade de estilos, tipos e processos construtivos das construções do início do século XX;

- A necessidade de proteger não só as obras dos arquitetos famosos de um determinado período ou estilo de arquitetura, mas também de exemplos menos conhecidos com importância para a arquitetura e a história deste período;
- A importância de incluir entre os fatores de seleção não só os aspetos estéticos, mas também contribuições em termos de história da tecnologia e do desenvolvimento político, cultural, económico e social;
- A necessidade de alargar a proteção aos elementos decorativos exteriores e interiores, bem como aos acessórios e ao mobiliário que são projetados ao mesmo tempo que a arquitetura, que dão significado ao trabalho criativo do arquiteto e refletem os avanços tecnológicos da época.

A conservação da arquitetura do início do século XX encontra-se ainda em fase de reflexão e estudo, não havendo ainda muito retorno de experiências da sua reabilitação. Considera-se que a partilha da informação das intervenções neste património é extremamente importante, sendo fundamental a inspeção e o diagnóstico destas construções que possam vir a ser um auxiliar de decisão nas intervenções. Assim, e de acordo com o já referido, considera-se importante:

- Promover estudos científicos, teóricos e práticos dos processos de construção e conservação destas estruturas e correspondentes artes decorativas;
- Respeitar os mesmos princípios fundamentais que são aplicados aos outros elementos do património arquitetónico em ações de conservação;
- Criar um registo das observações e das medidas tomadas no contexto da conservação destas construções e divulgar estas experiências.

Aos conceitos estabelecidos pelas cartas e convenções internacionais, e de certa forma consagrados de um modo mais abrangente na Teoria de Restauro de Cesari Brandi, terão de ser adicionados novos conceitos relacionados com os novos patrimónios, como por exemplo a funcionalidade das construções, a durabilidade das intervenções ou a importância da obra pública social, e outros terão de ser alterados, como por exemplo a valorização da pátina, uma vez que para as construções do século XX a pátina representa grande parte das vezes um mau desempenho material.

A autenticidade tal como definida a Carta de Nara terá de ser vista agora à luz destes novos patrimónios onde a matéria com que são feitos já não existe, tal como não existe um processo tradicional da sua execução. Como já referido, a preservação da pátina não deverá ser um indicador de autenticidade e de integridade, podendo ser substituído pela manutenção do significado cultural, (funcionalidade associada) e a intenção original do projeto (Paschoalin 2012 citando Prudon (2008)). Também a durabilidade associada à manutenção preventiva terá de ser alvo de atenção particular nas intervenções nos edifícios do início do século XX. A avaliação estrutural destas construções, e particularmente das identificadas como pertencendo ao movimento moderno, está totalmente condicionada pelo bom desempenho do betão armado enquanto material estrutural, pelo facto das

secções dos elementos estruturais serem reduzidas à sua menor expressão possível e de não terem sido projetadas de acordo com conceitos de segurança impostos pela regulamentação em vigor.

As construções de betão do início do século XX foram sobretudo construções experimentalistas, tendo por base os diferentes sistemas construtivos patenteados e que não obedecem a uma regulamentação de âmbito da segurança estrutural. À variabilidade dos diferentes sistemas patenteados associa-se a variabilidade associada à própria construção em si, pelo que existe grande dificuldade em saber o que está efetivamente construído, o que dificulta a aplicação de qualquer abordagem de avaliação de segurança dessas construções. Ao nível das intervenções que possam vir a ser necessárias neste edificado e que interfiram com a estrutura existente, salienta-se o facto de qualquer intervenção a efetuar ter necessariamente de cumprir os regulamentos estruturais atualmente em vigor, por questões de segurança estrutural e de responsabilidade profissional. Neste contexto, salienta-se que a aplicação da regulamentação em vigor para estruturas novas à análise de estruturas antigas pode obrigar a intervenções excessivas recomendando-se, nestes casos, estudos específicos tal como a monitorização do comportamento estrutural e a execução de ensaios de carga que possam vir a justificar diferentes abordagens para a avaliação da segurança estrutural. Admite-se, no entanto, que em determinados casos poderá ser necessário a realização de trabalhos de consolidação de emergência.

Neste contexto, a análise apresentada para o caso do Mercado do Bolhão discutiu a importância da informação obtida através das inspeções estruturais e o seu potencial contributo para a avaliação da segurança estrutural. Conceptualmente, é possível obter um conhecimento técnico e científico profundo das construções através das inspeções estruturais que permita realizar uma avaliação da segurança fundamentada recorrendo a modelos numéricos. No entanto, a análise do caso do Mercado do Bolhão permitiu observar que, em alguns casos, esse conhecimento poderá não ser suficientemente completo, a menos que se opte por abordagens mais intrusivas que provoquem mais danos na construção, contrárias ao objetivo inicial de preservar essa mesma construção.

Salienta-se ainda que, a nível estrutural, a reversibilidade é um conceito dificilmente aplicável, não o sendo de todo aplicável à reabilitação do betão armado. Assim, não sendo possível a manutenção dos materiais iniciais, nem existindo técnicas tradicionais de execução do betão armado, não resta senão à arquitetura do século XX a aproximação ao seu projeto inicial e à manutenção da função para a qual foi projetada. A nível estrutural é então fundamental obter o máximo de informação possível sobre as estruturas construídas e sobre o seu nível de degradação material, através dos procedimentos de inspeção estrutural, para se definir uma abordagem adequada à avaliação de segurança. No entanto, como já referido, esta avaliação de segurança poderá, por vezes, só ser conseguida através de ensaios de carga, complementada ou não com a monitorização do comportamento estrutural das construções. De acordo com as “Recomendações para a Análise, Conservação e Restauro Estrutural do Património Arquitetónico” (ISCARSAH, 2003), cada intervenção deve ser proporcional aos objetivos de segurança estabelecidos, limitando a intervenção a um mínimo que garanta a segurança e a durabilidade da

estrutura com a menor intrusão possível. Assim, é necessário investigar e desenvolver métodos de conservação adequados aos materiais e técnicas construtivas próprias desta época, salientando-se que a aplicação dos regulamentos de segurança (ou de acessibilidade e conforto das construções) necessita de abordagens flexíveis que permitam a implementação de soluções de intervenção pouco intrusivas e que contribuam para a conservação deste património.

À semelhança de outros materiais, assegurar a compatibilidade química e física é fundamental nestas estruturas, pois os betões e/ou argamassas do início do século XX não possuem, por exemplo, resistências mecânicas semelhantes às resistências de algumas argamassas atuais que podem atingir valores bastantes altos. A nível químico, a dificuldade é bastante maior pois não existe uma standardização dos cimentos utilizados nessa época, sendo muito difícil prever a interação do material existente com novos produtos ou antecipar se, no futuro, determinadas reações químicas poderão vir a ter efeitos catastróficos.

No caso do TNSJ, verificou-se que as argamassas possuíam diferentes composições, mesmo em elementos semelhantes, o que permitiu concluir da diversidade e variabilidade construtiva. No entanto, para se obter em rigor o conhecimento científico sobre os diferentes tipos de argamassa presentes num mesmo elemento é necessário recolher várias amostras, ação essa que pode ser demasiado intrusiva. Na ausência deste conhecimento resta, assim, a precaução na definição de medidas de conservação a implementar, devido a possíveis incompatibilidades que possam ocorrer entre os materiais antigos já estabilizados e os materiais novos. No TNSJ, foram aplicadas e testadas em obra várias possibilidades de argamassas de reparação do ponto de vista da compatibilidade mecânica e da trabalhabilidade. Relativamente à corrosão de armaduras, optou-se por não aplicar qualquer produto químico na tentativa de diminuir esta corrosão pois não haveria tempo suficiente para comprovar a sua eficácia e compatibilidade química. Sem a existência de bibliografia que reportasse efeitos da interação entre diferentes materiais e que permitisse sustentar algumas decisões, não restou à equipa de obra outra alternativa senão a prudência e a opção por uma intervenção mínima. Salienta-se ainda que as opções de intervenção foram alicerçadas na necessidade de elaborar um plano de manutenção preventiva com periodicidade ajustada a essas opções. Naturalmente, o cumprimento do plano de manutenção preventiva é um problema que ultrapassa as competências da equipa da obra, mas não deixa de ser um facto que esta se mantém responsável independentemente de quem de direito vier ou não a implementar o plano de manutenção preventiva. Verifica-se assim que nestas intervenções é fundamental a definição do tempo de durabilidade da obra e a obrigatoriedade do cumprimento do plano de manutenção preventiva sob pena das questões legais de responsabilidade profissional e civil poderem vir a opor-se aos critérios de intervenção mínima e de autenticidade. A atitude de reabilitação e conservação da arquitetura moderna terá assim novos desafios que, segundo Moreira (2011), passam agora:

- Por repor a funcionalidade para que muitas construções foram projetadas e que agora estão obsoletas;

- Pela não existência de técnicas tradicionais construtivas;
- Pelos problemas de compatibilidade material;
- Pela adequação, substituição e/ou manutenção de infraestruturas das construções (elétricas, canalização, aquecimento,...)
- Por implementar regularmente a manutenção preventiva;
- Pela dificuldade em aceitar a pátina em edifícios recentes porque a imagem destes envelhecidos não faz parte da memória e a pátina torna-se um indicador de deficiente comportamento material;
- Pela dificuldade de estabelecer princípios e/ou formas de classificação/proteção do património do final do século XIX e início do século XX.

Os novos conceitos a ter em conta na reabilitação dos edifícios do início do século XX terão ainda de ter em conta a importância, por exemplo, dos prazos de obra e a definição da durabilidade da intervenção associada à intervenção mínima, aumentando necessariamente o peso da engenharia na reabilitação destas construções.

À obra de reabilitação das estruturas desta época terão necessariamente de ser associadas as questões (Zancheti, 2014) Para quê?, Por quanto tempo? e Em que condições?. A acrescentar a estas interrogações, permanece ainda a dúvida: Perderemos Deus se alterarmos os detalhes?

Referências

- Aguiar, J. (2002) Cor e cidade histórica. Estudos cromáticos e conservação do património. FAUP publicações.
- APB (2015) History of Reinforced Concrete and Structural Design. A Builder's Perspective. Acedido em julho 2015, <https://abuildersperspective.wordpress.com/2011/09/16/structural-concrete-design/>
- Appleton, J. (2011) Património em betão. Betão armado – Nota histórica. Construção Magazine, 44.
- Appleton, J., Ribeiro, P. (2011) Caracterização estrutural do Lyceu Passos Manuel. À descoberta de uma realidade que é a nossa. Heritage - Between Time and Movement, Aleixo, S., Mestre, V. (Eds.). Uzina Books, Lisboa.
- Araújo, J. (2011) Sistema Hennebique em Portugal. Tese de mestrado, Universidade do Minho.
- Badin, N., Beaudoin, L., Joud, C. (2008) Béton armé: la construction d'une image. Projet SHS de 1^{ère} année master. École Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- Barbisan, U., Guardini, M. (2008) Reinforced Concrete: A Short History. Tecnologos, Mantova.
- BCA (1999) Concrete through the ages. British Cement Association, Crowthorne, UK.
- Bolle, G., Schacht, G., Marx, S. (2011) Loading Tests of Existing Concrete Structures - Historical Development and Present Practise. 4th International fib Congress, Prague.
- Cerqueira, H. (2009) Contributos para uma hermenêutica da tradição no Modernismo Português. António Varela e o legado do invisível. Composição, traçado e simbólica de um arquitecto à sombra de gigantes (1930-1940). Tese de doutoramento, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Departamento de Arquitectura, Urbanismo, Geografia e Artes Plásticas.
- Christophe, P. (1902) Le béton armé et ses applications (2^ª Ed.). Librairie Polytechnique, Paris.
- Cimbéton (2009) Histoire du béton. Naissance et développement, 1818-1970. Cahier des modules de conférence pour les écoles d'architecture. Centre d'Information dur le Ciment et ses Applications. Paris.
- Co'burn, H. (2015) HaydenCoburn ARCH1390. Acedido em julho 2015, http://haydencarch1390-2011.blogspot.pt/2011_09_01_archive.html.
- Colby, A. (1909) Reinforced concrete in Europe. The Chemical Publishing Co, Easton, Pa.
- Coignet, F. (1861) Bétons agglomérés appliqués à l'art de construire
- Costa, A., Arêde, A., Paupério, E., Castro, J., Guedes, J., Lopes, V., Dias, T., Neves, F., Coutinho, D., Milheiro, J., Monteiro, A., Costa, A. (2009) Edifício do Mercado do Bolhão. Relatório de inspeção e

diagnóstico estrutural. Instituto da Construção da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Costa, A., Paupério, E. (2010) Relatório de inspeção e diagnóstico às fachadas. Teatro nacional de S. João. Instituto da Construção da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Cusak, P. (1981) Reinforced concrete in Britain: 1897-1908. Tese de doutoramento, University of Edinburgh.

DGPC (2015) Teatro Nacional de São João. Direção Geral do Património Cultural. Acedido em julho 2015, <http://www.patrimoniocultural.pt/pt/patrimonio/patrimonio-imovel/pesquisa-do-patrimonio/classificado-ou-em-vias-de-classificacao/geral/view/74813/>

Espion, B. (2010) Du" ciment" des romains aux débuts du béton armé. Demi-journée d'étude du Comité "Patrimoine et Histoire" FABI "Connaissez-vous les bétons armés? Des origines à 1914". Namur, Moulin de Beez.

Ferreira, D. (2013) Subsídios para a história do Mercado do Bolhão. Património. Intervenção, Costa, A., Arêde, A., Ferreira, D., Paupério, E., Guedes, J., Silva, P., Romão, X. (Eds.). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

FIMS (2015a) Grandes Armazéns Nascimento. Fundação Instituto Marques da Silva. Acedido em julho 2015, <https://fims.up.pt/index.php?cat=2&subcat=8&proj=3>.

FIMS (2015b) Teatro S. João. Fundação Instituto Marques da Silva. Acedido em julho 2015, <https://fims.up.pt/index.php?cat=2&subcat=8&proj=12>.

Heinemann, H. (2013) Historic Concrete: From Concrete Repair to Concrete Conservation. Tese de doutoramento, TU Delft, Delft University of Technology.

Hellebois, A. (2013) Theoretical and experimental studies on early reinforced concrete structures. Contribution to the analysis of the bearing capacity of the Hennebique system. Tese de doutoramento, Université Libre de Bruxelles.

Hewlett, P. (2004) Lea's chemistry of cement and concrete (4ª Ed.). Elsevier.

Hitchcock, D. (2015) Lepenski Vir - a Mesolithic site on the Iron Gates Gorge of the Danube. Acedido em julho 2015, <http://www.donsmaps.com/lepenski.html>.

Hornbostel, C. (1991) Construction materials: Types, uses and applications. John Wiley & Sons.

Hurst, B. (1999) An iron lineage. Structural Engineer, 77(10), 17-25.

IREBA (1918) Instruções regulamentares para o emprego do beton armado. Decreto nº 4036, de 28 de março de 1918, Lisboa.

ISC20C (2011) Approaches for the conservation of twentieth-century architectural heritage, Madrid Document. International Scientific Committee on Twentieth century Heritage, International Council on Monuments and Sites.

ISCARSAH (2003) Recommendations for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage. International Scientific Committee for Analysis and Restoration of Structures of Architectural Heritage, International Council on Monuments and Sites.

Jones, B. (Ed.) (1913) Cassell's Reinforced Concrete – A complete treatise on the practice and theory of modern construction in concrete-steel. Cassell and Company, Limited, London.

Jorge, V. (2005) Cultura e património. Edições Colibri.

Kurdowski, W. (2014) Cement and concrete chemistry. Springer.

Larena, J., Menárguez, A., Lamas, P., Rodríguez, A., Jiménez, V. (2011) The heritage of public works. Intervention Approaches in the 20th Century Architectural Heritage, International Conference CAH20thC. Madrid.

Le Corbusier (1924) Urbanisme. Crès, Paris.

Lévy, M. (1907) Circulaire du 20 octobre 1906, concernant les instructions relatives à l'emploi du béton armé. La Houille Blanche, (7), 148-152.

Lopes, F., Correia, M. (2014) Património Cultural: Critérios e Normas Internacionais de Protecção. Caleidoscópio, Casal de Cambra.

Luxán, P., Dorrego, F., Suárez, S., Lorente, R. (1997) Restauración del Mercado do Bolhão do Porto (Portugal): Los materiales existentes y sus técnicas. Instituto de Ciências de la Construcción Eduardo Torroja.

Mallinson, L., Davies, I. (1987) An historical examination of concrete. Final Report CD-NA-10937-EN-C. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Mingo, G. (2011) Introduction T2. Intervention Approaches in the 20th Century Architectural Heritage, International Conference CAH20thC. Madrid.

Monteros, F. (2011) Introduction T3. Addition on the 20th Century Architectural Heritage, a Convenient Language. Intervention Approaches in the 20th Century Architectural Heritage, International Conference CAH20thC. Madrid.

Moreira, F. (2011) Os desafios postos pela conservação da arquitetura moderna. Revista CPC, (11), 152-187.

Mosteiro, J. (2011) Consideraciones sobre algunos caracteres de la arquitectura del siglo XX y su incidencia en los criterios de salvaguardia patrimonial. Intervention Approaches in the 20th Century Architectural Heritage, International Conference CAH20thC. Madrid.

OZ (2010) Teatro Nacional São João. Levantamento geométrico e ortofotogramétrico das fachadas com mapeamento de patologias. OZ, Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas e Fundações, Lda.

Paschoalin, R. (2012) Restauração da Catedral de Brasília: Desafios e conflitos da restauração da arquitetura moderna. Tese de mestado, Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Prudon, T. (2008) Preservation of modern architecture. Wiley.

RBA (1935) Regulamento do Betão Armado. Decreto nº 25948, de 16 de Outubro de 1935, Lisboa

ROPM (1907) Instruções Francesas para o Formigão Armado. Revista de Obras Públicas e Minas, Tomo XXXVIII, 385 a 389.

ROSA (2015) 10 facts about the pantheon. Rome on a segway. Acedido em julho 2015, <http://romeonsegway.com/10-facts-about-the-pantheon/>.

RSAEEP (1983) Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes. Porto Editora

Rua, H. (Trad.) (1998) Os dez livros de Arquitectura de Vitruvius. Departamento de Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Santos, A. (1996) Para o estudo da arquitectura industrial na Região de Lisboa (1846-1919) – Volume 1. Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa.

Stanley, C. (1982) Highlights in the History of Concrete. Monograph No. 97-408. Cement and Concrete Association.

Tavares, A. (2011) Os efeitos do betão armado na arquitectura portuguesa. O caso Moreira de Sá & Malçavez (1906-1914). A História da Construção em Portugal. Alinhamentos e fundações, Mateus, J. (Ed.). Edições Almedina.

Tavares, D. (1997) Modernos do Porto. Moderno Escondido Arquitectura das centrais hidroeléctricas do Douro 1953-1964. FAUP publicações.

Tostões, A (2004) Construção moderna: as grandes mudanças do século XX. Momentos de inovação e engenharia em portugal no século XX, Heitor, M., Brito, J., Rollo, M. (Eds.). Publicações Dom Quixote.

UP (2015a) Henrique Moreira. Antigos Estudantes Ilustres da Universidade do Porto. Universidade do Porto. Acedido em julho 2015, https://sigarra.up.pt/up/pt/web_base.gera_pagina?p_pagina=antigos%20estudantes%20ilustres%20-%20henrique%20moreira.

UP (2015b) Diogo de Macedo. Antigos Estudantes Ilustres da Universidade do Porto. Universidade do Porto. Acedido em julho 2015,

https://sigarra.up.pt/up/pt/web_base.gera_pagina?p_pagina=antigos%20estudantes%20ilustres%20-%20diogo%20de%20macedo.

UP (2015c) José Sousa Caldas. Antigos Estudantes Ilustres da Universidade do Porto. Universidade do Porto. Acedido em julho 2015,

https://sigarra.up.pt/up/pt/web_base.gera_pagina?p_pagina=antigos%20estudantes%20ilustres%20-%20jos%C3%A9%20sousa%20caldas.

Velosa, A. (2013) Análise de argamassas do Teatro Nacional São João – Fase de intervenção. Relatório preliminar. Universidade de Aveiro.

Velosa, A., Rocha, F., (2010) Análise da composição e do estado de patologia de argamassas do Teatro Nacional S. João. Universidade de Aveiro.

Vicat, L. (1818) Recherches expérimentales sur les chaux de construction, les bétons et les mortiers ordinaires. Imprimerie de P. Didot, l'ainé, Paris.

Wikipedia (2015a) Yiftahel. Wikimedia Foundation, Inc. Acedido em julho 2015, <https://en.wikipedia.org/wiki/Yiftahel>.

Wikipedia (2015b) File: Pont du Gard.jpg. Wikimedia Foundation, Inc. Acedido em julho 2015, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pont_du_Gard.JPG .

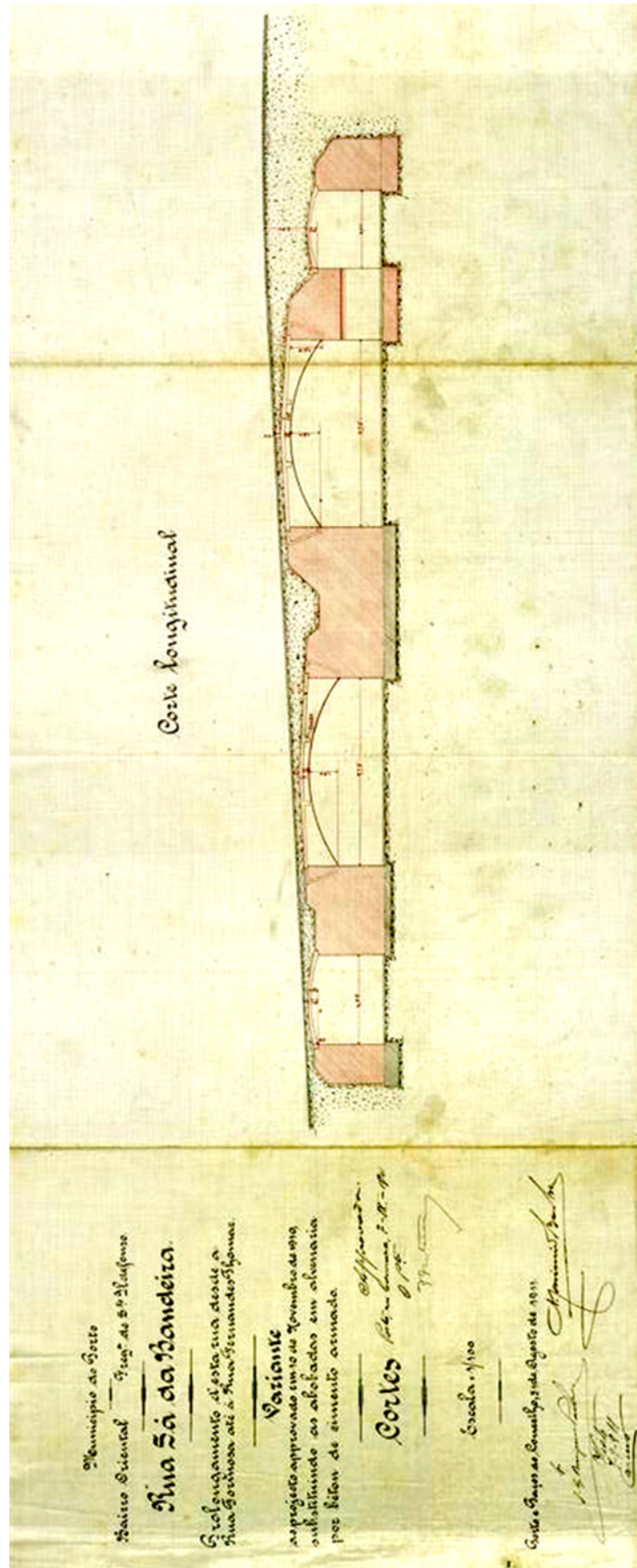
Wikipedia (2015c) File:Bateau en ciment armé de Lambot.jpg. Wikimedia Foundation, Inc. Acedido em julho 2015, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bateau_en_ciment_armé_de_Lambot.jpg

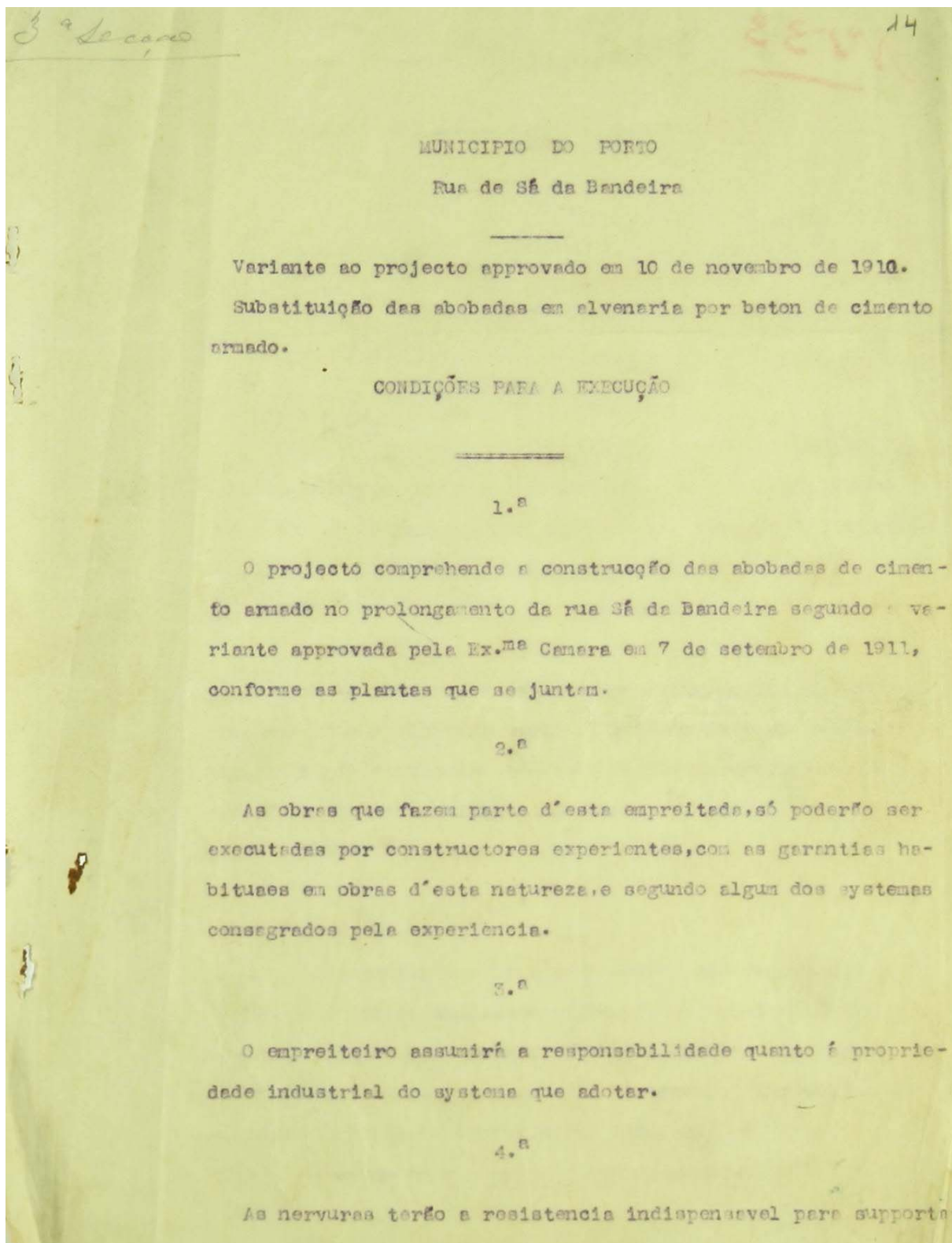
Wikipedia (2015d) François Coignet. Wikimedia Foundation, Inc. Acedido em julho 2015, https://en.wikipedia.org/wiki/François_Coignet

Zancheti, S. (2014) A teoria contemporânea da conservação e arquitetura moderna. Textos para Discussão nº 58, Série 2 – Gestão de Restauro. Centro de Estudos Avançados da Conservação Integrada.

Anexo A

Condições de execução da “Variante ao projecto aprovado em 10 de Novembro de 1910. Substituição das abobadas em alvenaria por beton de cimento armado”





ren o pavimento e a sobre carga respectiva.

5.^a

Os pavimentos serão calculados para uma sobre carga de 3000 kilogrammas por metro quadrado.

6.^a

A dosagem do formigão será a seguinte:

Oitocentos litros de seixo ou brita passando por anel de tres centímetros, quatrocentos litros de areia lavada cujos grãos tenham no maximo cinco milímetros, trescentos kilogrammas de cimento Portland artificial de presa lenta.

7.^a

O cimento a empregar deverá apresentar, quando amassado com agua doce, uma resistencia media á tracção de vinte e cinco kilogrammas por centimetro quadrado ao fim de sete dias, e á compressão de duzentos kilogrammas por centimetro quadrado e no mesmo prazo.

8.^a

O metal a empregar nas armaduras será o aço Bessener, Siemens, Martin ou o aço de qualidade empregado na construção de pontes denominado Thomaz; a sua resistencia á ruptura por tracção será de quarenta e dois a cinquenta kilogrammas por centimetro quadrado. O limite de trabalho do metal envolvido no formigão, reputar-se-ha de doze e meio kilogrammas ao esforço transversal.

9.ª

O peso do metro cubico de formigão armado com que se entrará nos calculos, será de dois mil e quinhentos kilogrammas, o seu limite de resistencia á ruptura por compressão é de cento e cinquenta kilogrammas por centimetro quadrado ao fim de um mez: o limite de trabalho ou carga de segurança poderá reputar-se no maximo d'um terço da carga de ruptura (cincoenta kilogrammas) e em media vinte e cinco kilogrammas por centimetro quadrado.

10.ª

Os trabalhos começarão no prazo maximo de oito dias depois de adjudicada a obra, e estarão concluidos quatro mezes depois.

11.ª

Quarenta e cinco dias depois de terminar os trabalhos, serão feitas as provas de resistencia, consistindo em carregar o pavimento com uma carga extatica de tres mil kilogrammas por metro quadrado, não devendo a flexa produzida exceder a millesima parte do vão.

12.ª

As provas de que trata a condição anterior, serão feitas sob risco do constructor e constituirão quando deem bom resultado a recepção provisoria da empreitada.

13.ª

Durante seis mezes ^{a contar} da data da recepção provisoria fica o

constructor responsavel por qualquer ruina na obra e só no fim d'esse prazo mantendo-se a mesma obra em perfeito estado de conservação, será feita a sua recepção definitiva.

14.^a

Os pagamentos serão feitos mensalmente na proporção de trabalho executado, com o desconto de 10% que serão entregues ao empregado seis mezes depois de feita a recepção provisoria se a obra estiver em condições de ser recebida definitivamente.

15.^a

O constructor fica sujeito á inspecção do engenheiro fiscal da obra, tanto em relação aos materiaes n'ella empregados como pelo que diz respeito aos processos da execução da mesma obra, devendo os referidos materiaes ser submettidos á apreciação do mesmo engenheiro.

16.^a

Qualquer porção d'obra que não esteja bem executada e conforme os principios d'arte será desfeita e de novo construida á custa do adjudicatario.

17.^a

O empregado sujeitar-se-ha a todas as disposições regulamentares em vigor para a execução dos contractos de obras publicas.

18.^a

A falta do cumprimento d'este contracto dará logar a immedia

ta rescisão do mesmo, sem que o adjudicatario fique com direito a qualquer indemnisação.

19.^a

O constructor terá sempre na obra um operario que o represente.

20.^a

O empreiteiro deixará nos pavimentos as aberturas para passagem de tubos, canalisações, etc. que lhe forem indicados.

21.^a

O concorrente a quel fôr adjudicada a obra, fornecerá no prazo de tres dias os calculos indispensaveis para submetel-a á apreciação da Ex.^{ma} Camara Municipal do Porto.

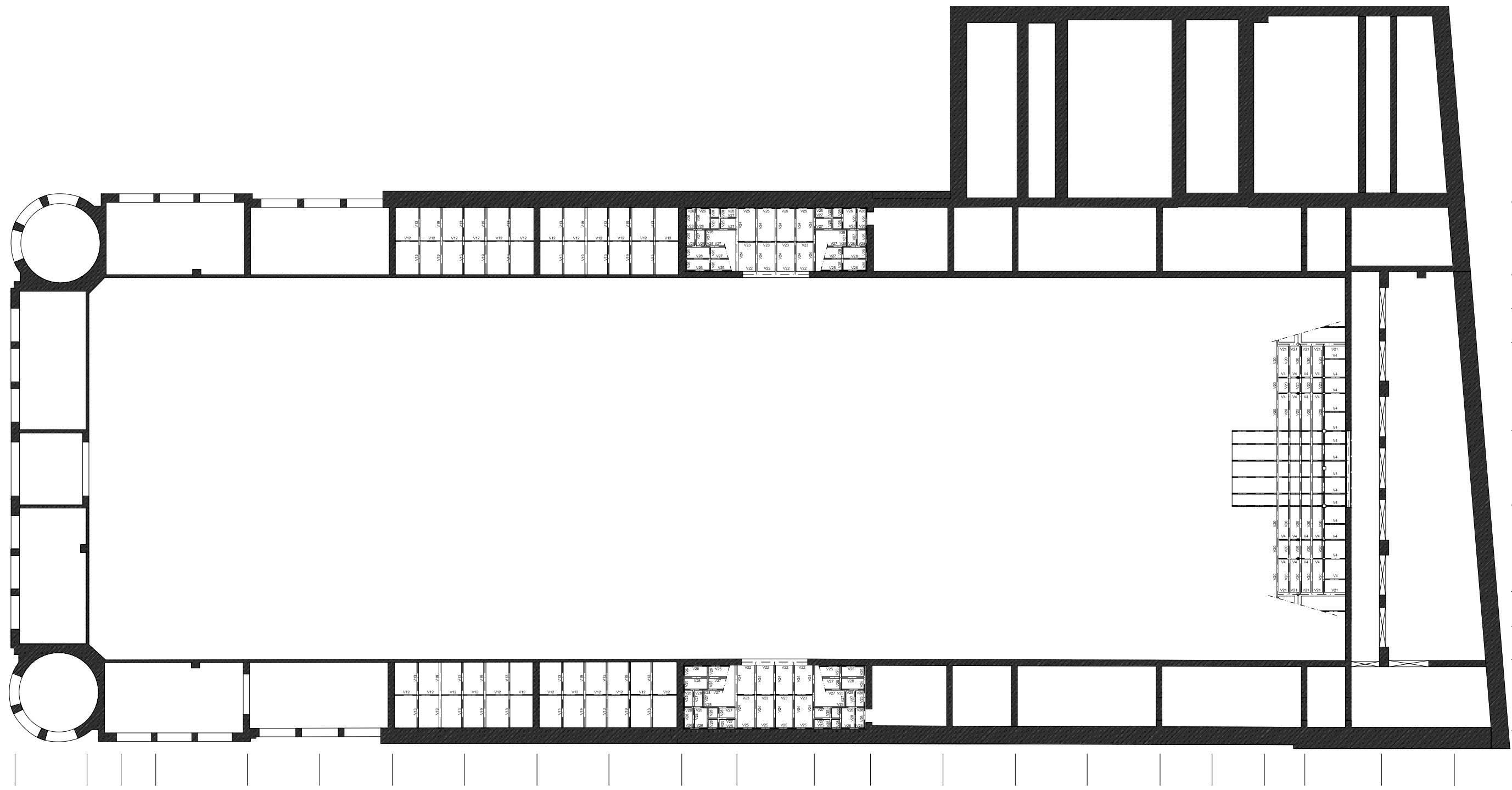
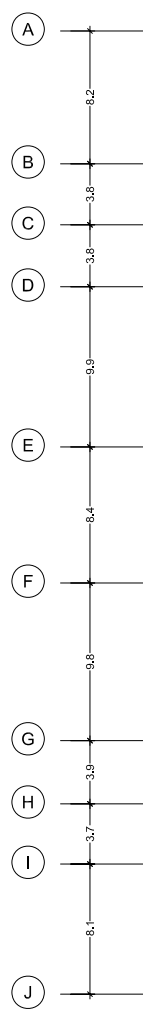
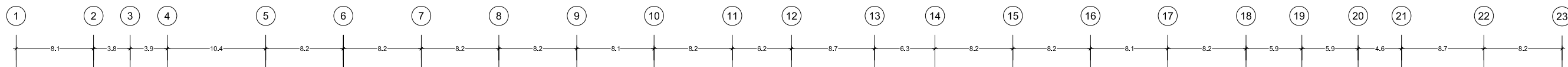
22.^a

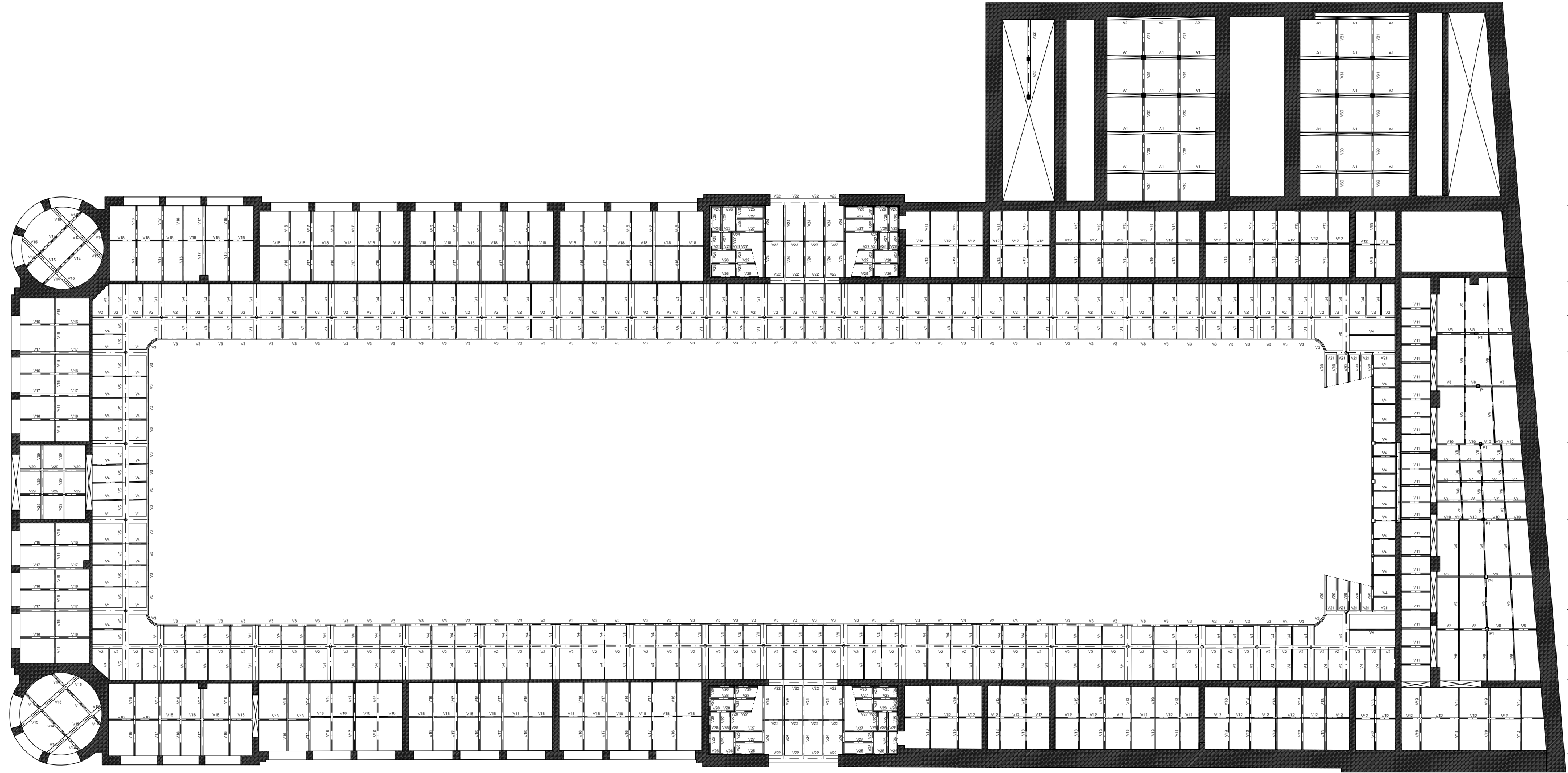
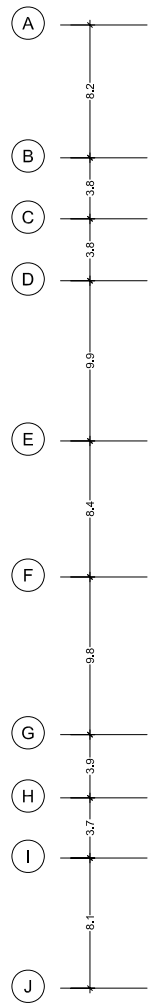
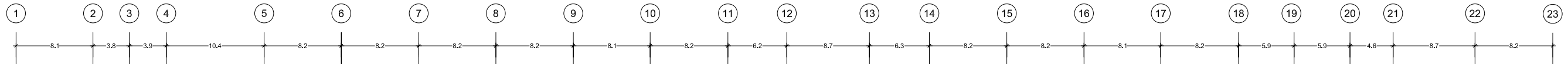
Nos casos não previstos n'estas condições, o empreiteiro sujeitar-se-á a todas as clausulas e condições geraes das empreitadas de obras publicas que fazem parte do Decreto de 9 de maio de 1906.

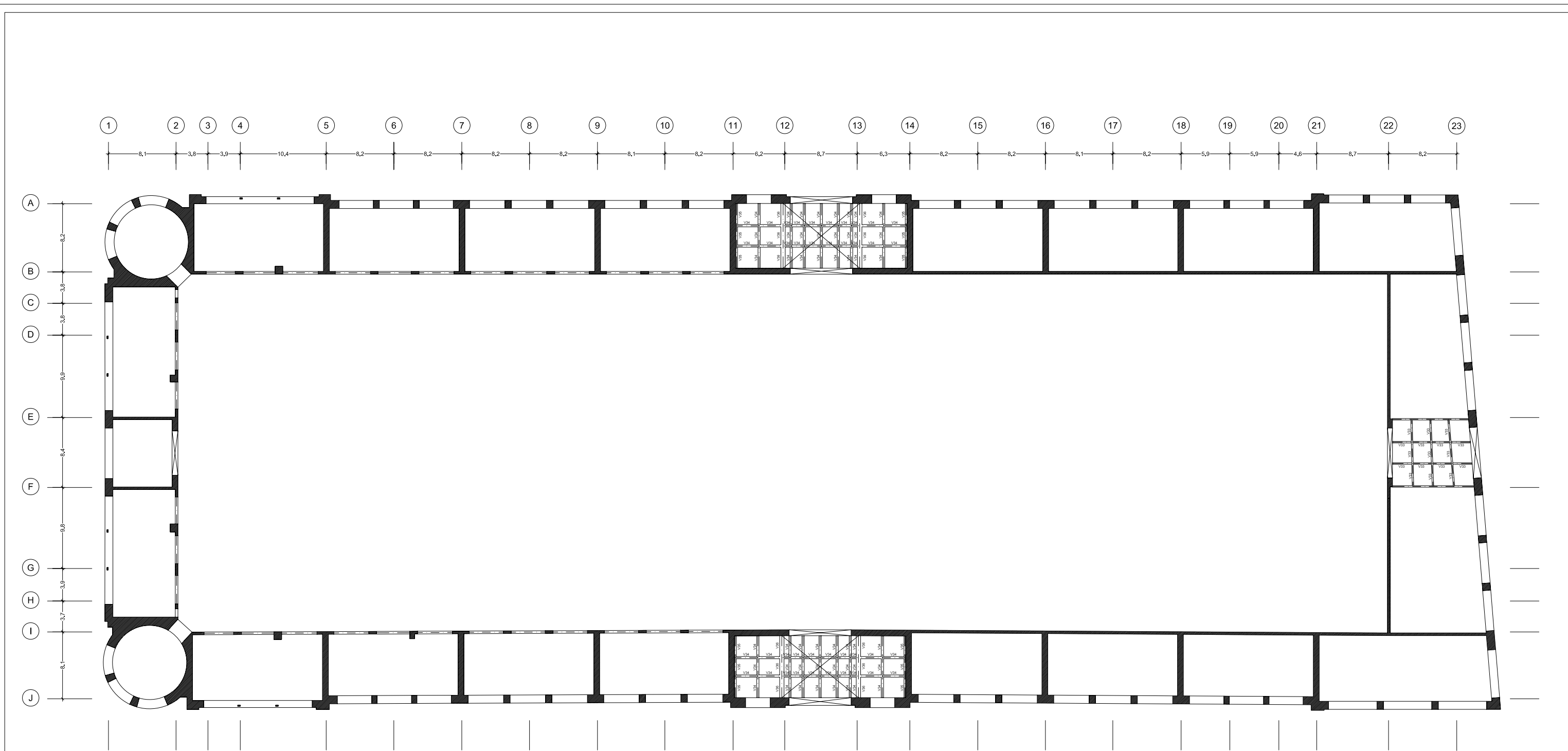
Porto e 3.^a Repartição Municipal, 27 de setembro de 1911.

Anexo B

Peças desenhadas







1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23

8,1 3,8 3,9 10,4 8,2 8,2 8,2 8,2 8,1 8,2 6,2 8,7 6,3 8,2 8,2 8,1 8,2 5,9 5,9 4,6 8,7 8,2

A 8,2

B 3,8

C 3,8

D 9,9

E 8,4

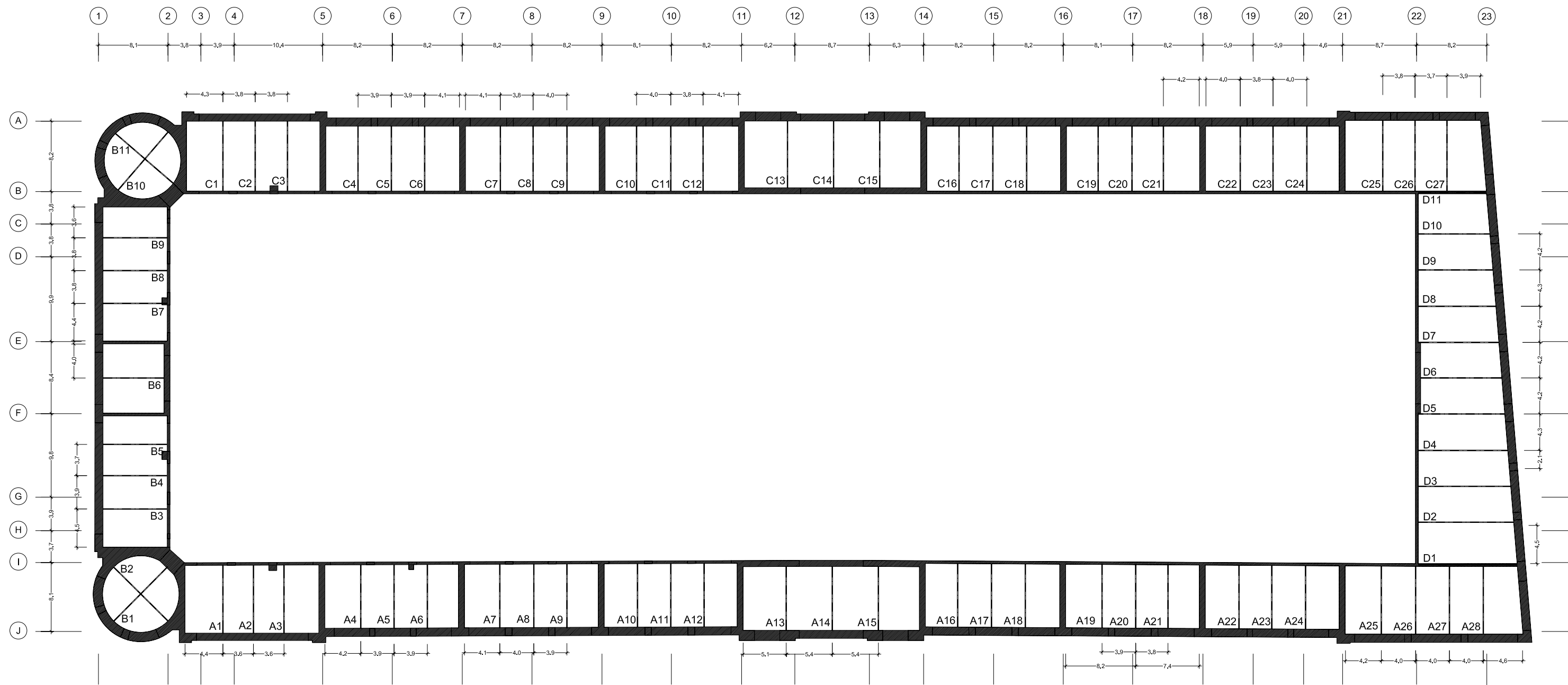
F 9,8

G 3,9

H 3,7

I 8,1

J

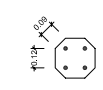


NOTAS

- As coberturas inspeccionadas encontram-se cotadas com os espaçamentos entre asnas de madeira, de cerca de 12,0m que chegam ao topo do edifício. Sendo assim, existem normalmente conjuntos de 3 asnas separados por paredes de alvenaria de granito (a exceção é a cobertura D, que não é interceptada pelas referidas paredes).
- A maioria dos elementos estruturais de madeira das asnas (pernas, pendurais, escoras e linha), assim como as madres e as cumeiras, apresentam secção transversal de 7,5x21,5cm², existindo também alguns elementos com 6,0x10,0cm².
- As cumeiras são suportadas a meio vão por escoras apoiadas nas asnas.

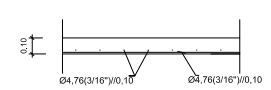
Viga	b(m)	h(m)	Corte transversal (Esc. 1/20)	NOTAS	Viga	b(m)	h(m)	Corte transversal (Esc. 1/20)	NOTAS	Viga	b(m)	h(m)	Corte transversal (Esc. 1/20)	NOTAS	Viga	b(m)	h(m)	Corte transversal (Esc. 1/20)	NOTAS																																																																																																																																																																																											
V1	0,60	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual. - O perfil metálico é semelhante ao actual IPE240.	V11	0,15	0,35		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V21	0,36	0,28		- A armadura foi identificada somente através da visualização de um varão, pelo que poderão existir mais varões que não foram detectados pelo pacómetro devido à presença do perfil metálico. - O perfil metálico é semelhante ao actual IPE240.	V31	0,20	0,28		- Supõe-se que a área retangular inferior da viga não é original, tendo sido betonada numa intervenção mais recente. - A armadura respectiva foi identificada com recurso ao pacómetro. - A restante armadura foi identificada através de inspeção visual.	V2	0,36	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V12	0,12	0,18		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V22	0,60	0,43		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V32	0,30	0,18		- Supõe-se que a viga não é original, tendo sido betonada numa intervenção mais recente. - A armadura respectiva foi identificada com recurso ao pacómetro.	V3	0,18	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V13	0,12	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V23	0,10	0,43		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V33	0,15	0,40		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V4	0,10	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V14	0,16	0,30		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V24	0,20	0,43		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V34	0,20	0,52		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V5	0,60	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V15	0,30	0,40		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V25	0,12	0,34		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V35	0,15	0,52		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V6	0,10	0,35		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V16	0,16	0,29		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro e através de vigas com vãos semelhantes, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V26	0,12	0,50		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V36	0,44	0,52		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V7	0,18	0,45		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V17	0,22	0,38		- As armaduras através de vigas com vãos semelhantes, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V27	0,15	0,34		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.								V8	0,15	0,45		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V18	0,11	0,22		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro e através de vigas com dimensões e vãos semelhantes, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V28	0,15	0,50		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.								V9	0,10	0,28		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva. - A viga distingue-se da viga V4 pela diferença de vãos e pela precisão na leitura do diâmetro das armaduras.	V19	0,15	0,56		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V29	0,20	0,40		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.								V10	0,15	0,55		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V20	0,18	0,35		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V30	0,20	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual. - A altura da viga foi medida da sua face inferior até à face inferior da laje.						
V2	0,36	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V12	0,12	0,18		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V22	0,60	0,43		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V32	0,30	0,18		- Supõe-se que a viga não é original, tendo sido betonada numa intervenção mais recente. - A armadura respectiva foi identificada com recurso ao pacómetro.	V3	0,18	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V13	0,12	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V23	0,10	0,43		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V33	0,15	0,40		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V4	0,10	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V14	0,16	0,30		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V24	0,20	0,43		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V34	0,20	0,52		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V5	0,60	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V15	0,30	0,40		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V25	0,12	0,34		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V35	0,15	0,52		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V6	0,10	0,35		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V16	0,16	0,29		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro e através de vigas com vãos semelhantes, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V26	0,12	0,50		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V36	0,44	0,52		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V7	0,18	0,45		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V17	0,22	0,38		- As armaduras através de vigas com vãos semelhantes, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V27	0,15	0,34		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.								V8	0,15	0,45		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V18	0,11	0,22		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro e através de vigas com dimensões e vãos semelhantes, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V28	0,15	0,50		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.								V9	0,10	0,28		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva. - A viga distingue-se da viga V4 pela diferença de vãos e pela precisão na leitura do diâmetro das armaduras.	V19	0,15	0,56		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V29	0,20	0,40		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.								V10	0,15	0,55		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V20	0,18	0,35		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V30	0,20	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual. - A altura da viga foi medida da sua face inferior até à face inferior da laje.																										
V3	0,18	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V13	0,12	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V23	0,10	0,43		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V33	0,15	0,40		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V4	0,10	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V14	0,16	0,30		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V24	0,20	0,43		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V34	0,20	0,52		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V5	0,60	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V15	0,30	0,40		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V25	0,12	0,34		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V35	0,15	0,52		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V6	0,10	0,35		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V16	0,16	0,29		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro e através de vigas com vãos semelhantes, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V26	0,12	0,50		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V36	0,44	0,52		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V7	0,18	0,45		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V17	0,22	0,38		- As armaduras através de vigas com vãos semelhantes, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V27	0,15	0,34		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.								V8	0,15	0,45		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V18	0,11	0,22		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro e através de vigas com dimensões e vãos semelhantes, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V28	0,15	0,50		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.								V9	0,10	0,28		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva. - A viga distingue-se da viga V4 pela diferença de vãos e pela precisão na leitura do diâmetro das armaduras.	V19	0,15	0,56		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V29	0,20	0,40		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.								V10	0,15	0,55		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V20	0,18	0,35		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V30	0,20	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual. - A altura da viga foi medida da sua face inferior até à face inferior da laje.																																														
V4	0,10	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V14	0,16	0,30		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V24	0,20	0,43		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V34	0,20	0,52		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V5	0,60	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V15	0,30	0,40		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V25	0,12	0,34		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V35	0,15	0,52		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V6	0,10	0,35		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V16	0,16	0,29		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro e através de vigas com vãos semelhantes, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V26	0,12	0,50		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V36	0,44	0,52		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V7	0,18	0,45		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V17	0,22	0,38		- As armaduras através de vigas com vãos semelhantes, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V27	0,15	0,34		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.								V8	0,15	0,45		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V18	0,11	0,22		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro e através de vigas com dimensões e vãos semelhantes, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V28	0,15	0,50		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.								V9	0,10	0,28		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva. - A viga distingue-se da viga V4 pela diferença de vãos e pela precisão na leitura do diâmetro das armaduras.	V19	0,15	0,56		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V29	0,20	0,40		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.								V10	0,15	0,55		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V20	0,18	0,35		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V30	0,20	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual. - A altura da viga foi medida da sua face inferior até à face inferior da laje.																																																																		
V5	0,60	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V15	0,30	0,40		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V25	0,12	0,34		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V35	0,15	0,52		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V6	0,10	0,35		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V16	0,16	0,29		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro e através de vigas com vãos semelhantes, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V26	0,12	0,50		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V36	0,44	0,52		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V7	0,18	0,45		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V17	0,22	0,38		- As armaduras através de vigas com vãos semelhantes, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V27	0,15	0,34		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.								V8	0,15	0,45		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V18	0,11	0,22		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro e através de vigas com dimensões e vãos semelhantes, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V28	0,15	0,50		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.								V9	0,10	0,28		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva. - A viga distingue-se da viga V4 pela diferença de vãos e pela precisão na leitura do diâmetro das armaduras.	V19	0,15	0,56		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V29	0,20	0,40		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.								V10	0,15	0,55		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V20	0,18	0,35		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V30	0,20	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual. - A altura da viga foi medida da sua face inferior até à face inferior da laje.																																																																																						
V6	0,10	0,35		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V16	0,16	0,29		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro e através de vigas com vãos semelhantes, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V26	0,12	0,50		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V36	0,44	0,52		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V7	0,18	0,45		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V17	0,22	0,38		- As armaduras através de vigas com vãos semelhantes, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V27	0,15	0,34		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.								V8	0,15	0,45		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V18	0,11	0,22		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro e através de vigas com dimensões e vãos semelhantes, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V28	0,15	0,50		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.								V9	0,10	0,28		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva. - A viga distingue-se da viga V4 pela diferença de vãos e pela precisão na leitura do diâmetro das armaduras.	V19	0,15	0,56		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V29	0,20	0,40		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.								V10	0,15	0,55		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V20	0,18	0,35		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V30	0,20	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual. - A altura da viga foi medida da sua face inferior até à face inferior da laje.																																																																																																										
V7	0,18	0,45		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V17	0,22	0,38		- As armaduras através de vigas com vãos semelhantes, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V27	0,15	0,34		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.																																																																																																																																																																																																
V8	0,15	0,45		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V18	0,11	0,22		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro e através de vigas com dimensões e vãos semelhantes, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V28	0,15	0,50		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.																																																																																																																																																																																																
V9	0,10	0,28		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva. - A viga distingue-se da viga V4 pela diferença de vãos e pela precisão na leitura do diâmetro das armaduras.	V19	0,15	0,56		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V29	0,20	0,40		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.																																																																																																																																																																																																
V10	0,15	0,55		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual.	V20	0,18	0,35		- As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro, pelo que o valor do diâmetro deve ser interpretado com alguma reserva.	V30	0,20	0,28		- As armaduras foram identificadas através de inspeção visual. - A altura da viga foi medida da sua face inferior até à face inferior da laje.																																																																																																																																																																																																

Pilar P1
Esc. 1:20

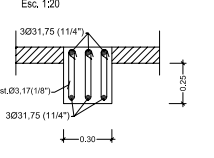


NOTA: As armaduras foram identificadas com recurso ao pacómetro. No entanto, os resultados não foram conclusivos.

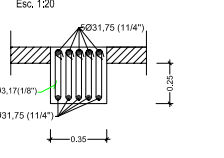
Laje madça L1
Esc. 1:20



Arco A1 - Secção de fecho
Esc. 1:20



Arco A2 - Secção de fecho
Esc. 1:20



NOTAS

- Todas as armaduras visualizadas são constituídas por varões lisos.
- A armadura da laje foi identificada com recurso ao pacómetro e por inspeção visual, ou possivelmente pela corrosão dos varões ou após plagem do betão de recobrimento.
- A armadura superior admite-se que é igual à armadura inferior, uma vez que tal foi verificado nas vigas V1 e V2 após plagem do betão de recobrimento.
- O diâmetro dos estribos foi medido em diversos elementos, tendo-se obtido sempre valores semelhantes. Assim, admite-se que todos os elementos sejam constituídos por estribos com diâmetro igual.
- Apesar de não se terem avaliado todas as lajes, admite-se que a sua constituição será a mesma devido à semelhança de vãos.
- Não se conhece a constituição da laje sob a Rua Sá da Bandeira, apoiada nas vigas V30, V31 e V32 e nos arcos A1 e A2, pelo que a suposição acima referida não deve ser extrapolada para este elemento.