



Universidade da Beira Interior

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E ARQUITECTURA

PROPOSTA DE ANTEPROJECTO PARA  
REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIO INDUSTRIAL  
DEVOLUTO NA COVILHÃ

Lara Inês Mendes Pereira

Covilhã

2010

Para ser grande, sê inteiro: nada

Teu exagera ou exclui.

Sê todo em cada coisa. Põe quanto és

No mínimo que fazes.

Assim em cada lago a lua toda

Brilha, porque alta vive

Ricardo Reis

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil – Estruturas e Construção pela Universidade da Beira Interior sob a orientação de:

**Professor Doutor Marcin Michal Górski** - Professor Auxiliar Convidado do Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura da Universidade da Beira Interior

# AGRADECIMENTOS

O ser humano, na sua condição de ser social, nada é sem os que o rodeiam. Um trabalho desta envergadura, que é, no fundo, o culminar de anos de aprendizado não se consegue agindo só. Por isso não posso deixar de expressar o meu mais profundo agradecimento a algumas pessoas.

Ao meu orientador, Professor Doutor Marcin Michal Górski, que sem me conhecer aceitou desde o primeiro momento a tarefa de me orientar e me sugeriu este tema.

Às minhas colegas de Mestrado em Arquitectura, Magdalena e Eliza, sobretudo a Eliza, que tão generosamente partilharam comigo as suas ideias e o seu trabalho.

Aos meus professores, que ao longo destes anos me forneceram as bases de conhecimento para ser o que sou hoje mas sobretudo para o que irei ser depois.

Aos meus amigos, que são igualmente os melhores colegas de trabalho que poderia ter, por toda a força e carinho que me deram.

À minha família, cujo apoio incondicional em todas as áreas da minha vida definirá sempre o que fui, o que sou e o que irei ser.

# RESUMO

O principal objectivo desta dissertação é fornecer uma base para a elaboração de um projecto de reabilitação técnica de um edifício industrial, em desuso desde 1998, na cidade da Covilhã. O edifício situa-se muito próximo à Faculdade de Engenharia da Universidade da Beira Interior e a um dos cursos de água da cidade. Foi construído em diversas fases, ao longo de pelo menos dois séculos, recorrendo ao uso de alvenaria estrutural numa primeira fase e betão armado num segundo tempo.

Para que se possa entender o interesse na análise do edifício é feita referência à problemática dos edifícios industriais, tanto a nível europeu como mais especificamente no caso da Covilhã.

Uma abordagem geral a edifícios industriais e técnicas de reabilitação e revitalização dos mesmos atende, no entanto, à especificidade local quer no que diz respeito à sua construção faseada e diferentes técnicas de edificação de estruturas, mas também devido às diferentes exigências funcionais e tecnológicas. Os edifícios industriais localizados na zona da Covilhã foram construídos desde o século XVII para suprir as necessidades da alvoroçante indústria têxtil, e como a maioria dos edifícios na região o principal material estrutural foi pedra de granito. O conhecimento de técnicas de construção tradicionais, específicos para esta área é essencial para a criação de um plano de reabilitação eficaz e que salvguarde os aspectos técnicos de um dos edifícios históricos da Covilha

**Palavras chave:** Brownfield, alvenaria estrutural, reabilitação e reforço de estruturas, edifício industrial, anteprojecto

# ABSTRACT

The main propose of this dissertation is to provide a basis for the development of a project to redevelop a industrial building that is not in use since 1998 in the city of Covilhã. The building is located closely to the Faculty of Engineering of the University of Beira Interior and to one of the watercourses in town. It was build by stages, spread over at least two centuries, resorting at first to the use of structural masonry and to the use of reinforced concrete in a second time. To be able to understand the interest in the analysis of the building is referred to the problems of industrial buildings, both in Europe and more specifically in the case of Covilhã.

General approach for industrial buildings revitalization and technical rehabilitation meets however local specificity due to different time and techniques of structures erection, but also due to different functional and technological demands. Industrial buildings located in area of Covilha were built since XVII century for the needs of early textile industry, and as majority of buildings in the area the main structural material was granite stone. Knowledge of traditional building techniques, specific for this area is essential for creating plan of effective and respectful technical rehabilitation process of one of historical building in Covilha.

**Keywords:** Brownfield, masonry, structural rehabilitation and strengthening of structures, industrial building, preliminary project

# ÍNDICE

Resumo.....	iii
Abstract.....	iv
Introdução.....	1
Objectivo e Âmbito.....	2
Objectivo.....	2
Âmbito.....	2
Capítulo I- Problemática dos edifícios pós-industriais devolutos.....	3
Problemática dos edifícios pós-industriais devolutos na Covilhã.....	10
Capítulo II – Materiais e técnicas de construção tradicionais em Portugal.....	16
2.1 – Materiais tradicionais.....	16
2.1.1 – Pedras naturais.....	17
2.1.2 – Pedras artificiais.....	17
2.2 – Técnica de construção.....	20
2.2.1 – Pedras naturais.....	20
2.2.2 – Pedras artificiais.....	24
Capítulo III – Métodos de Reforço.....	35
3.1 - Reparar.....	35
3.1.1 - Alvenaria estrutural: Reparação e manutenção de Pedra.....	35
3.1.2 - Reparação e substituição de elementos de alvenaria.....	42
3.1.3 - Possíveis critérios para identificar quais as rochas a substituir.....	46
3.2 - Reforçar.....	48
3.2.1 - Técnicas de reforço em paredes de alvenaria de pedra natural.....	48
Capítulo IV – Análise do edifício.....	59
4.1 – História do Edifício.....	59
4.1.1 – Localização.....	59
4.1.2 – Utilização.....	60
4.2 – Descrição estrutural do edifício.....	63
4.3 – Análise do Edifício.....	66
4.3.1 – Envolvente.....	66
4.3.2 – Patologias.....	73

Capítulo V – Ante-projecto de reabilitação estrutural .....	88
5.1 – Atribuição de nova função ao edifício.....	88
5.2 - Formas de intervenção.....	91
5.3 - Procedimento face a problemas de patologia .....	93
5.4 - Avaliação estrutural.....	100
Capítulo VI – Conclusões.....	111
Bibliografia .....	112
Anexos .....	114

# Índice de figuras

Figura 1 - Tipos de Brownfields por potencial de reutilização ->A: Projectos de iniciativa privada; B: Parcerias publico-privadas; C: Projectos de iniciativa Pública (Lifelong Educational Project on Brownfields, 2006).....	4
Figura 2 - Antiga fábrica de transformação de algodão no centro de Manchester, Inglaterra (Buildings) .....	5
Figura 3 - Manchester, Murrays Mills, Ancoats (Buildings) .....	5
Figura 4 - Aerial view showing the extent of Cardiff Docks in 1948 (Urban75).....	6
Figura 5 - Baía de Cardiff em 2004 (Urban75) .....	7
Figura 6 - Cartão pré-guerra retratando Christine Shaft (Jagoda, et al., 2010) .....	8
Figura 7 - Oeste e norte da torre de elevação com base no novo projecto (Jagoda, et al., 2010) .8	
Figura 8 - Visualização da torre vista da estrada com base no novo projecto (Jagoda, et al., 2010).....	9
Figura 9 - Ano de 1890 Vista geral das fábricas do Sineiro, Ribeira da Carpinteira (Central)....	10
Figura 10 - Ano de 1890 Fábrica Alçada & Mousaco, Ribeira da Carpinteira (Correia) .....	11
Figura 11 - Ano de 1900 Fábrica Campos Mello & Irmão, Lda. Ribeira da Carpinteira (Central) .....	11
Figura 12 - Ano de 1910 Fábrica de José Cláudio Guimarães, Ribeira da Carpinteira (Moderna) .....	11
Figura 13 - - Ano de 1904 Quartel de Infantaria 21/Real Fábrica de Panos (NEVE) .....	12
Figura 14 - Complexo industrial abandonado na Ribeira da Carpinteira 2010 .....	12
Figura 15 - Década de 30: construção do muro de suporte para a Fábrica Ernesto Cruz (Estrela).....	13
Figura 16 - Década de 30: Movimentos de terraplanagem para construção da fábrica Ernesto Cruz (Estrela) .....	13
Figura 17 - Ano de 1939: Fábrica Ernesto Cruz (Estrela) .....	14
Figura 18 - Real Fábrica Veiga/ Museu dos Lanifícios 2010 .....	14
Figura 19 - Reforço de abertura com recurso a perfis metálicos na Real Fábrica Veiga .....	15
Figura 20 – Diversos aspectos de alvenaria aparelhada.....	21
Figura 21 - Exemplos de pedras a partir das quais se pode obter alvenaria aparelhada .....	21
Figura 22 - Da esquerda para a direita e de cima para baixo: pedra irregular; alvenaria de junta larga; pedra irregular; pedra lamelar; pedra irregular natural; pedra irregular corrigida .....	22
Figura 23 - Esquema de muro de suporte de alvenaria seca com fiadas regularizadas à régua .....	23
Figura 24 - Técnica mista, aplicação de tijolo burro no arranque da abóbada, enchimento com alvenaria ordinária e secção do arco em alvenaria aparelhada .....	23
Figura 25 - Esquema exemplificativo de um pano de tijolo ao alto .....	25
Figura 26- Esquema exemplificativo de um pano de tijolo a meia vez .....	26
Figura 27 - Esquema exemplificativo de um pano de tijolo a uma vez.....	26

Figura 28 - Esquema de colocação de telhas em cobertura .....	27
Figura 29 - Fases de construção de uma parede em taipa .....	28
Figura 30 - Execução de travamentos e lançamento de fiada de alvenaria .....	29
Figura 31 - Equipamento de transfusão (Brito, 2001).....	40
Figura 32 - Preenchimento com argamassa de parte dos blocos de alvenaria dos cantos de um edifício recentemente reabilitado em Leiria.....	43
Figura 33 - Afastamento e disposição correcta dos furos .....	44
Figura 34 - Elementos de alvenaria substituídos e originais no Convento de Cristo, Tomar .....	47
Figura 35 - Esquema da fissuração e respectiva intervenção de reforço (Brito, 2001) .....	51
Figura 36 -Exemplo da reparação de uma fenda com a técnica de reboco armado .....	53
Figura 37a e 37b - Localização do Edifício .....	59
Figura 38 - Tipo de maquinaria existente numa Ultimação .....	62
Figura 39 - Caldeira típica da Indústria dos Lanifícios.....	62
Figura 40 – Alçado sul [ANEXO 1] .....	63
Figura 41- Vista em corte do edifício com os seus diversos piso [ANEXO 6] .....	64
Figura 42 – Planta do Piso 1, -3,50m [ANEXO 2] .....	64
Figura 43 – Planta do Piso 2, +0,00m [ANEXO 3].....	64
Figura 44 – Planta do Piso 3, +4,35m [ANEXO 4].....	65
Figura 45 – Planta do Piso 4, +8,80m [ANEXO 5].....	65
Figura 46 - Panorama geral na década de 80 (NEVE).....	66
Figura 47 - Alçado sul em 2010 .....	66
Figura 48 - Alçado sul em 2010 .....	67
Figura 49- Vista parcial do Alçado Norte do edifício principal 2010 .....	67
Figura 50 - Vista parcial do Alçado Norte do edifício principal 2010 .....	68
Figura 51 - Vista parcial de edifício anexo no Alçado Norte do edifício principal 2010 .....	68
Figura 52 - Fachada do edifício (Alçado Nascente) 2010 .....	68
Figura 54 – Vista interior do Piso 3 .....	69
Figura 53 – Vista interior do Piso 2 .....	69
Figura 55 – Vista interior do piso 4.....	70
Figura 56 – Vista interior da zona poente do edifício com grandes danos devidos a um incêndio ocorrido há poucos anos .....	70
Figura 57 – Vista do interior e de parte da cobertura da zona poente do edifício .....	71
Figura 58 - Zona Poente do edifício bastante degradada .....	71
Figura 59 - Zona nascente do edifício: recepção, escritórios .....	72
Figura 60 – Zona nascente do edifício: compartimentação interior com tabiques de madeira e gesso cartonado.....	72
Figura 61 - Zona nascente do edifício: cozinha.....	73
Figura 62 – Degradação de elementos de madeira da cobertura .....	77
Figura 63 – Degradação de elementos de madeira e metal diversos, quer da cobertura, quer da restante estrutura do edifício.....	77

Figura 64 – Presença de um qualquer elemento de tubagem que se encontrava cravado na alvenaria e que se degradou.....	78
Figura 65 – Viga de encabeçamento de uma porta com extensão insuficiente para o bom desempenho da sua função, uma vez que mal apoia nos elementos de alvenaria .....	78
Figura 66 - Pormenor de viga de cintamento em betão ao nível da laje na zona de alvenaria estrutural, com a armadura a descoberto.....	78
Figura 67 – Proliferação de elementos biológicos nas fachadas	Figura 68 – Proliferação de elementos biológicos nas fachadas e mau estado do sistema de drenagem de água pluviais

79

Figura 69 – Proliferação de vegetação em elementos de alvenaria e de ferro .....	79
Figura 70 – Mancha de humidade presente em várias regiões do edifício, devidas a infiltrações causadas pelo mau estado da cobertura .....	80
Figura 71 – Antigo sistema de tubagens dos ferros a vapor suspensos nos ferros das vigas ...	80
Figura 72 – Presença de salitre e humidade nos pilares e paredes da fachada Norte, pouco exposta à luz solar .....	81
Figura 73 – Descasque da pintura e reboco por incompatibilidade com a alvenaria .....	81
Figura 74 – Padrão de fissuração, frequente nas paredes do edifício, possivelmente devido a problemas no carregamento da estrutura .....	82
Figura 75 – Sulco num element de alvenaria com reboco em que se nota o aparecimento de material biológico. ....	82
Figura 76 – Viga com integridade comprometida: armaduras à vista e má qualidade dos agregados empregues na sua execução .....	83
Figura 77 – Zona onde se vê claramente a remoção de um pilar existente no local.....	83
Figura 78 – Vespeiro presente na junta de blocos de alvenaria estrutural.....	84
Figura 79 – Fractura contínua em pilar e laje .....	84
Figura 80 – Fractura contínua em viga onde se notam também manchas acastanhadas que podem significar a oxidação e corrosão das armaduras .....	85
Figura 81 – Grandes buracos em paredes de alvenaria estrutural .....	85
Figura 82 – Piso 4: Estrutura metálica da cobertura não assenta sobre os pilares.....	86
Figura 83 – Manchas devidas a infiltrações e mau estado da cobertura.....	86
Figura 84 – Fracturas numa parede de alvenaria .....	87
Figura 85 - Elementos de madeira apodrecidos e ligação a perfil metálico .....	87
Figura 86 – Corte esquemático do edifício com esboço da ligação ao edifício adjacente da Faculdade de Engenharia [ANEXO 7].....	88
Figura 87 – Planta do Piso 1, -3,50m [ANEXO 8] .....	88
Figura 88 – Planta do Piso 2, +0,00m [ANEXO 9].....	89
Figura 89 – Planta do Piso 3, +4,35m [ANEXO 10].....	89
Figura 90 – Planta do Piso 4, +8,80m [ANEXO 11].....	89
Figura 91 – Planta do Piso 5, +11,80m [ANEXO 12].....	90
Figura 93 - Metodologia de análise de construções deterioradas (Brito, 2001) .....	99

Figura 94 - Diminuição do grau de confiança da estrutura ao longo do tempo no que se refere a capacidade de carga (Brito, 2001) .....	101
Figura 95 - Níveis de danos em pilares danificados pelo sismo (General Task Group n.º 12, 1983).....	104
Figura 96 - Níveis de danos em pilares danificados pelo fogo (General Task Group n.º 12, 1983).....	106
Figura 97 - Níveis de danos em pilares danificados pela corrosão das armaduras (Cánovàs, 1994).....	107

# Índice de tabelas

Tabela 1 - Anomalias em paredes de alvenaria de edifícios antigos (Costa, 2009) .....	75
Tabela 2 - Anomalias em paredes resistentes com elementos de madeira (Costa, 2009).....	76
Tabela 3 - – Anomalias em rebocos de paredes de edifícios antigos (Costa, 2009).....	76
Tabela 4 - Estimativa pseudo-quantitativa da relação de capacidade para elementos (Brito, 2001).....	103
Tabela 5 - Estimativa pseudo-quantitativa da relação de capacidade para elementos estruturais de edifícios danificados por incêndios (Brito, 2001) .....	105
Tabela 6 - - Nível de estragos associados à corrosão das armaduras (Brito, 2001) .....	108
Tabela 7 - Estimativa pseudo-quantitativa da relação de capacidade para elementos estruturais de edifícios danificados por ataque químico .....	108

# INTRODUÇÃO

A Engenharia e Construção são, à data, um sector em crise, tanto no panorama nacional como no internacional. A nível internacional pode atribuir-se o facto à conjuntura económica actual que limita fortemente a capacidade de endividamento de entidades públicas e privadas um pouco por todo o mundo. Portugal não foge assim à regra e como país da Europa, do “mundo antigo” há muito ocupado, enfrenta também problemas que se coadunam com a necessidade de revitalizar áreas urbanas, trazendo as famílias de volta para as cidades; diminuir a impermeabilização dos solos pela redução da necessidade de construção nova e novas acessibilidades; fomentar o turismo, ao dar uma nova “cara” aos aglomerados urbanos e monumentos nacionais.

No caso de Portugal há já algum tempo que se vem apontando a Reabilitação como caminho a seguir. Segundo o último estudo divulgado pela AECOPS<sup>1</sup>, em 11 de Janeiro de 2010, o mercado da reabilitação em Portugal vale cerca de duzentos mil milhões de euros. (Mercado da reabilitação em Portugal vale 200 mil milhões de euros, 2010)

Parece um número astronómico, superior ao PIB português que rondou em 2008 os 170 mil milhões de euros. Mas, a pecar, é por defeito, uma vez que não foi possível, por exemplo, apurar a necessidade de intervenções nas barragens já construídas, dado que não se encontraram indicadores fiáveis.

A Associação de Empresas de Construção Civil e Obras Públicas, apesar das muitas dificuldades e extrapolações, mas sempre com uma metodologia que é amplamente explicada no estudo efectuado, quantifica em 200 mil milhões de euros a globalidade das carências que existem em Portugal em matéria de obras de reabilitação e conservação de todo o património edificado.

O estado calamitoso a que chegou o património edificado em Portugal reflecte não só a contínua aposta em construção nova, de edifícios e infra-estruturas, mas também a pouca tradição e preocupação, tanto do Estado como dos privados, em zelar pela manutenção do património existente, mesmo com a existência do imperativo legal que os obriga a fazê-lo. Em matéria de volume de investimento em reabilitação de edifícios, e no conjunto dos 14 países sobre os quais existem dados disponíveis, Portugal só não é o país que menos investe em reabilitação (apenas 6,6 por cento do investimento na construção não é dedicado à construção nova) pois a Roménia, que figura nesta lista, investe apenas 5,5 por cento na reabilitação.

Essas carências inventariadas envolvem não só os edifícios mas também as infra-estruturas e ajudam a delinear os contornos de uma realidade que é há muito tema de discursos e de debate político, mas que teve, até agora, uma execução reduzida.

---

<sup>1</sup> Associação de Empresas de Construção Civil e Obras Públicas

# OBJECTIVO E ÂMBITO

## OBJECTIVO

Estudar a problemática dos edifícios industriais devolutos, os seus impactos nas regiões onde se inserem e possíveis soluções para o problema.

Elaborar um anteprojecto de modo a que se possam apontar desde já algumas soluções face a uma nova utilização do edifício, ou seja apresentar o conjunto de procedimentos a ter em conta para que se possa elaborar o projecto de reabilitação e reforço do edifício face às suas deficiências actuais e tendo como base a futura utilização proposta pela Arq.<sup>a</sup> Eliza Borkowska, aluna finalista Erasmus do Mestrado de Arquitectura da Universidade da Beira Interior.

Pretende-se ainda identificar desde já as patologias do edifício em estudo, bem como fornecer antecipadamente algum conhecimento sobre técnicas de intervenção para reparação e reforço de edifícios focando sobretudo as mais específicas para alvenaria estrutural de pedra natural.

## ÂMBITO

Este trabalho surge como culminar do processo de aprendizagem do Mestrado de 2º Ciclo em Engenharia Civil – Estruturas e Construção da Universidade da Beira Interior.

# CAPÍTULO I- PROBLEMÁTICA DOS EDIFÍCIOS PÓS-INDUSTRIAIS DEVOLUTOS

Com a Era Industrial, iniciada em Inglaterra no século XIX e que rapidamente se expandiu à Europa e América do Norte, assistiu-se ao florescer de uma nova tipologia de construções: os edifícios industriais.

Com o passar dos anos e de forma regular devido às constantes mudança e reestruturação industriais de qualquer país muitos destes edifícios caem em desuso, tornando-se edifícios devolutos. Esta situação não é específica apenas do edifício, sendo comum a toda a sua envolvente, havendo um termo generalizado internacionalmente que define estes espaços: brownfield.

Há várias definições sobre o que é um Brownfield e a compreensão das mesmas varia sobretudo entre a Americana e a Europeia. Na Europa um Brownfield é entendido como terreno abandonado, subutilizado ou vago que pode ou não ter danos ambientais, em que o uso anterior tenha cessado ou diminuído e que o mercado não foi capaz efectivamente de proceder à sua reutilização ou revalorização sem algum tipo de intervenção.

O que é ou não um Brownfield depende também substancialmente do local e das circunstâncias. Algo que pareça um Brownfield com base numa avaliação pode noutra ser considerado como uma empresa embrionária, sendo também importante referir que alguns destes locais podem estar ainda parcialmente em uso sendo aqui que se aplica o conceito de subutilização que muitas vezes traduz a evolução dos mercados económicos e até mesmo os avanços tecnológicos que criam novas exigências ao nível espacial. O facto de actualmente não se consegue definir com exactidão o que é ou não um Brownfield cria limitações na hora de estudar a sua reutilização. Apresenta-se assim a definição em voga no espaço Europeu. (Lifelong Educational Project on Brownfields, 2006)

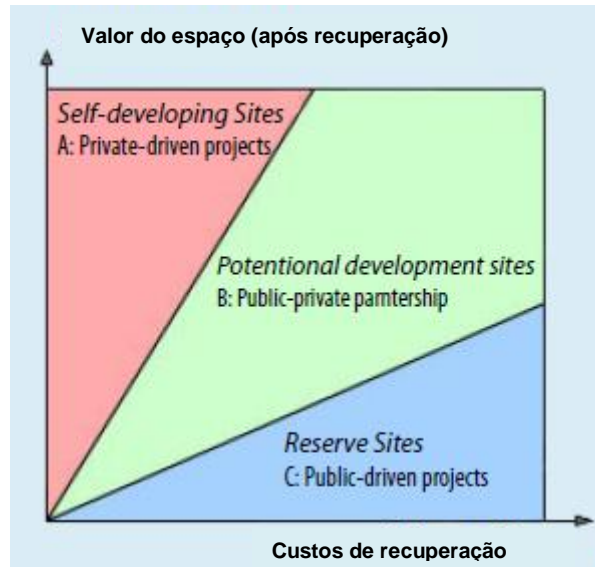
Brownfields são locais que:

- Foram afectados pelas utilizações anteriores do local e terreno circundante;
- São abandonados ou subutilizados;
- Têm problemas de contaminação real ou percebida;
- Tiveram o seu desenvolvimento principalmente em áreas urbanas;
- Exigem intervenção de forma a trazê-los de volta para o uso benéfico.

Tipos de Brownfields por prévia utilização:

- Industrial;
- Militar;
- Transporte ferroviário e Agrícola;

- Institucionais (escolas, hospitais, prisões);
- Comerciais (shopping centers, escritórios);
- Cultural (casas de cultura, cinemas);
- Lazer (campo desportivo, parques, espaços abertos).



**Figura 1 - Tipos de Brownfields por potencial de reutilização ->A: Projectos de iniciativa privada; B: Parcerias publico-privadas; C: Projectos de iniciativa Pública (Lifelong Educational Project on Brownfields, 2006)**

Alguns exemplos que se podem encontrar de cidades grandemente afectadas pela existência de Brownfields estão em zonas como a Grã-Bretanha e os da Europa Central.

Na Europa Central, a dinâmica da mudança e as circunstâncias da transição do regime socialista para uma economia de mercado deixaram muitos países a braços com uma quantidade excepcionalmente grande quantidade de edifícios devolutos, agravada pela incapacidade dos seus mercados imobiliários fazerem a “reciclagem” destas propriedades. (Lifelong Educational Project on Brownfields, 2006)

Na Grã-Bretanha, graças a ser o berço da Revolução Industrial, muitas cidades proliferaram nessa época e ao longo das décadas adjacentes sem um planeamento urbanístico adequado. Estas vêm-se a braços desde há alguns anos com a necessidade de readaptar e requalificar esses espaços. Encontram-se casos como Cardiff, Manchester e Leeds.

No final do século XVIII Manchester tornou-se palco mundial da expansão urbana e industrial. South East Lancashire e Manchester tornaram-se a primeira sociedade e economia industrial no mundo. Estas marcas são ainda visíveis na cidade e sua periferia onde se podem encontrar vários edifícios de raiz industrial actualmente adaptados a outras funções ou ainda à espera de serem requalificados.



Figura 2 - Antiga fábrica de transformação de algodão no centro de Manchester, Inglaterra (Buildings)



Figura 3 - Manchester, Murrays Mills, Ancoats (Buildings)

### **Cardiff** (Urban75)

Estimulada pela Revolução Industrial de 1790, o rápido crescimento da indústria mineira nos vales do sul de Gales foi um factor chave no desenvolvimento das docas de Cardiff.

O tráfego crescente levou ao aumento sucessivo da área ocupada pelas docas. Por esta altura, Butetown e a área portuária envolvente tinha crescido e sido transformadas numa cosmopolita, multicultural da comunidade conhecida como 'Tiger Bay'.

Tal foi o crescimento explosivo de Cardiff, que em 1880 se havia já transformado de uma pequena cidade em um dos maiores portos do mundo, com Barry e as docas de Cardiff manipulando mais carvão do que qualquer outro porto do mundo. Na passagem do século, as docas de Cardiff tinham mais tráfego do que Nova York.

Após a Segunda Guerra Mundial a procura de carvão caiu acentuadamente com os mercados internacionais a perderem para a indústria siderúrgica. As exportações de carvão finalmente cessaram em 1964.



**Figura 4 - Aerial view showing the extent of Cardiff Docks in 1948 (Urban75)**



**Figura 5 - Baía de Cardiff em 2004 (Urban75)**

### ***Polónia***

A adaptação de antigos terrenos industriais abandonados na Polónia, como em outros países europeus, tornou-se um tema importante em 1980. Contudo, foi a política económica, especialmente o colapso de muitas indústrias, em 1989, que contribuiu para o desenvolvimento do interesse pelos problemas de revitalização e adaptação de instalações industriais existentes. A partir desse momento começou a surgir projectos de adaptação em regiões particularmente industrializados, como a Alta Silésia, região metropolitana de Lodz e em muitas outras cidades.

Inicialmente, nos anos 90, os projectos de reabilitação de espaços industriais abandonados foram espontâneos e não totalmente pensados. Precede-os cuidadosa investigação e estudos preparatórios dá hoje um importante impulso aos esforços para renovar e proteger os sítios industriais e uma dinâmica de desenvolvimento de turismo industrial. Por este motivo, muitos projectos além do objectivo elevado de protecção dos monumentos têm como base um princípio simples de custo-efectividade. Graças a este aspecto muitas ruínas da era industrial tem uma hipótese real de escapar da sombra do esquecimento. Apesar da longa utilização destas instalações, estas encontram-se estão muitas vezes em muito bom estado de conservação, que não requer grande investimento na reabilitação.

Tais objectos possuem sem dúvida, vantagens, estas são as seguintes:

- Estrutura de apoio, que graças ao seu propósito original associado com cargas pesadas pode ainda ser utilizado de várias maneiras.
- Abrir uma forma de projecção, muitas vezes com pouco apoio, permite uma grande variedade de variantes funcionais.
- Localização, instalações industriais eram em sua maioria localizados em áreas localizadas perto do centro de regiões densamente povoadas e as cidades, o que, sem dúvida, aumenta a sua atractividade para os investidores.

O elevador Christine, é um dos símbolos mais característicos da Bytom, que devido à sua altura é claramente visível de vários pontos da cidade e seus arredores. Esta propriedade, localizada no terreno da antiga mina Szombierki consiste numa mina com uma torre de escape em forma de martelo de mineração.



Figura 6 - Cartão pré-guerra retratando Christine Shaft (Jagoda, et al., 2010)

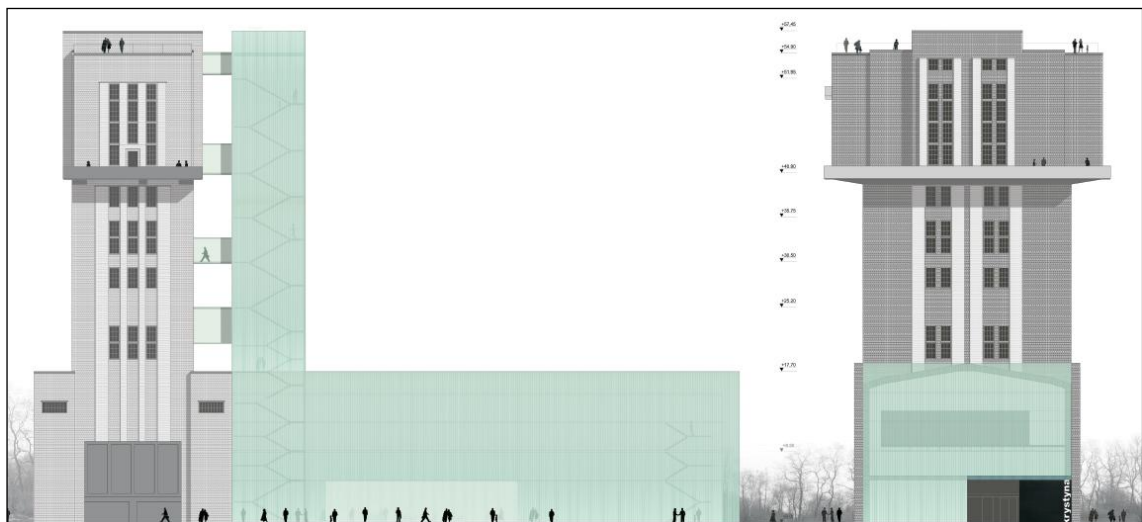


Figura 7 - Oeste e norte da torre de elevação com base no novo projeto (Jagoda, et al., 2010)



**Figura 8 - Visualização da torre vista da estrada com base no novo projecto (Jagoda, et al., 2010)**

## PROBLEMÁTICA DOS EDIFÍCIOS PÓS-INDUSTRIAIS DEVOLUTOS NA COVILHÃ

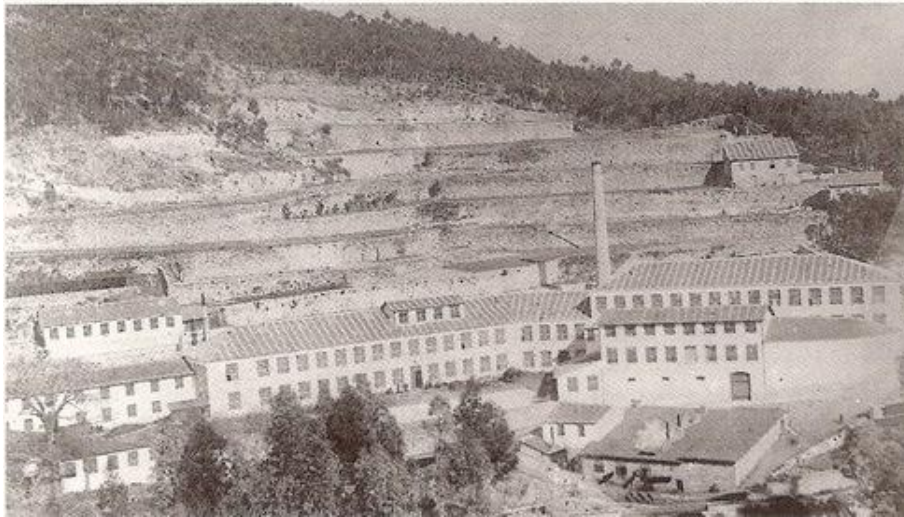
A Covilhã é desde há muitos séculos uma região com fortes potencialidades a nível industrial, o que se encontra vincado na sua personalidade logo ao primeiro olhar. Foi pelos reinados de D. João I, D. Duarte e D. Afonso V, que se começaram a fabricar os panos de lã meirinha. Já no século XVIII há registos da existência da Real Fábrica de Panos, sob a alçada do Marquês de Pombal, Sebastião José de Carvalho e Melo, sendo que este interesse da soberania portuguesa nos tecidos da Covilhã é tão importante que, D. João V havia já anteriormente ordenado que se passassem a fabricar nestas indústrias os tecidos das fardamentas militares da época, como forma de revitalizar a economia da região. Devido à abundância de cursos de água, necessários à lavagem das lãs e ao processo de tintura, à presença forte da pastorícia como actividade principal da região que contribuía com matéria-prima, foram surgindo pela agora cidade inúmeras instalações mais ou menos artesanais dedicadas à transformação da lã. Há relatos da presença e da influência Inglesas desde muito cedo no desenvolvimento e industrialização das empresas da região desde cedo, daí que se possam notar semelhanças, embora a uma escala mais reduzida entre os casos da Grã-Bretanha e a Covilhã.

No Inquérito Industrial realizado em 1881 há registo de 68 fábricas ligadas à indústria dos lanifícios, sendo que 17 eram fábricas completas de fiação, tecelagem e ultimações e 55 fábricas incompletas, ou seja, fábricas que realizavam apenas tarefas de fiação, tecelagem ou ultimação. (Quintella, 1899)

Os edifícios foram surgindo na região, sendo implementados com base sobretudo na proximidade e facilidade de utilização dos recursos hídricos naturais, daí se possa notar uma certa descoordenação aparente no urbanismo da cidade. Como ainda hoje acontece em tantos casos, os edifícios foram sendo ajustados às necessidades de uma determinada época, de um dado nível de evolução das manufacturas para maquinofacturas. A maquinaria pesada exigia edifícios robustos e amplos, o que não é difícil na região dada a abundância da matéria-prima pedra.



**Figura 9 - Ano de 1890 Vista geral das fábricas do Sineiro, Ribeira da Carpinteira (Central)**



**Figura 10 - Ano de 1890 Fábrica Alçada & Mousaco, Ribeira da Carpinteira (Correia)**



**Figura 11 - Ano de 1900 Fábrica Campos Mello & Irmão, Lda. Ribeira da Carpinteira (Central)**



**Figura 12 - Ano de 1910 Fábrica de José Cláudio Guimarães, Ribeira da Carpinteira (Moderna)**



**Figura 13 - - Ano de 1904 Quartel de Infantaria 21/Real Fábrica de Panos (NEVE)**

Com o passar dos anos, a evolução dos meios e afins também os próprios edifícios foram evoluindo, sendo assim frequente encontrar pela cidade complexos industriais de diferentes épocas de construção mas ligados entre si. Desde há algumas décadas o declínio industrial da região traduz-se no abandono destes edifícios, configurando-se esta situação como um caso de Brownfield.



**Figura 14 - Complexo industrial abandonado na Ribeira da Carpinteira 2010**

Na solução deste problema há que destacar o papel importantíssimo da Universidade da Beira Interior que ao instalar-se e desenvolver-se na cidade veio ocupar e dinamizar muitos destes espaços abandonados. Destacam-se logo a Real Fábrica de Panos – Museu dos Lanifícios, a Empresa Transformadora de Lãs – Faculdade de Ciências de Engenharia, a Fábrica do Rato – Departamento de Matemática, Ernesto Cruz – Faculdade de Ciências Sociais e Humanas entre outras.



**Figura 15 - Década de 30: construção do muro de suporte para a Fábrica Ernesto Cruz (Estrela)**



**Figura 16 - Década de 30: Movimentos de terraplanagem para construção da fábrica Ernesto Cruz (Estrela)**



**Figura 17 - Ano de 1939: Fábrica Ernesto Cruz (Estrela)**

Recentemente a Real Fábrica Veiga foi reconvertida em Centro de Interpretação dos Lanifícios, sendo um caso deveras interessante de reabilitação de espaços industriais. (Figura 18; Figura 19)



**Figura 18 - Real Fábrica Veiga/ Museu dos Lanifícios 2010**



**Figura 19 - Reforço de abertura com recurso a perfis metálicos na Real Fábrica Veiga**

## CAPÍTULO II – MATERIAIS E TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO TRADICIONAIS EM PORTUGAL

Ao longo do século XX verificou-se uma crescente preocupação quanto à aplicação de novas técnicas e materiais utilizados no campo do restauro e conservação.

A Carta de Atenas (Carta de Atenas, 1931) deixa transparecer a vontade de utilizar o betão armado, que na altura era um material recente. Anos mais tarde, a Carta de Veneza (Carta de Veneza, 1964) coibiu a sua aplicação mas garantiu espaço à aplicação de novas tecnologias: *“Sempre que as técnicas tradicionais se revelem inadequadas, a consolidação de um monumento pode ser assegurada com o apoio de todas as técnicas modernas de conservação e construção cuja eficácia tenha sido comprovada por dados científicos e garantida pela experiência.”*

As técnicas tradicionais de construção radicam numa herança cultural feita de um conhecimento que permitiu ao Homem saber utilizar com exactidão cada material e aperfeiçoar o modo de o trabalhar.

### 2.1 – MATERIAIS TRADICIONAIS

Os materiais tradicionais podem ser encarados genericamente como característicos de um país. Pedra, madeira e ferro são talvez os de maior destaque em Portugal quando se pensa em construção anterior à década de 30 do século XX e o betão armado a partir de então. Contudo, dentro de um país, de região para região estes materiais tradicionais possuem as suas especificidades, pois eram empregues consoante a sua disponibilidade e necessidade. Como exemplo pode pensar-se na região da Beira Litoral onde nas antigas casas senhoriais abunda o calcário, enquanto na Beira Interior a pedra de eleição é o granito.

Os materiais tradicionalmente utilizados na construção dividem-se em (Fernandes, 1986):

- Pedras naturais;
- Pedras artificiais (tijolos de argila crua e cozida, telhas, azulejos, taipa);
- Aviaamentos (cal, gesso);
- Revestimentos (reboco, estuque, tintas);
- Madeiras.

### *2.1.1 – PEDRAS NATURAIS*

A construção com recurso a sistemas de alvenarias tem como fundo regras de execução que residem no conhecimento do funcionamento estrutural global para que a sua resistência ao longo do tempo seja garantida. (Castro, 1984)

Na construção de alvenaria de pedra devem ser respeitados alguns princípios como uma boa arrumação das pedras, constituindo camadas o mais coesas e horizontais possíveis, sem juntas descontínuas na vertical, máximo sentido superficial possível entre elementos, sem descurar o travamento da parede nas esquinas, podendo ou não fazer uso de argamassas. (Pereira, et al., 2005)

A pedra é considerada, entre todos os materiais, o mais nobre e resistente. A sua composição química e estrutura são muito variáveis pois dependem de vários factores como a pressão interna na altura da sua formação, o seu estado de degradação e a sua origem. Em Portugal, os tipos de pedra tradicionalmente mais utilizados na construção são os granitos, os xistos e os calcários. Estes podem ser usados em diferentes técnicas construtivas.

### *2.1.2 – PEDRAS ARTIFICIAIS*

#### **2.1.2.1 - Tijolo**

O tijolo tem vindo, ao longo dos séculos, a ser um dos materiais de eleição na actividade construtiva. A criação deste material terá resultado da exigência de produzir um elemento construtivo que proporcionasse, ao mesmo tempo, resistência às intempéries e ao fogo, isolamento do frio e do calor, sendo de emprego fácil e de produção rápida e económica.

O tijolo tradicionalmente utilizado em paredes pode ser maciço ou furado. Por maciço designa-se o tijolo feito à feira ou prensado (tijolo burro), cuja função é garantir a resistência mecânica. O tijolo furado tem canais paralelos às suas maiores arestas, tendo funções de enchimento e isolamento térmico. O facto de ser mais leve favorece a sua utilização em relação ao tijolo burro.

#### **2.1.2.2 – Telha**

Inicialmente as coberturas eram feitas com materiais perecíveis, como o colmo, a casca de certas árvores, folhagens, peles de animais, etc., com que eram cobertas as cabanas primitivas. Isto levava a que estas tivessem que ser substituídas com grande periodicidade.

Embora concorrendo com outros materiais alternativos, as telhas cerâmicas têm vindo progressivamente a ganhar terreno nos países da Europa do Norte, como consequência quer das suas características estéticas, quer do eficaz comportamento que as suas propriedades lhes facilitam, mesmo sob a acção das mais rigorosas condições climáticas.

Assumindo a condição de grandes utilizadores de telhas cerâmicas, os europeus incrementaram os níveis de exigência técnica, a par com exigências relativas a novos modelos e melhorias na geometria dos formatos tradicionais.

As telhas qualificam-se como produtos técnicos, correspondendo a requisitos rigorosos expressos em normas de especificação de características e respectivos métodos de ensaio, complementados com ensaios funcionais para avaliação de desempenho, aplicáveis ao conjunto das coberturas, para simulação de exposições e condições climáticas típicas das diferentes regiões.

Muitas das anomalias detectadas em coberturas inclinadas de habitações e edifícios, revelam-se provenientes de soluções inadequadas, de aplicações deficientes e escolhas erradas de materiais acessórios.

A telha cerâmica enquadra-se em qualquer paisagem, conferindo às construções uma beleza intemporal, conseguindo ajustar-se tão bem na arquitectura urbana contemporânea, como na rural.

### **2.1.2.3 - Taipa e adobe**

Em Portugal, as técnicas de construção que aproveitam como material principal a terra, são conhecidas sob as designações tradicionais de taipa e adobe.

A designação de taipa, que tanto designa o material como a técnica de construção, provém do método usado. Este método caracteriza-se pela utilização de taipas para a moldagem da terra, que convenientemente humedecida e compactada, constitui as paredes.

Os adobes são tijolos crus, simplesmente secos ao sol e ao ar, cuja aplicação em obra se faz de maneira idêntica à dos tijolos cozidos.

Tratando-se a terra de uma matéria-prima geralmente muito abundante, os processos de construção que a aproveitam são antigos e universalmente conhecidos.

Apesar desta tradição, muitos equívocos de carácter económico e arquitectónico levaram a que nos últimos 200 anos a taipa e o adobe fossem considerados como materiais pobres e sem interesse. No entanto, já a partir dos anos 50, em pleno pós-guerra, as condições conjunturais (falta de materiais disponíveis e dificuldades económicas), fizeram com que nalguns países europeus, voltasse a ser utilizado este processo. Tal foi o caso da França onde se tem vindo a realizar experiências de construção deste tipo, procurando dignificar o material por adição de

correctivos ou aglomerantes, aumentando assim as possibilidades de êxito na resistência às intempéries e ao desgaste. A tendência actual no uso da terra em construções é a de utilizar estabilizantes como o cimento ou o betume e, ainda em fase experimental, as resinas sintéticas. Consideramos que seria igualmente importante estudar o uso da cal e em especial da cal hidratada com óleo como material estabilizante da terra.

Os adobes são fabricados com terras marginais das ribeiras. A moldagem faz-se em moldes de madeira. As dimensões dos adobes não estão fixadas variando conforme as necessidades ou conveniências de utilização. No entanto, os adobes mais vulgares medem 0.08 x 0.16 x 0.35m e aplicam-se constituindo paredes a meia vez.

O período mínimo de secagem destes elementos, após a fabricação, é de 15 dias, mas a qualidade e resistência do material aumenta bastante com a maior duração da secagem.

Para as construções de terra com adobes, a técnica de pôr em obra tradicional, não tem sofrido alteração nem é susceptível de sensíveis melhoramentos. Exige-se sempre o emprego de mão-de-obra especializada e de tipos de acabamentos semelhantes aos da construção corrente como a alvenaria de tijolo. A vantagem que possa apresentar em relação a estes materiais reside no seu menor custo, no isolamento térmico e sonoro.

#### *2.1.2.3.1 - Taipa de fasquio*

Técnica de construção de paredes interiores e exteriores, apenas utilizada para os andares superiores ao rés-do-chão, que é sempre feito de alvenaria de granito aparelhado. Estas paredes compõem-se de uma estrutura feita com tábuas de madeira, colocadas na vertical e sobre as quais se prega um segundo pano de tábuas na diagonal, travadas por último, com ripado horizontal, o fasquio.

#### *2.1.2.3.2 - Taipa de rodízio*

Técnica de construção de paredes interiores e exteriores, apenas utilizada para os andares superiores ao rés-do-chão, que é sempre feito de alvenaria de granito aparelhado. Estas paredes compõem-se de uma estrutura de vigas de madeira que funciona como um esqueleto, bastante elástico, e cujos vãos são preenchidos por tijolo burro acompanhado com argamassa.

## 2.2 – TÉCNICA DE CONSTRUÇÃO

### 2.2.1 – PEDRAS NATURAIS

#### 2.2.1.1 - Transformação da Pedra e seu assentamento

As transformações que a pedra sofre dizem respeito à sua forma e dimensão, pois quando se pretende executar uma alvenaria tecnicamente perfeita, dificilmente se podem aplicar as pedras tal como se obtêm no desmonte do maciço.

Habitualmente estas operações são levadas a cabo em obra ou próximo do local de utilização, e a maior parte das pedras é adaptada tendo em vista as condições do local de utilização do fim a que se destinam.

Quando a pedra é originária de bancos de sedimentação, normalmente já possui duas faces paralelas, bastando neste caso desbastar pontos e aprumar, desempenando um ou dois cantos; quando os blocos são irregulares é necessário um trabalho árduo e complicado.

Tratando-se de alvenaria aparelhada há que acrescentar às operações de adaptação outras de aparelho das faces aparentes; aparelho que pode ser a picão, a ponteiro, a bujardado ou simplesmente com escassilhado das arestas.

Os escassilhos e pontas resultantes destas operações são na sua maior parte aproveitados na alvenaria.

##### 2.2.1.1.1 - Alvenaria de Pedra Aparelhada

Constituída por pedras irregulares assentes em argamassa, escolhendo-se para formar os paramentos, as pedras rijas de melhor aspecto e que se aparelham numa das faces. As arestas podem ser aperfeiçoadas, não para lhes dar forma regular mas a fim de lhes tirar maiores irregularidades, de maneira a que a pedra apresente no paramento à vista o aspecto de um polígono irregular, aparelho rústico.

Há também o aparelho regular tosco, de alvenaria aparelhada, que corresponde ao mesmo sistema anterior mas com as pedras rectangulares.

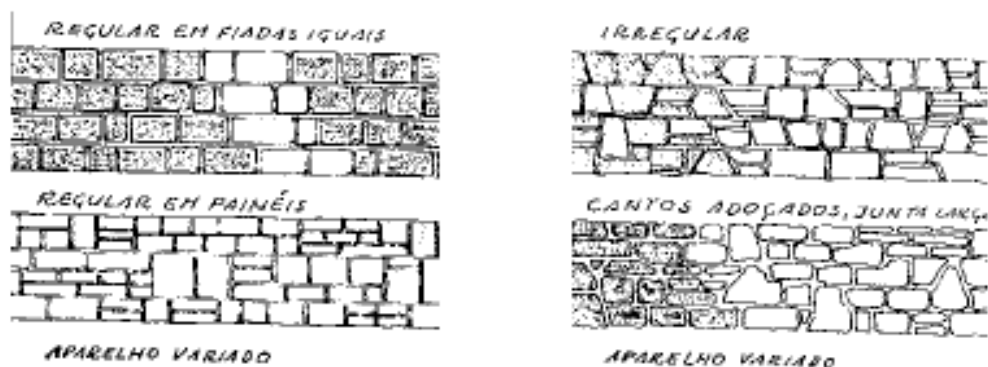


Figura 20 – Diversos aspectos de alvenaria aparelhada

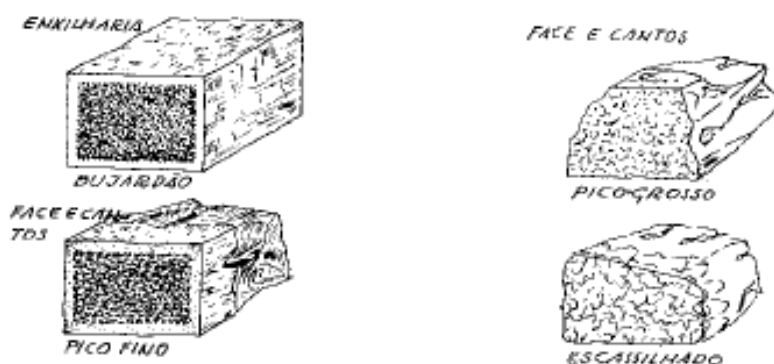


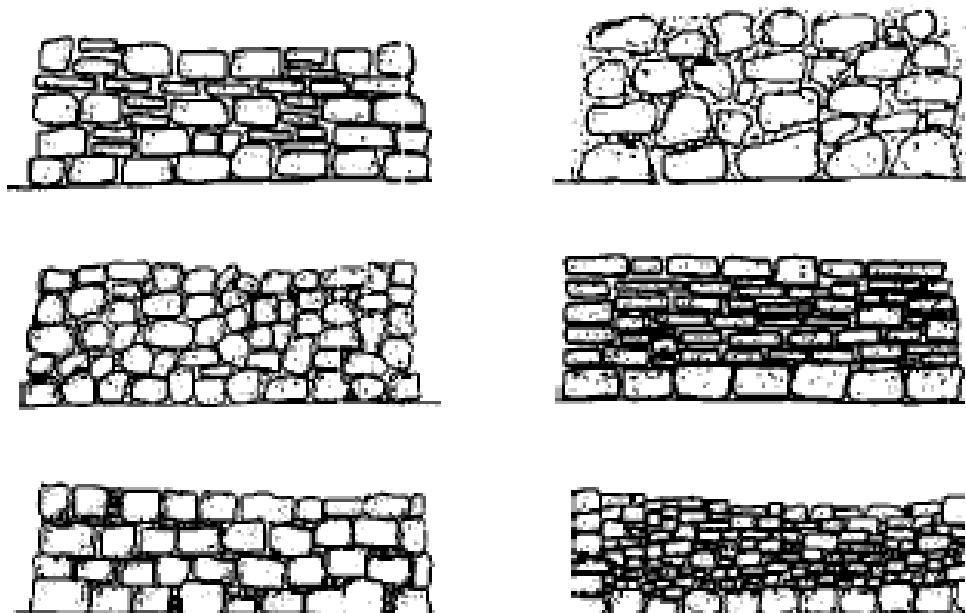
Figura 21 - Exemplos de pedras a partir das quais se pode obter alvenaria aparelhada

### 2.2.1.1.2 – Alvenaria Ordinária

Constituída por pedra irregular assente em argamassa, sendo o seu modo de fazer análogo ao da alvenaria aparelhada, observando-se porém que este trabalho é menos cuidado e por isso mais fácil e rápido. Esta alvenaria é normalmente executada para ser revestida com reboco. De qualquer modo, as pedras devem ser assentes pela parte mais lisa para não oscilarem, nem deixar espaços vazios sem argamassa.

Pela irregularidade das pedras é necessário, muitas vezes, introduzir pedras pequenas ou lascas de tijolo nos interstícios das pedras para as fixar e maciçar.

Neste sistema o peso da pedra concorre para a estabilidade da construção, mas também depende da aderência devida à argamassa. A argamassa pode ser de simples barro, cal e areia ou argamassa hidráulica e areia usada em trabalhos à prova de água, ou ainda o barro refractário no caso da construção de fornos.



**Figura 22 - Da esquerda para a direita e de cima para baixo: pedra irregular; alvenaria de junta larga; pedra irregular; pedra lamelar; pedra irregular natural; pedra irregular corrigida**

### *2.2.1.1.3 - Alvenaria de Pedra Seca ou junta seca*

Consiste na técnica de construção de paredes que dispensa o uso de argamassa na ligação das pedras entre si, tendo-se desenvolvido principalmente nas zonas onde a cal era escassa. Apesar de se poder aplicar este termo técnico a toda e qualquer alvenaria de pedra que não utilize argamassa de ligação, vulgarmente ela é associada à alvenaria de pedra irregular, mas também pode ser adoptada em obras que pela perfeição e desempenho das superfícies o uso da argamassa possa ser dispensado, normalmente tendo em vista o efeito da junta seca.

Para obviar à menor coesão da parede, conseqüente da falta de argamassa de assentamento, esta técnica requer uma boa execução no travamento das pedras entre si através do encaixe cuidadoso das pedras e da utilização de escassilhos. Esta é uma técnica de construção que pode ser utilizada em muros de suporte, de espera ou de encosto, em paredes exteriores ou interiores, em fundações, e é muito utilizada para muros de vedação. No entanto, não se deve aplicar em zonas sísmicas.

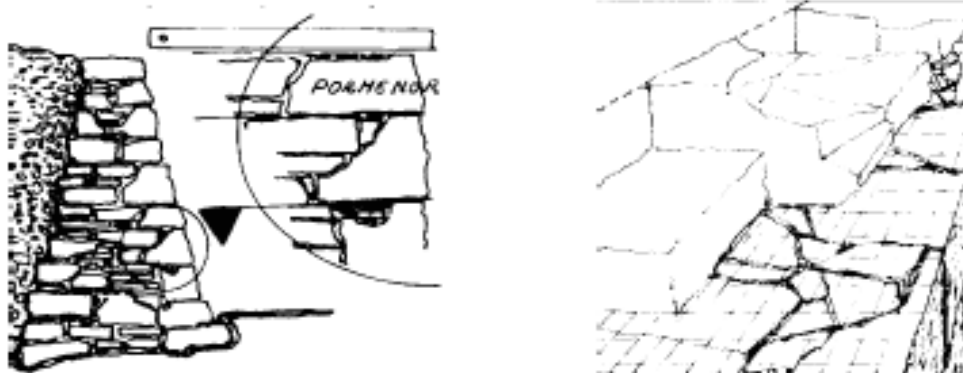


Figura 23 - Esquema de muro de suporte de alvenaria seca com fiadas regularizadas à régua



Figura 24 - Técnica mista, aplicação de tijolo burro no arranque da abóbada, enchimento com alvenaria ordinária e secção do arco em alvenaria aparelhada

## 2.2.2 – PEDRAS ARTIFICIAIS

### 2.2.2.1 – Tijolo

#### 2.2.2.1.1 - Técnicas de Aplicação de Tijolo Face-à-vista

A quantidade de argamassa empregue deverá ser a mínima para garantir a fixação dos mesmos. A sua função é anular o efeito das irregularidades na forma e dimensões dos tijolos, garantindo uma transmissão de cargas verticais equilibrada.

A aderência tijolo/argamassa é bastante reforçada quando existe o cuidado de humedecer o tijolo, nomeadamente com regas abundantes e frequentes nas épocas quentes e seca, para compensar a evaporação excessiva durante o processo de endurecimento e a absorção de água pelo tijolo em virtude do seu processo de fabrico ser baseado no cozimento.

O travamento é indispensável para permitir uma maior resistência das paredes à acção das cargas verticais. Se a carga encontrar obstáculos no seu percurso vertical descendente, vai reduzir a sua acção, então caso se verifique uma linha de ruptura esta fará um percurso irregular que garante o travamento da parede.

A espessura das juntas não deve exceder 1 cm e a argamassa deve preencher completamente o intervalo entre tijolos. Para este fim deita-se uma chapada de argamassa sobre a qual se põe o tijolo, carregando-o e impregnando-o levemente até a argamassa sair pelas juntas. Devem conserva-se as juntas horizontais e os paramentos verticais. Para isso faz-se uso do fio-de-prumo e como mestras usam-se duas ripas, em que se marcam as fiadas de tijolo. Para fazer esta divisão mede-se a altura da parede e divide-se pela grossura do tijolo mais a junta. Como o resultado não deve ser um número inteiro é necessário aumentar ou diminuir ligeiramente a espessura da junta para que as fiadas fiquem igualmente espaçadas.

No assentamento do tijolo devem considerar-se dois casos possíveis de aplicação: tijolo à vista, quando não se pretende revestir o paramento, ou tijolo que se pretende rebocado.

Ao levantar a parede, nunca se deve deixar parte dela com altura superior a um metro relativamente à construção feita anteriormente. Caso haja necessidade de deixar uma parede inacabada por tempo ilimitado devem deixar-se as fiadas terminadas em forma de escada, para que quando se retomar a obra, se possam alternar as novas fiadas. Deste modo garante-se o travamento da parede.

Nas régua que servem de mestras, assinala-se com um cordel a espessura de cada fiada. Porém essa espessura pode ser controlada com uma linha que faz coincidir com a aresta superior da fiada que se está a assentar. A fiada deve ficar perfeitamente horizontal, rectilínea e não sobressair da superfície exterior, o que se consegue com o auxílio de cordéis. A horizontalidade comprova-se com um nível de bolha de ar.

Os tijolos devem utilizar-se sempre molhados, para garantir uma aderência adequada com a argamassa, evitando a desidratação deste material.

A argamassa das juntas horizontais que é vertida no assentamento dos tijolos deve ser recolhida, servindo para encher as juntas verticais. No entanto, antes de se assentar o tijolo face-à-vista deve-se aplicar uma pequena pirâmide de argamassa no topo de encosto para melhor enchimento da referida junta. A limpeza dos eventuais restos de argamassa depositados na face do tijolo deve fazer-se de imediato com o auxílio da colher. Posteriormente, e quando estiverem parcialmente secos, devem ser removidos com sisal seco ou com auxílio de uma escova adequada e seca e só com movimentos horizontais.

O aplicador deve utilizar os restantes materiais (água, areia e cimento) com a mínima quantidade possível de sais solúveis.

A aplicação de um bom hidrofugante nas argamassas de assentamento do tijolo em fachadas exteriores é fundamental para evitar as infiltrações de humidade através das juntas, pois representam cerca de 20% da superfície exposta

Para executar uma parede com junta refundada ou reentrante, pode utilizar-se uma régua calibrada. Este processo evita o transbordo da argamassa e melhora o aspecto visual da parede. Contudo, caso se deixe a junta parcialmente cheia passado algum tempo a argamassa começa a secar e o excesso pode ser removido com auxílio de uma régua em chapa metálica com um dente na extremidade, o qual terá aproximadamente a configuração final da junta. Deste modo, o refundamento da junta é uniforme e a argamassa removida por estar semi-seca, não suja a face do tijolo aplicado. Posteriormente deve fazer-se o acabamento final com auxílio de ferramentas adequadas, de molde a dar à junta a configuração pretendida.

### 2.2.2.1.2 - Tipologia de Paredes de Tijolo

#### 2.2.2.1.2.1- Pano de Tijolo ao Alto

Emprega-se em tabiques ou paredes interiores de pequena espessura, reforçadas de espaço a espaço, no máximo de 2 metros, por prumos de madeira ou ferro.

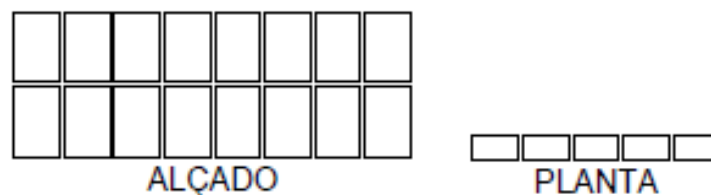


Figura 25 - Esquema exemplificativo de um pano de tijolo ao alto

### 2.2.2.1.2.2- Pano de Tijolo a Meia Vez

Formado pelo tijolo assente ao baixo de forma que a sua largura corresponda à espessura da parede. Para que as suas juntas possam ser alternadas devem-se começar as fiadas por um tijolo cortado ao meio. Este sistema apresenta uma estabilidade superior ao anterior e não necessita de ser reforçado com prumos para formar os tabiques ou divisórias anteriores.

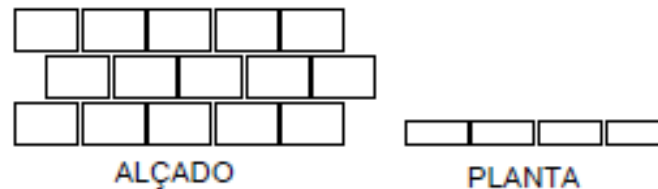


Figura 26- Esquema exemplificativo de um pano de tijolo a meia vez

### 2.2.2.1.2.3 - Pano de Tijolo a Uma Vez

O tijolo é colocado como perpianho, isto é, o seu comprimento é a espessura da parede. Este é um sistema que apresenta muitas combinações diferentes e frequentemente é misturado com o sistema de meia vez.

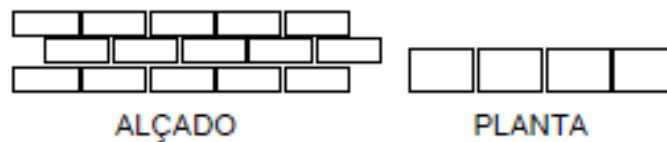


Figura 27 - Esquema exemplificativo de um pano de tijolo a uma vez

## 2.2.2.1– Telha 2.2.2.1

### 2.2.2.2.1 - Telhas de encaixe

As telhas de encaixe são assentes sobre um ripado com espaçamento determinado pelo modelo de telha a empregar.

A colocação em obra deve começar por baixo, à direita ou à esquerda segundo o sentido de encaixe lateral das telhas, de maneira a que cada telha recubra a anteriormente colocada.

No caso de telhas com juntas desencontrada são necessárias duas meias-telhas, à razão de umas por fiada, colocadas na extremidade da fiada. O bom posicionamento das telhas resulta do apoio das saliências previstas para o efeito nas faces da telha. A parte inferior de cada telha apoia-se superiormente na fiada inferior.

Acima duma inclinação de 150% e/ou se a exposição ao vento obrigar, as telhas são fixadas às ripas na proporção mínima de uma telha em cada cinco com uma repartição regular. Acima de uma inclinação de 300% todas as telhas devem ser fixadas. O mesmo deve acontecer às telhas dos beirados para inclinações superiores a 100% ou em situação exposta.

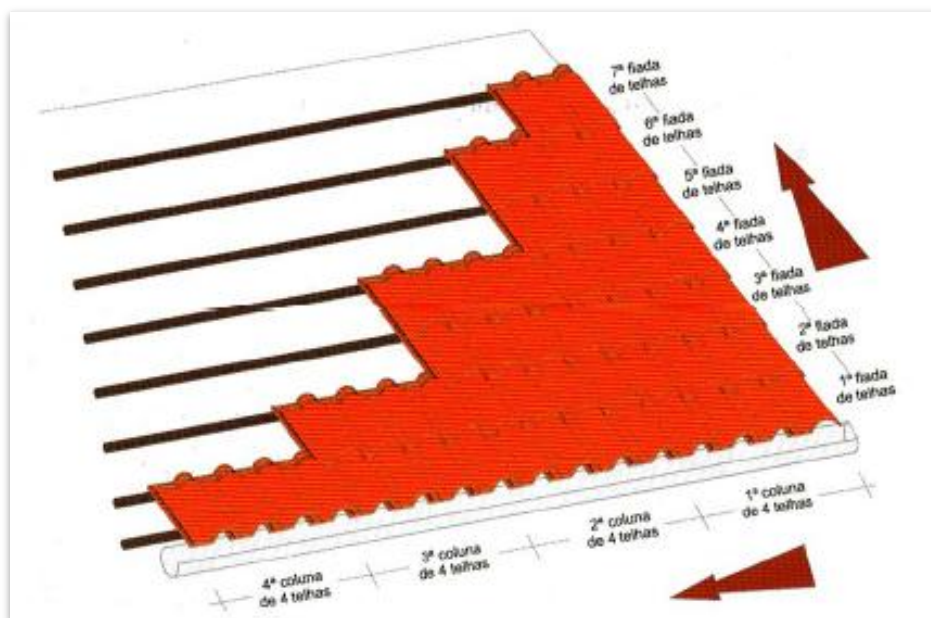


Figura 28 - Esquema de colocação de telhas em cobertura

### 2.2.2.1.2- Telhas canudo e romana

As telhas canudo e romana podem ser assentes sobre suportes contínuos ou descontínuos concebidos em função da geometria da telha a empregar. A telha canudo pode também ser assente sobre subtelha, exigindo remates especiais de forma a evitar infiltrações.

O assentamento inicia-se pelas telhas inferiores, formando um canal para a evacuação de águas, respeitando a sobreposição da telha da fiada superior sobre a fiada inferior.

Colocadas as telhas inferiores, as superiores são assentes “encavalitadas” sobre duas telhas inferiores consecutivas.

As fiadas são alinhadas. A parte larga da telha inferior dispõe-se virada para cima, enquanto na telha superior a disposição é oposta.

A fixação das telhas pode ser necessária, seja para evitar o seu deslizamento, seja para se opor ao efeito da acção do vento sobre as coberturas. As telhas podem ser fixadas pelos seguintes processos:

- Através de grampos ou pregos;

- Através de uma mástique específica;
- Através de argamassa.

### 2.2.2.2 - Taipa e adobe

#### 2.2.2.3.1 - Fases da Construção de uma Parede em Taipa

Escolha da terra ou taipa a utilizar. Nos diferentes locais onde tradicionalmente se utiliza a taipa, esta apresenta composições diferentes, conferindo características e especificidade a cada modo de fazer. É de salientar que a terra é empregue como material de construção, devido à existência de componentes argilosos na sua constituição, os quais, não só fornecem adesividade, como conferem grande estabilidade horizontal e resistência aos esforços compressivos exercidos verticalmente. A escolha da taipa é normalmente determinada pelo local onde se encontra a obra e pelos próprios mestres pedreiros. Em todo o caso deverá ser arenosa, rica em cascalho e pedra miúda.

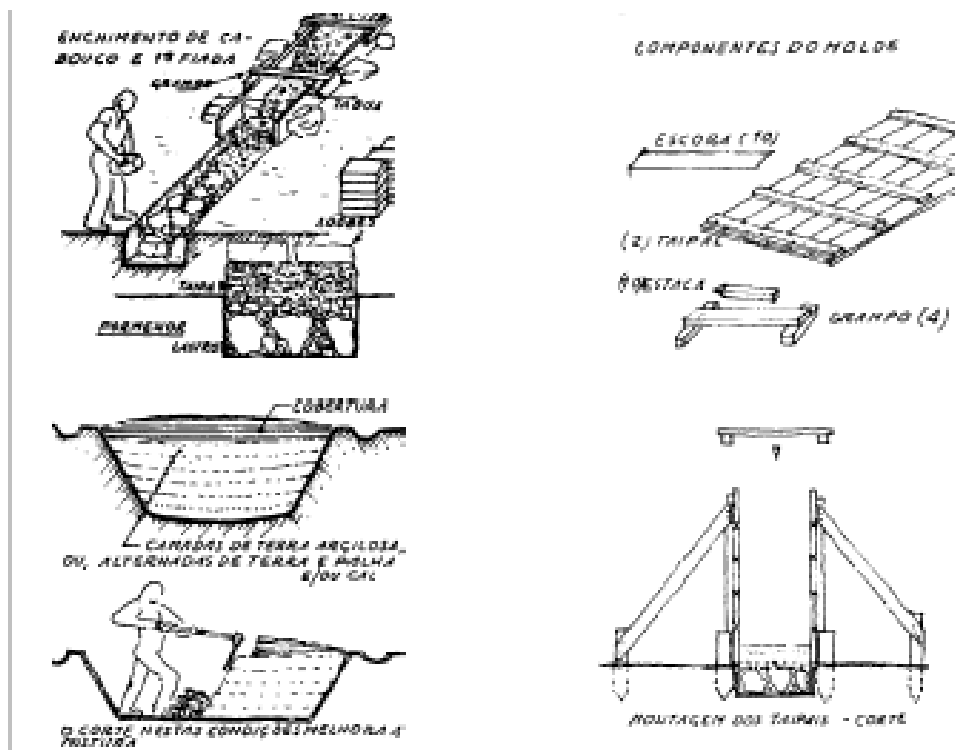


Figura 29 - Fases de construção de uma parede em taipa

Depois de extraída, a terra é transportada ao estaleiro, sendo misturada à enxada e adicionando-se-lhe ou não água, conforme a humidade natural que apresenta.

Trabalhando entre os taipais, dois homens comprimem, com os pilões, a terra pouco húmida que vai sendo lançada no molde em camadas de cerca de 10cm. Esta compressão é executada por camadas pouco espessas devendo ser demorada e forte. Os pilões ou maços

que calcam a terra têm forma de cunha e os que alisam a superfície da taipa são cilíndricos. As camadas de terra deixam-se inclinadas superiormente bem como nos extremos ou juntas, de modo a quando se termina um troço e se reinicia outro, se possa devidamente matar a junta.

- Terminado um troço, cujo comprimento útil é variável, pois parte do comprimento do taipal, retira-se a cofragem e fixa-se de novo na posição seguinte, percorrendo-se deste modo o perímetro da construção.

- Antes de iniciada cada nova fiada é de uso aplicar uma fita de argamassa de cal e areia a contornar todas as arestas do troço construído. Esta fita de argamassa destina-se a vedar as juntas do taipal, constitui uma cintagem das várias fiadas e assegura linhas de protecção contra o desgaste do tempo.

As espessuras das paredes usadas variam de 50 cm a 90 cm.

As juntas entre fiadas horizontais consecutivas, são verticais e costuma-se sobrepor em cada junta uma pedra com 20 a 30 cm de largura, cujo papel é o de impedir o alargamento dessas juntas e a consequente fendilhação nas fiadas superiores. As paredes apresentam orifícios que se atravessam e correspondem às posições dos côvados. Estes orifícios são tapados apenas pelo reboco superficial.

Os cunhais são construídos identando as fiadas neles convergentes, podendo ser reforçados com tijoleiras, que se destinam a constituir alinhamento para os rebocos.



**Figura 30 - Execução de travamentos e lançamento de fiada de alvenaria**

Os vãos das portas e janelas são usualmente abertos depois da parede executada, por demolição dos espaços correspondentes. Os vãos podem ser guarnecidos e nesse caso os aros de carpinteiro ligam-se directamente à taipa, ou então tem guarnecimento de tijolo ou cantaria. Raramente se começa a construção pela execução dos aros dos vãos em tijolo, mas caso o façam são depois encostados os taipais para execução da taipa. As vergas dos vãos são vulgarmente constituídas por barrote de madeira.

Quando se trata de fachadas com grande abundância de vãos, o que implica, segundo o método de abertura de vãos atrás descrito, grande desaproveitamento de trabalho, executa-se a parede de preferência em alvenaria de pedra.

Nos casos em que as terras naturais não mostram qualidades suficientes para serem utilizáveis isoladamente ou em que, mesmo sendo boa, se exigem condições que por si só não pode garantir, mistura-se à terra natural, extraída dos locais previstos, outras terras naturais que, por adição, a corrijam, ou materiais estranhos que a aglomeram e lhe dêem coesão.

Entre os casos mais comuns surge o de terras demasiadamente argilosas a que convirá adicionar areias ou cascalho miúdo ou, inversamente, o de terras fracas a que convém adicionar argilas. Como correctivo pode também considerar-se a palha cortada em pequenos pedaços que se adicionam às terras muito argilosas, tanto em taipas como em adobes com o fim de aumentar a uniformidade do material, e sobretudo, diminuir a retracção aquando da secagem.

A cal também se preconiza como aglomerante. Parece, entretanto, que a cal só funciona de verdadeiro estabilizante com certas argilas pozolânicas. Nos terrenos vulgares julga-se que a sua acção deve ser puramente superficial, visto a hermeticidade do meio não permitir a carbonatação da cal no interior da parede. Se assim for, a protecção conseguida pode também obter-se pela simples caição dos paramentos de um muro de terra simples. No entanto, a possibilidade de um aumento da plasticidade pela amassadura com cal, revela um certo interesse para a facilidade e perfeição do trabalho.

Quando se trata de aplicar a terra sem estabilização, a preparação necessária consiste em desagregar, passar à ciranda para expurgar de pedras e raízes, misturar e homogeneizar a terra, o que pode ser feito manualmente à enxada e pá, ou mecanicamente em betoneiras ou trituradores, sendo estes últimos melhores, sobretudo no caso de terras demasiado argilosas que aderem às pás misturadoras das betoneiras e dificultam o trabalho. Caso se use as betoneiras, convém que a potência do motor seja superior à vulgarmente usada para os betões normais.

Sempre que a terra tenha de ser corrigida e haja necessidade de misturar areias ou argilas, é conveniente lançar primeiro na betoneira as areias e só depois as terras argilosas. Outro processo aconselhado é o de fazer, durante pelo menos um dia, a embebição das argilas com água, depois amassá-las em qualquer misturador até uma consistência de massa de pão. Aí mistura-se a massa facilmente com areias ou cascalho. Quando a terra é estabilizada a mistura é feita, regra geral, por meios mecânicos e a ordem de lançamento dos materiais deverá ser:

Terra + estabilizante + água

Sem estabilizantes, e porque não existirá assim qualquer elemento activo, a terra pode ser preparada em grandes quantidades e conservada até aplicação, em depósito coberto.

Antes de adicionada a água, o estabilizante deve ser uniformemente repartido na massa.

A mistura final deverá ter o aspecto de um betão seco, que não adira às ferramentas. Os tempos de mistura, variáveis conforme a potência do misturador, são da ordem dos 3 minutos para a terra estabilizada e cerca de metade para a terra simples.

Tradicionalmente verifica-se se uma terra pode dar boa taipa, amassando-a com água e enchendo um molde quadrangular de madeira com 0.50 x 0.50 m em camadas sucessivas de cerca de 0.10 m de espessura, bem amassadas e comprimidas. Por fim cobre-se o molde com uma tampa. Ao fim de uma semana a terra está bem seca e retira-se o molde e verifica-se se ao longo de vários meses se a sua consistência aumentou ou diminuiu o que determinará a qualidade da terra.

A correcta adição de água de amassadura depende da própria quantidade já existente na terra. Vulgarmente a determinação da quantidade de água conveniente é deixada à consideração do operário encarregado do trabalho e sempre apreciada à simples vista.

### *2.2.2.3.2 - Taipa de fasquio*

#### **2.2.2.3.2.1 - Técnica de Construção**

Como resumo do faseamento construtivo, sugere-se o seguinte esquema:

1.- Escolha da madeira a utilizar para cada fase do processo construtivo. Por ser um elemento estrutural deverá ter recebido um tratamento adequado, estar bem seca e ter idade que permita garantir qualidade.

2.- Assentam-se sobre as paredes de alvenaria de pedra, vigas horizontais, que vão, simultaneamente, servir de suporte às paredes e de encaixe para as vigas de apoio do soalho. Caso a parede a erguer não tenha apoios laterais o seu travamento deverá ser garantido através do encaixe e travamento das vigas na base de pedra do rés-do-chão.

3.- Sobre as vigas mestras constrói-se um apoio de solho que posteriormente levará o seu acabamento, soalho. As vigas de apoio deste solho terão cerca de 8 x 15 cm.

Quando se quiser construir um segundo andar, ou mais, parte-se da construção de pavimento do piso e sobre ele apoiarão as novas paredes.

4.- Sobre o solho são pregadas as chamadas vigas soleiras, vigas horizontalmente colocadas, com cerca de 10x13 cm para servirem de suporte à parede.

5.- Definição do pé direito através de vigas verticais que são pregadas às vigas soleiras, no topo das quais se colocam outras vigas onde apoiará o tecto.

6.- Definição dos vãos com a montagem de aros e caixas de janelas em madeira.

7.- Para enchimento da parede, e começando por um dos lados, são pregadas às vigas horizontais tábuas com cerca de 3 x20 cm, dispostas ao alto e com uma folga de 4 cm entre si. Estas tábuas são de solho não aplainadas.

8.- Construído este primeiro pano, pregar-se sobre ele uma nova fiada de tábuas, mas agora diagonalmente dispostas.

9.- A seguir e para finalizar o travamento da parede, coloca-se uma série de ripas horizontais, com cerca de 2 cm de largo, mantendo-se uma distância entre elas de 2 a 3 cm. A este ripado dá-se o nome de fasquio, sendo esta a identificação da própria técnica.

10.- Segue-se a colocação do reboco. Para agarrar melhor a argamassa pode-se aplicar uma rede.

11.- Aplica-se o reboco à colher, devendo este ter uma espessura de 1,5 cm. A argamassa apresenta o seguinte traço:

<b>Areia de rio</b>	<b>Cal hidráulica</b>	<b>Saibro</b>	<b>Cal aérea</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1/5</b>

12.- Depois de aplicar o reboco e antes de estancar aplica-se o rodapé.

13.- Para finalizar o acabamento do reboco, aplica-se com a talocha uma argamassa com espessura de 1 cm, o estanhado, e cujo traço é:

<b>Areia fina hidráulica</b>	<b>Cal</b>	<b>Cal aérea</b>
<b>3</b>	<b>1/2</b>	<b>1/2</b>

14.- Sobre este tipo de paredes aplicam-se tintas artesanais.

### 2.2.2.3.3 - Taipa de rodízio

#### 2.2.2.3.3.1 - Técnica de Construção

Como resumo do faseamento construtivo, sugere-se o seguinte esquema:

As fases por que passa esta técnica são iguais às descritas anteriormente para a taipa de fasquio até ao ponto 6, tendo como fases seguintes as que passamos a descrever:

7.- Pregiar na base e no topo várias vigas a prumo com 12 x 12 cm mantendo uma distância entre elas de cerca de 50 cm.

8.- A construção desta estrutura de emadeiramento apresenta várias morfologias, de que salientamos dois tipos principais:

a) Vigas a prumo sem travamento entre elas, e apenas pregadas nas extremidades.

b) Vigas a prumo com travamento:

i. Travamento múltiplo, na perpendicular e em cruz.

ii. Travamento simples – na diagonal em forma de N.

9.- Preencher os espaços entre as vigas assentando o tijolo burro com argamassa. A direcção do assentamento dos tijolos é variável. Os tijolos que se adossam às vigas devem ter sempre um corte lateral em V, para melhor se encaixarem na madeira, permitindo à parede comportar-se como um todo. Com esta técnica, em que se utilizam diferentes materiais, tem de se ter sempre um bom conhecimento da qualidade e das características dos elementos utilizados e da forma de os aplicar correctamente usufruindo de todas as suas potencialidades.

10.- Antes de aplicar o reboco e para que este agarre melhor, procede-se ao golpear a madeira, com um pequeno machado.

11.- Finalmente, aplica-se o reboco à colher, devendo ter uma espessura de 1,5 cm.

A argamassa utilizada apresenta o seguinte traço:

<b>Areia de rio</b>	<b>Cal hidráulic.</b>	<b>Saibro</b>	<b>Cal aérea</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1/5</b>

12.- Depois de aplicar o reboco e antes de estanhar aplica-se o rodapé.

13.- Para finalizar o acabamento do reboco, aplica-se com a talocha uma argamassa com espessura de 1 cm, o estanhado, e cujo traço é:

<b>Areia fina</b>	<b>Cal hidráulica</b>	<b>Cal aérea</b>
<b>3</b>	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$

14.- Sobre este tipo de paredes aplicam-se tintas artesanais.

## CAPÍTULO III – MÉTODOS DE REFORÇO

### 3.1 - REPARAR

Reparar deve consistir em aplicar preferencialmente técnicas e materiais tradicionais para conferir ao edifício a sua anterior funcionalidade. Ao ser efectuada uma reparação assume-se que a capacidade resistente da estrutura não foi afectada.

#### 3.1.1 - ALVENARIA ESTRUTURAL: REPARAÇÃO E MANUTENÇÃO DE PEDRA

##### 3.1.1.1 - Reconhecimento e diagnóstico das patologias

Os efeitos e causas da degradação de alvenaria de pedra podem dividir-se em duas categorias, em que na primeira os factores se associam ao elemento humano envolvido

##### *Categoria 1: Construção, detalhando o uso*

- a) Fissuração dos blocos e juntas devido a deslocamentos e assentamentos de grande parte do edifício ou assentamentos não-uniformes de elementos estruturam interligados.
- b) Fissuração devida à má qualidade da mão-de-obra e dos materiais, tais como fornecimento de rolamentos inadequados para lintéis ou revestimentos de pedra demasiado fina, má qualidade no enchimento dos núcleos.
- c) Fragmentação, separação e elevação devido ao aumento do volume de grampos de ferro enferrujado embutido, alças, uma janela ou ferragens de portas.
- d) Descoloração e decadência devido a protecção inadequada do topo da parede, beirados, cornijas e outras saliências
- e) Manchas, degradação e juntas abertas onde se formam sais e percolação da água na parede.
- f) Manchas de água decorrentes de lavagens, geadas, ciclos gelo-degelo e devido à inadequada de disposição de sistemas de recolha de águas pluviais.
- g) Fissuração e deterioração avançadas em torno de argamassa que muitas vezes não possui resistência compatível com a da alvenaria utilizada.
- h) Fragmentação e outros danos ao redor das juntas causadas pelo descuido quando se efectuam outras reparações pontuais.
- i) Abrasões na alvenaria resultantes de aplicação de métodos de limpeza abrasivos.

- j) Descoloração e eflorescência associadas a intervenções inexperientes ou químicos de limpeza inadequados.
- k) Descoloração da superfície, descamação e corrosão devido à aplicação de tratamentos "preservantes". Degradação da alvenaria devida à incorrecta aplicação tendo como exemplo clássico a colocação de calcário sobre arenito de alvenaria pré-existente o que resulta na decomposição acelerada do arenito.

Estes exemplos, porém, e outros na categoria 1, sobrepõem-se a alguns da segunda categoria. Nesta segunda categoria listam-se os efeitos e as causas da erosão da pedra devida ao ataque de gases ácidos na atmosfera, acção gelo-degelo e cristalização de sais. Destas três problemáticas a mais prejudicial e também mais comum em todo o mundo é a última. (Ashurst, et al., 1988)

### *Categoria 2: Meteorização*

A Meteorização é o processo natural de decomposição ou desintegração das rochas nos seus minerais constituintes por acção dos efeitos químicos, físicos e biológicos que resultam da sua exposição aos factores ambientais, nos quais se incluem os factores antropogénicos, isto é, aqueles que ocorrem de forma directa ou indirectamente relacionada à acção humana, de forma permanente e generalizada.

Há dois tipos de meteorização: química e física. A meteorização química ocorre quando os minerais constituintes de uma rocha são alterados ou dissolvidos quimicamente. O esbatimento ou mesmo desaparecimento das inscrições que se encontram em antigos monumentos são resultado da meteorização química. As reacções mais típicas da meteorização química são a oxidação, carbonatação, hidrólise e hidratação.

Manifesta-se assim a meteorização em edifícios de alvenaria:

- a) Nas superfícies rugosas em calcário, mármore e arenito calcário onde regularmente a chuva incide formam-se sulcos;
- b) Como em (a) mas afectando preferencialmente as áreas mais fracas, como bolsas de areia ou camadas de argila mole;
- c) Como em (a) mas juntamente com perda de dureza e fragmentação devido à chuva poluída e condensação que atacam a calcite ou dolomite aglutinante em alguns calcários, calcários magnesianos e calcário dolomítico ou arenitos;
- d) Ataque por ácido em mármore e algumas pedras calcárias pela presença de líquenes que segregam substâncias ácidas;
- e) Fissuração, divisão e fragmentação se a superfície de calcário em áreas abrigadas da chuva directa, devido à formação de camadas de sulfato cristalino e a sua perda de função posteriormente;

- f) Marcas de espessura uniforme, afastando-se do arenito e seguindo o perfil da superfície, descrita como "escala de contorno" e associado a ciclos de molhagem e secagem ocorrendo a migração natural de matrizes de cimentação e bloqueio dos poros da superfície por presença de materiais depositados, presentes na atmosfera;
- g) Marcas e superfícies de pulverização de todas as pedras associadas eflorescência, como nos exemplos (d) e (e) acima, devido a danos pela cristalização de sais solúveis;
- h) Fissuração e descasque especialmente em caleiras, protecções, rodapés, pavimentação e degraus devido ao congelamento da água retida nos poros do material;
- i) Perda de dureza e deterioração geral de ardósia, devido a molhagem e secagem de placas de alvenaria contendo calcite ou pirite instável;
- j) Torção e encurvadura de mármore, devido à liberação de tensões após extracção da pedra e em chapas finas, ou posteriormente, devido à falta de apoio das lajes juntamente com molhagem e secagem, aquecimento e arrefecimento. (Ashurst, et al., 1988)

### *Eflorescência e Criptoflorescência*

A eflorescência e criptoflorescência (ponto (e)) é passível de ocorrer seja qual for o tipo pedra, argamassa e acabamento final e independentemente das suas composições químicas e ambiente em que se encontram. Uma solução salina transferida para os poros da pedra irá, por evaporação da água, depositar os sais da solução à superfície (eflorescência) ou nos seus poros (criptoflorescência). Os dois fenómenos podem ocorrer em simultâneo. Isto exerce uma pressão no interior da pedra que caso exceda a sua resistência interna fará com que o bloco se danifique, fragmentando-se.

As fontes destes sais problemáticos são numerosas e bastante variadas, O diagnóstico da causa da degradação não resolve o problema mas fornece uma base para que se possam efectuar certas reparações e manutenção da estrutura. (Ashurst, et al., 1988)

### *Humidade*

A humidade é uma das grandes preocupações nos edifícios antigos, estando associada ao aparecimento de muitas das anomalias e à evolução destas para situações bastante gravosas para a estrutura. Deste modo as medidas de protecção contra a humidade tornam-se indispensáveis quando se pretende prevenir a manifestação das anomalias.

## Técnicas de protecção contra a humidade

### *Barreiras químicas contra a humidade ascensional (por injeção)*

A técnica de execução de barreiras químicas contra a humidade ascensional consiste na injeção, sob pressão, de uma calda de um produto químico repelente de água (hidrófobo), criando-se, a um nível conveniente, uma faixa de alvenaria modificada, que constitui uma barreira à passagem de água. Os produtos mais comuns na aplicação deste tratamento são à base de resinas de silicões e de estearato de alumínio.

Na execução desta técnica deve-se começar por seleccionar a zona da parede onde se pretende criar a membrana à prova de humidade.

Expor a face exterior da parede, pelo menos até 0.15 m abaixo dessa zona, para o que poderá ser realizada uma vala, aproveitamento, por exemplo, para posterior execução de camada drenante.

Sanear os elementos de construção afectados pela humidade, nomeadamente os elementos de madeira, incluindo os rebocos da parede até cerca de 0.5 m acima dos últimos sinais de penetração de humidade

(esta detecção pode ser feita, por exemplo, registando manchas de humidade, eflorescências, etc.).

Executar furos para injeção do material de protecção contra a humidade ascensional, que deverão ser executados segundo o eixo horizontal e terem um diâmetro de aproximadamente 10 a 12 mm;

Em paredes de alvenaria de pedra os furos de injeção devem estar espaçados de 0.12 a 0.15 m. A profundidade dos furos, é cerca de 2/3 da espessura das paredes. Ligam-se as bombas de injeção, colocam-se os injectores e faz-se a sua alimentação, selando a boca de cada furo, de modo a evitar o refluxo e fuga de material.

Iniciar a injeção, aplicando a pressão prevista, até que a parede esteja saturada, o que poderá ser constatado quando na face oposta à de injeção começar a refluir a calda injectada

Em paredes de alvenaria de pedra solta (ou paredes muito espessas, compostas por dois panos de alvenaria argamassada com interior preenchido com pedra seca, arrumada mão), deve considerar-se a possibilidade de se atingirem consumos excessivos de fluido hidrófobo. Então, pode fazer-se uma preparação prévia da zona de pedra seca, através de injeções específicas que criarão a base para a injeção com aqueles produtos. (Appleton, 2003)

### ***Barreiras químicas contra a humidade ascensional (por transfusão)***

A técnica de execução de barreiras químicas contra a humidade ascensional (por transfusão) consiste na eliminação da humidade ascendente em paredes de alvenarias maciças, através de uma modificação durável das características de capilaridade dos materiais que as constituem. Procede-se à criação de uma faixa, em que as propriedades capilares do material (designadamente o ângulo de contacto entre a água e a superfície interior dos poros) são modificadas. Neste caso os produtos aplicados por transfusão são à base de micro-emulsões de silicone com estrutura espacial às quais se associam moléculas orgânicas com elevada capacidade de impregnação, podendo ser aplicados por gravidade.

Para a execução de barreiras horizontais começa-se por seleccionar a zona da parede onde se pretende criar a membrana à prova de humidade.

Executam-se os furos de impregnação, segundo linhas horizontais, perpendiculares ao plano da parede, de um dos lados da parede, quando a espessura da parede for inferior a 0.5 m, ou de ambos os lados da parede quando a espessura da parede for superior a 0.5 m

No caso da execução de furos dos dois lados da parede, os eixos destes deverão ficar contidos num plano perpendicular à superfície da parede e ao plano médio da barreira, sendo o comprimento do empalme igual, no mínimo 0.10 m e o espaçamento entre furos de cerca de 0.15 m. A distância do eixo dos furos deverá ser igual a cerca de 0.15 m da soleira exterior da parede.

O diâmetro dos furos deverá ser apropriado ao diâmetro das hastes a introduzir na parede para a impregnação.

Serão removidos os revestimentos das paredes, até uma linha paralela à da barreira, situada a 0.30 m para além desta, no sentido do fluxo da humidade, para facilitar a secagem da parede.

Instalar as unidades de impregnação, executadas pela seguinte sequência:

- Introdução das borrachas exteriores, devidamente limpas, nas hastes acopláveis;
- Acoplagem das hastes até que se atinja um comprimento compatível com a espessura dos elementos de alvenaria a tratar
- Acoplagem das hastes à curva de ligação;
- Obturação da haste terminal com obturador apropriado;
- Introdução da unidade de impregnação assim obtida no furo; ligação do depósito de impregnação.

Encher os depósitos com o produto repelente à água, igual em todos os depósitos para assegurar uma distribuição homogénea do produto. Salvo indicação em contrário, esta altura corresponderá a uma quantidade de líquido numa proporção de cerca de 75 cm<sup>3</sup> por cada cm de espessura da parede, incluindo revestimentos, para paredes com teores de humidade até

10%. O processo de enchimento deverá ser feito lentamente, para evitar o aprisionamento de ar nas tubagens.

Garantir que o revestimento poroso das hastes permite um fluxo adequado do líquido, impedindo o seu escorrimento pela boca dos furos. Pretende-se que o líquido vá impregnado, por gravidade e lentamente, os materiais que constituem a parede, a partir de vários furos, para que as respectivas áreas de influência vão coalescendo, e toda a espessura da parede seja abrangida, sem o que a eficácia do método será reduzida.

Após a conclusão do tratamento e secagem da parede, deve efectuar-se a obturação dos furos, com argamassas adequadas e não retrácteis. No caso de alvenarias de pedra os furos deverão ser obturados com pedra ou argamassa que reproduzam o aspecto original da construção.

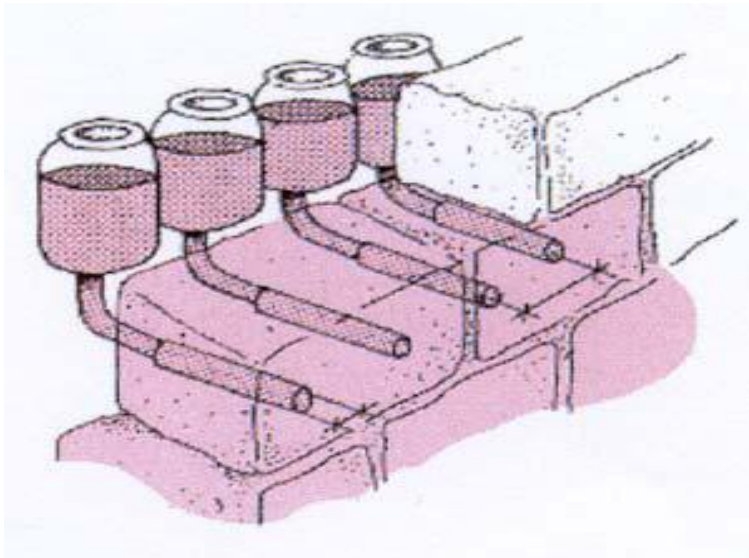
A metodologia de execução de barreiras verticais é semelhante à execução de barreiras horizontais, sendo o furo inferior executado a cerca de 0.15 m da soleira exterior da parede e os demais furos executados acima deste, ao longo de uma linha vertical passando pelo seu eixo, e com afastamentos entre si de cerca de 0.15 m.

Os furos nunca devem ser executados em locais em que as barreiras fiquem em contacto com o solo.

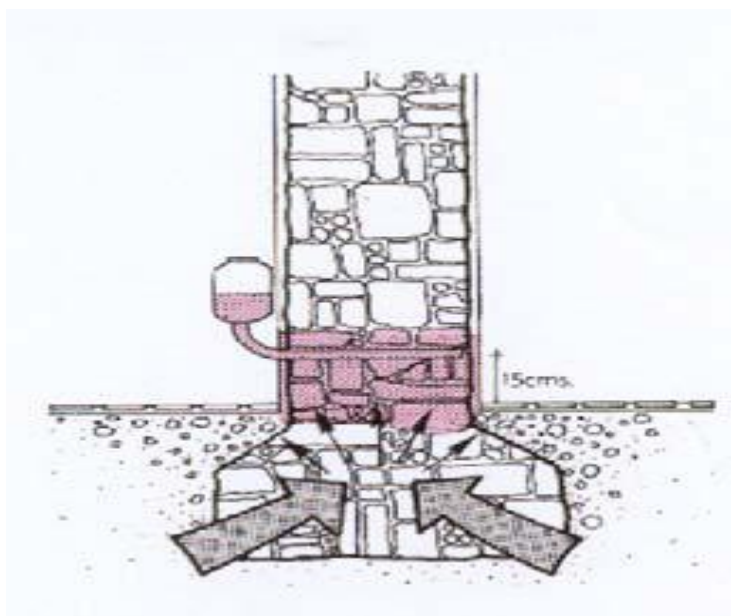
As características da furação dependem das características da parede (constituição e espessura).

As barreiras deverão tornar-se activas ao fim de um mês, possibilitando a evaporação da humidade existente na parede.

Os trabalhos de reparação de revestimentos só deverão ser executados quando os teores médios de humidade dos paramentos das paredes sejam iguais ou inferiores a 5%.



**Figura 31 - Equipamento de transfusão (Brito, 2001)**



**Figura 32 - Corte esquemático da execução da barreira de corte hídrico (Brito, 2001)**

### *Tratamento hidrofugante*

A técnica de tratamento hidrofugante consiste na aplicação de produtos hidrófugos, (por exemplo, siliconatos, silicones, organometálicos) sobre a superfície das paredes, de modo a que esta se torne impermeável à água líquida, permitindo contudo a passagem do vapor de água. Os produtos hidrófugos não modificam sensivelmente o aspecto da superfície dos materiais tratados.

Aplica-se este tratamento para impedir a penetração da água no interior da construção, na renovação ou manutenção de fachadas e na protecção das paredes exteriores após a aplicação dum isolamento térmico.

Antes de proceder ao tratamento deve-se limpar a superfície com um método adequado ao tipo e às condições do substrato (mediante escovagem, com jacto de areia fina ou grossa, jacto de água, etc.) até obter um substrato compacto, isento de resíduos de cimento, poeiras, pinturas, eflorescências, incrustações e depósitos estranhos.

Deve evitar-se o uso de solventes orgânicos, ácidos e álcalis fortes e água rica em sais. É desaconselhável aplicar produtos em tempo frio (temperatura inferior a 5°C).

É desaconselhável aplicar produtos em fachadas que se encontrem expostas à incidência dos raios solares em tempo quente – temperatura > 40°C.

No caso de limpeza com água só deve proceder-se à aplicação do produto após o período de tempo necessário à secagem da superfície.

Selar fissuras e cavidades e aplicar os produtos com pincel (ou com rolo) ou com pulverizador.

Aplicar o produto em excesso, de maneira a provocar um escurrimto sobre a totalidade das superfícies a tratar. Ter especial atenção à zona das juntas para evitar a existência de zonas não tratadas

A aplicação com pulverizador é particularmente indicada para fachadas com poucas ou nenhuma janelas (manchagem dos vidros pelos produtos). Há que garantir que à saída da agulheta se obtém um jacto dividido (de preferência a uma névoa).

Para além dos produtos hidrófugos para tratamento superficial incolor, existem argamassas pré-doseadas para execução de reboco que também apresentam características hidrofugantes.

### *3.1.2 - REPARAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO DE ELEMENTOS DE ALVENARIA*

A reparação e substituição de elementos de alvenaria numa estrutura devem sempre ser precedidas de uma minuciosa avaliação do estado geral do elemento global, da particularidade do elemento a substituir e do estado das juntas.

Alternativas à remoção de blocos de alvenaria devem ser sempre consideradas em primeiro lugar. Tais medidas podem significar apenas uma atenção especial ao reenchimento de juntas, remoção de argamassa excedente ou tratamento da superfície concebido de modo a proteger, criando como que uma camada de desgaste ou um consolidante que penetre no elemento. Pode considerar-se também a implementação de uma tela de protecção ou cobertura, concebidas preferencialmente à medida da situação e de carácter mais permanente.

Quando os blocos se encontram num estado em que a sua degradação requer intervenção as opções mais recomendáveis são as seguintes:

- 1) Garantir protecção local sob a forma de espigões de suporte, protecções ou abrigos temporários;
- 2) Efectuar descalcificações e preenchimentos com argamassas pontuais ;
- 3) Coser e preencher blocos fracturados;
- 4) Efectuar remendos pontuais;
- 5) Efectuar substituição de blocos;
- 6) Efectuar preenchimentos com argamassa (Figura 32);
- 7) Fornecer tratamento superficial, nomeadamente aplicação de consolidante.



**Figura 32 - Preenchimento com argamassa de parte dos blocos de alvenaria dos cantos de um edifício recentemente reabilitado em Leiria**

### **3.1.2.1 - Técnicas de consolidação de alvenarias**

#### **3.1.2.1.1 - Consolidação de alvenaria por injeção**

A técnica de consolidação de alvenarias por injeção consiste na introdução de caldas, através de furos previamente realizados nos paramentos exteriores das alvenaria, para preenchimento de vazios interiores e/ou selagem de fissuras, alterando as características físicas e mecânicas do material da alvenaria.

Os tipos de caldas utilizadas são: caldas de cimento estabilizadas por bentonite ou cal, caldas de cimento especiais, caldas de silicato de potássio ou de sódio, resinas epoxídicas e resinas de poliéster (usadas sobretudo quando não se colocam exigências especiais de resistência mecânica). A injeção pode ser efectuada por gravidade ou a baixa pressão (0.1 a 0.2 MPa) de modo a não provocar efeitos negativos na alvenaria existente. Esta técnica deve-se aplicar em caso de fracturas, desagregações e falta de integridade das paredes.

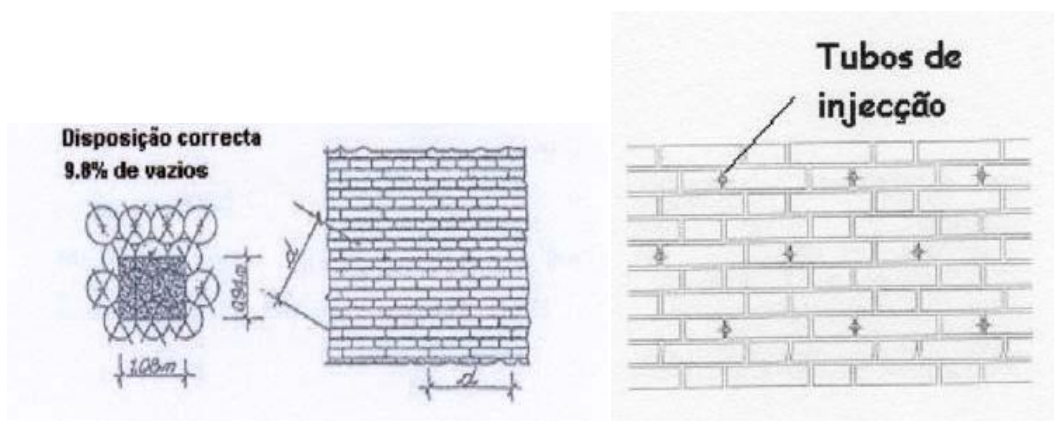
A execução desta técnica compreende as seguintes fases:

- Remoção do reboco ou dos revestimentos existentes (não se deverá efectuar esta operação no caso de se tratarem de revestimentos com valor artístico) para verificar o estado da alvenaria;
- Limpeza da parede com água de forma a eliminar eventuais substâncias solúveis (gesso), ou outras substâncias insolúveis. A lavagem pode ser efectuada com jacto de água, de baixa ou alta pressão (com as devidas precauções) ou com jacto de vapor de água com temperaturas de 150°C a 200°C e pressão de 5 a 10 atm;  
Em alternativa à lavagem, especialmente nos casos em que se utilizam resinas orgânicas (poliméricas), pode efectuar-se limpeza mecânica com escovas mecânicas, ar comprimido com jacto de areia e lavagem química (no caso de presença de substâncias especiais).
- Refechamento de juntas e selagem das fissuras com um selante ou calda compatível com a posterior aplicada na injeção.

O processo de injeção compreende as seguintes fases:

- Posicionamento e execução dos furos de injeção, normalmente são utilizados berbequins mecânicos de rotação (devem evitar-se os dispositivos de percussão);

Realização dos furos nas juntas de argamassa com uma profundidade adequada, entre  $\frac{2}{3}$  e  $\frac{3}{4}$  da espessura e ligeira inclinação para baixo. Devem executar-se 2 a 3 furos por metro quadrado, com uma distância entre furos de 25 cm. Em paredes de grande espessura (70 a 80 cm), deve considerar-se a possibilidade de intervenção de ambos os lados.



**Figura 33 - Afastamento e disposição correcta dos furos**

- Colocação dos tubos de injeção nos respectivos furos e proceder à sua fixação com ligantes de presa rápida, para evitar a fuga da calda durante a operação de injeção. Os tubos devem ser de plástico ou de alumínio com diâmetros da ordem dos 15 a 20 mm. A profundidade dos tubos é, em geral, de 15 a 20 cm (depende da finalidade da intervenção) e o comprimento exterior ao paramento, deve ser de pelo menos 10 cm (para que no final da operação se possa dar alguma sobrepressão em alguns furos e controlar nos tubos adjacentes o processo de injeção).

- Lavar ou molhar o interior dos vazios introduzindo água pelos tubos de adução.
- Injectar a calda com pressões baixas entre os 0.15 a 0.3 MPa, na fase final de injeção.

Quando parecer que a parede não aceita mais calda, a pressão poderá ser aumentada até valores de 4 atm, com o objectivo de promover a drenagem da água existente

Quando se realiza uma injeção de consolidação em extensões importantes da estrutura, com operações prolongadas no tempo, deve-se evitar:

- A presa demasiado rápida de algumas zonas injectadas em relação a outras ainda não consolidadas (exemplo: injeção com resinas de epóxico ou com cimento de rápido desenvolvimento de resistências mecânicas);
- Barreira à passagem do vapor de água com desequilíbrios relativos à normal transpiração da alvenaria (exemplo: injeções com resinas de epóxico);
- Tensões na estrutura de alvenaria, devidas ao desenvolvimento excessivo de calor durante a presa e o endurecimento da mistura ligante (exemplo: Cimento Portland com elevado módulo de finura).
- Incompatibilidade química com os materiais constituintes da alvenaria (exemplo: possível reacção, com formação de cristais expansivos, como a etringite ou taumasite, com os sulfatos provavelmente presentes na estrutura de alvenaria) tijolos, argamassas, rochas, exsudação de água por capilaridade e Cimento Portland com elevados teores de aluminato de cálcio.

É aconselhável utilizar:

- Misturas de injeção com desenvolvimento das resistências mecânicas lento e gradual e que após o endurecimento completo possuam módulos de elasticidade baixos.
- Misturas de injeção compatíveis com os materiais constituintes da estrutura de alvenaria a injectar sem desenvolvimento de reacções de cristalização expansivas ou outras formas de rejeição;
- Misturas de injeção com elevada capacidade de penetração através de fissuras ou poros de dimensões reduzidas de forma a garantir um reequilíbrio estrutural bem distribuído.

A graduação da pressão de injeção é definida em função:

- Dos resultados de ensaios prévios que permitam caracterizar a resistência e a permeabilidade da alvenaria.
- Das tentativas durante a execução, começando por pressões muito baixas, avaliando os resultados obtidos (ou seja, a efectiva capacidade de colmatação de vazios) e corrigindo iterativamente. (Appleton, 2003; Roque, 2002)

### *3.1.2.1.2 - Consolidação de alvenaria por substituição do material degradado*

A técnica de substituição do material degradado consiste na remoção do material constituinte da parede, na zona degradada, e na reconstituição posterior dessa zona, usando uma alvenaria semelhante à existente, eventualmente aproveitando os elementos removidos, ou recorrendo a materiais diferentes dos existentes. A substituição pode ser realizada recorrendo a argamassas com baixa ou mesmo nula retracção.

É uma técnica aplicada na reparação de degradação localizada, por exemplo superfície adjacente a uma fenda.

Para executar esta técnica deve-se:

- Proceder sempre a escoramento que suporte, temporariamente, a zona envolvente ao elemento em reconstrução, até que este possa entrar novamente em carga;
- Numerar as peças para posterior colocação no mesmo lugar.

As alvenarias de pedra são, em geral, só necessitam da colocação de pequenas pedras e do refechamento das juntas. Nas alvenarias de fraca qualidade, pode justificar-se o desmonte e reconstrução com elementos de melhor qualidade. (Appleton, 2003; Roque, 2002)

### *3.1.3 - POSSÍVEIS CRITÉRIOS PARA IDENTIFICAR QUAIS AS ROCHAS A SUBSTITUIR*

#### **3.1.3.1 - Valor do bloco**

O valor intrínseco de uma pedra trabalhada varia consideravelmente com a idade do edifício e com a qualidade e pormenor do detalhe. A substituição de silhares, se necessária, é menos controversa que a substituição de elementos detalhados. Nem sempre as boas práticas construtivas são sinónimo de boas práticas de conservação e restauro. (Ashurst, et al., 1988)

Determinar o valor do bloco não é por isso uma questão simples, sendo por isso difícil o estabelecimento de regras para tal. Estas opções são normalmente tomadas confiando no discernimento dos intervenientes e devendo ter sempre em conta as regras estabelecidas nas Cartas de Veneza (Carta de Veneza, 1964) e Atenas (Carta de Atenas, 1931) de modo a preservar para a posteridade o mais possível dos elementos constituintes originais.

#### **3.1.3.2 - Função do bloco**

A função desempenhada pelo bloco na estrutura deve ser bem entendida, pois uma má interpretação do seu desempenho estrutural pode culminar no colapso da mesma. Elementos

de pedra com função estrutural são de intervenção prioritária, quase que independentemente do seu valor intrínseco. Os elementos habitualmente inseridos nesta categoria são cumeeiras, beirados, quinas e arcos. (Ashurst, et al., 1988)

### 3.1.3.3 - Momento da reparação

A altura em que um determinado elemento é intervencionado deve ser pensada muitas vezes com base na próxima intervenção programada. Isto assumindo que o edifício possui um plano de manutenção que permita prolongar o seu tempo de vida útil. Muitas vezes, deve considerar-se a substituição de elementos que podem não estar em risco mas que apresentem perigo de não resistirem até à próxima intervenção. (Ashurst, et al., 1988)

Tal como para a determinação do valor do bloco, estas opções são normalmente tomadas confiando no discernimento dos intervenientes e devendo ter sempre em conta as regras estabelecidas nas Cartas de Veneza (Carta de Veneza, 1964) e Atenas (Carta de Atenas, 1931) de modo a preservar para a posteridade o mais possível dos elementos constituintes originais.



Figura 34 - Elementos de alvenaria substituídos e originais no Convento de Cristo, Tomar

## 3.2 - REFORÇAR

Recorre-se ao reforço de uma estrutura quando a sua capacidade resistente foi afectada, (motivos) quer quando se pretende alterar a função para a qual o edifício foi inicialmente dimensionado.

Ainda que a necessidade de intervenção se possa pôr em relação a qualquer estado limite, é a correcção de situações associadas ao estado limite último (resistência, encurvadura ou perda de equilíbrio global) que normalmente origina as intervenções mais profundas numa estrutura. A intervenção consiste fundamentalmente em aumentar a diferença entre as acções e a resistência (em termos dos respectivos efeitos comparáveis), ou seja, aumentar o factor de segurança global da estrutura.

### *3.2.1 - TÉCNICAS DE REFORÇO EM PAREDES DE ALVENARIA DE PEDRA NATURAL*

Após a análise das diversas anomalias e das suas causas é necessário proceder à intervenção mais adequada recorrendo para tal a técnicas de consolidação com o objectivo de repor a capacidade resistente inicial, ou proceder a técnicas de reforço cuja função é a de aumentar a capacidade de carga ou a limitação da deformação da estrutura.

Técnicas de reforço de alvenarias:

- Refechamento de juntas
- Refechamento de juntas com armadura
- Refechamento de juntas com camada de resina orgânica e armadura
- Reboco armado
- Encamisamento “Jacketing”
- Reforço com materiais compósitos FRP (Fiber Reinforced Polymer)
- Pregagens generalizadas
- Pregagens transversais
- Pré-esforço

#### **3.2.1.1 - Refechamento de juntas com argamassa**

A técnica de refechamento de juntas com argamassa consiste na remoção parcial e substituição da argamassa degradada por outra de melhores propriedades mecânicas e de maior durabilidade. Aplica-se em caso de degradação das juntas de argamassa.

Na execução desta técnica deve-se proceder:

- À remoção parcial da argamassa das juntas. Esta intervenção pode ser programada num só lado da parede - extracção e limpeza da argamassa existente nas juntas, numa profundidade de 5 a 7 cm; ou ser uma intervenção programada em ambos os lados da parede – extracção deve ser de cerca de 1/3 da espessura total. Para não prejudicar a estabilidade da parede, as juntas com argamassa removida devem ser preenchidas antes de se dar início à remoção na face oposta.
- Lavagem das juntas abertas com água, a baixa pressão, com o objectivo de limpar as ranhuras abertas e limitar a absorção pelo suporte da argamassa;
- Reposição das juntas O preenchimento deve ser cuidado, realizado com várias camadas de argamassa, desde a zona mais profunda das ranhuras abertas.
- Compactação eficiente das camadas de argamassa para o preenchimento. A escolha da argamassa de refechamento é função da finalidade da intervenção e das condições de compatibilidade com o material existente.

Se a parede apresentar um aparelho com cunhas ou calços deve proceder-se à sua reposição, de modo a restaurar as características tipológicas da parede. (Appleton, 2003; Roque, 2002)

### **3.2.1.2 - Refechamento de juntas com armadura**

A técnica de refechamento das juntas com armaduras consiste na remoção parcial da argamassa das juntas e na colocação de armaduras de reforço, nomeadamente aço laminado ou laminados ou barras FRP, antes de proceder ao seu refechamento com argamassas de cal hidráulica, argamassa hidráulica aditivada ou, eventualmente resinas orgânicas (epóxi, acrílicas ou de poliéster)

Aplica-se em caso de degradação das juntas de alvenaria, em particular para alvenarias de tijolos cerâmicos de junta regular, para controlo da dilatação transversal, associada a elevadas tensões de compressão, e aos seus efeitos e em estruturas com fissuração superficial difusa, devido a fenómenos de deformação ou a amplitudes térmicas ou higrométricas.

Em paredes compostas, especialmente com possibilidade de instabilização dos paramentos, combina-se esta técnica com pregagens transversais.

Para execução desta técnica devem seguir-se os seguintes procedimentos:

- Inspeção prévia para verificação das condições da alvenaria para justificação, ou não, da remoção do reboco superficial, para detecção da presença de vazios na parede que necessitem ser previamente injectados ou para avaliar a necessidade de substituição de algum elemento.
- Abertura de ranhuras na argamassa das juntas horizontais com berbequim eléctrico comum ou de serras circulares. As juntas deverão permitir fácil introdução do material de reforço, manter a estabilidade assegurada pela secção transversal residual da junta,

ter uma profundidade de 50 a 70 mm (valores médios) e altura mínima 10 mm (valores médios).

- Remoção de elementos soltos com ferramentas manuais, por exemplo espátulas;
- Eliminação de pós e partículas soltas, com ar comprimido ou água, consoante o tipo de material de refechamento a utilizar.
- Aplicação da primeira camada de enchimento, sobre a qual se instalam os elementos de reforço.
- Colocação do material de reforço Deverá proceder-se à limpeza prévia das barras ou lâminas de aço, a jacto de areia e utilizar elementos de reforço rugosos. É mais aconselhável a utilização de duas barras de reforço de pequeno diâmetro, que uma só de maior diâmetro e também a utilização de posicionadores dos elementos de reforço de modo a facilitar um bom envolvimento da argamassa de refechamento.
- Aplicação do material de recobrimento de reforço;
- Selagem final das juntas, colocação do material de recobrimento nos 15 a 20 mm remanescentes.

Na selagem das juntas podem ser utilizadas argamassas aditivadas para o cumprimento de determinados requisitos:

- Estéticos – argamassa pigmentada;
- Funcionais – selagem de protecção (Appleton, 2003; Roque, 2002)

### **3.2.1.3 – Refechamento de juntas com camada de resina orgânica e armadura**

A técnica de refechamento das juntas com camada de resina orgânica e armaduras consiste na remoção parcial da argamassa das juntas, colocação de uma primeira camada de resina orgânica, posterior colocação de armaduras de reforço, nomeadamente aço laminado ou laminados ou barras FRP, nova camada de resina orgânica, efectuando finalmente o refechamento da junta com argamassas de cal hidráulica, argamassa hidráulica aditivada ou, eventualmente resinas orgânicas (epóxy, acrílicas ou de poliéster)

Aplica-se esta técnica quando há degradação das juntas de alvenaria, em particular em alvenarias de tijolos cerâmicos de junta regular, para controlo da dilatação transversal, associada a elevadas tensões de compressão, e aos seus efeitos, em estruturas com fissuração superficial difusa, devido a fenómenos de deformação ou a amplitudes térmicas ou higrométricas.

Em paredes compostas, com possibilidade de instabilização dos paramentos, em especial, se combinada com pregagens transversais.

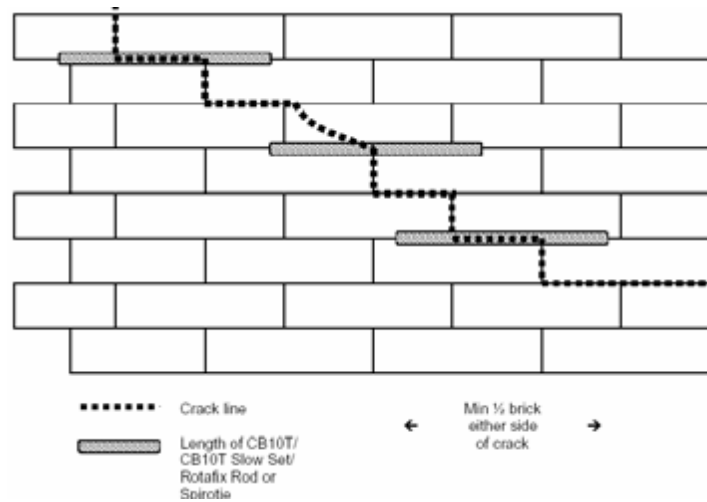


Figura 35 - Esquema da fissuração e respectiva intervenção de reforço (Brito, 2001)

### 3.2.1.4 - Reboco armado

A técnica de reboco armado consiste na colocação de uma armadura de reforço, nomeadamente malha electrossoldada, rede de fibra de vidro, rede de metal distendido, etc., fixada à parede, por pequenas pregagens, e sobre a qual é projectada ou aplicada manualmente uma argamassa de revestimento à base de ligantes aéreos e hidráulicos. Pode ser aplicada de um ou de ambos os lados da parede, com a armadura ligada, ou não, transversalmente.

Aplica-se em caso de dano (por exemplo fissuras) das paredes por acções correntes: variações uniformes de temperatura; sismos de fraca intensidade; acentuada degradação superficial.

Na execução desta técnica deve proceder-se:

- Ao saneamento completo dos rebocos velhos, efectuar a remoção de reboco até às juntas de argamassa, de modo a libertar a parede de pedaços soltos de argamassa, ou de pequenas pedras soltas, que impediriam uma boa ligação do novo reboco à parede;
- Lavagem da superfície com água sob baixa pressão;
- Colocação das redes de reforço, prender a aresta da nervura contra o suporte;
- Encaixar e fixar as nervuras de rebordo a distâncias de 150 mm;
- Deixar extremidades com um mínimo de 50 mm, nervuras alinhadas e fixas em cada nervura;
- Fixar as extremidades da folha em cada nervura

Recomendações para os dispositivos de fixação:

- Assegurar que são escolhidas as fixações adequadas para o suporte em questão;

- Os dispositivos de fixação devem ser tipo parafuso regulador, fixo através da nervura. Em alternativa podem ser usados dispositivos de fixação de cabeça grande com haste posicionada sob a nervura e suportando esta.
- Os dispositivos de fixação que necessitam de furo com um diâmetro superior a 6 mm devem ser fixos adjacentes à nervura, para a cabeça prender a nervura com segurança contra o suporte. Pode ser utilizado papel isolante para isolar a rede e reboco de sulfatos e suportes friáveis.
- Instalar as juntas de dilatação a distâncias máximas de 5 metros para acabamentos de reboco exterior (vertical e horizontalmente).
- Aplicar o reboco manualmente ou projectado com equipamento recomendado pelo fabricante.

Admitindo a aplicação de um reboco tradicional deve proceder-se do seguinte modo: aplicação da 1ª camada ou encasque, constituída por argamassa rica em cimento e areia ou argamassa bastarda mais rica em cimento 1:0.5:5m, com inclusão de pequenos elementos de pedra ou tijolo. Aplicação de uma 2ª camada ou salpicado, de modo a preencher todos os vazios superficiais e grandes irregularidades da parede, no entanto devem evitar-se grandes enchimentos com esta argamassa.

Aplicação da 3ª camada de argamassa de reboco, em duas demãos, com uma espessura final total de cerca de 20 a 25 mm, devendo a primeira demão ser ligeiramente mais rica e grosseira do que a segunda. Esta 3ª camada de argamassa de reboco constitui a base para a aplicação do acabamento.

- Efectuar o acabamento.

Este procedimento pode ser efectuado numa só camada usando produtos pré-doseados, adequados para a execução de rebocos em edifícios antigos.

### ***Recomendações de aplicação para as redes metálicas***

Ao utilizar materiais galvanizados o período de secagem do reboco deve ser mantido no mínimo para evitar a possibilidade de corrosão do aço.

Assegurar que o ambiente da aplicação e os materiais de acabamento são compatíveis com os materiais do perfil e da rede metálica.

Certificar que todos os componentes metálicos utilizados numa dada instalação são de material do mesmo tipo. (Roque, 2002)

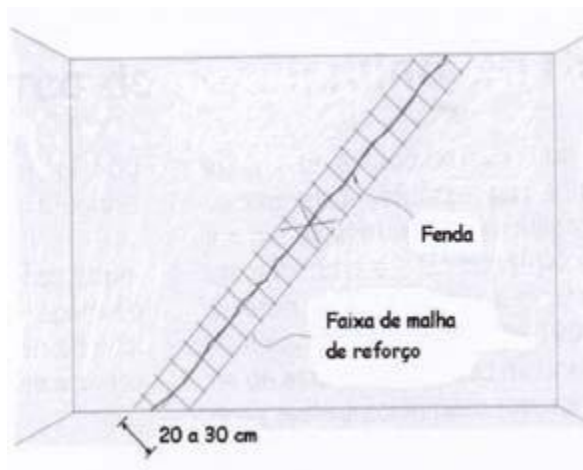


Figura 36 -Exemplo da reparação de uma fenda com a técnica de reboco armado

### 3.2.1.5 - Encamisamento “Jacketing”

A técnica de encamisamento “Jacketing” consiste na aplicação de uma camada de recobrimento, em betão armado, reforçado com malha de aço, fixada à parede através de pregagens, num ou em ambos os lados da parede existente, num processo semelhante ao dos rebocos armados. Obtém-se um revestimento de maior espessura que um reboco convencional e com características mecânicas superiores, às que se verificam nos rebocos armados, sobretudo ao corte.

Esta técnica aplica-se no reforço de alvenarias “pobres”, muito irregulares, com mistura de diferentes materiais ou restos de materiais, argamassas muito deterioradas e fraca ligação dos materiais.

É aplicável em alvenarias de pedra e alvenarias de tijolo maciço. No que se refere às alvenarias de pedra a sua aplicação é condicionada pela execução das ligações transversais, uma vez que a irregularidade morfológica não garante a existência de juntas que atravessem toda a secção.

Na execução desta técnica deve-se:

- Proceder ao saneamento completo dos rebocos velhos, efectuar a remoção de reboco até às juntas de argamassa, de modo a libertar a parede de pedaços soltos de argamassa, ou de pequenas pedras soltas, que impediriam uma boa ligação do novo reboco à parede;
- Selar fissuras e vazios com injeções de caldas de cimento ou resinas;
- Efectuar 9 furos por m<sup>2</sup> (em quincôncio), com dimensões adequadas para fixação das pregagens;
- Lavar a superfície com água sob baixa pressão;
- Colocar a malha de reforço, de dimensões adequadas, devidamente fixada;

- Aplicar o betão, ou por projecção ou moldado (neste caso é necessário a colocação de cofragens), numa espessura variável entre os 5 e os 10 cm.

### **Paredes de alvenaria de pedra com espessura elevada**

A conexão entre a parede antiga e a lâmina de betão é executada com conectores em armadura/betão.

Deste modo são removidas algumas pedras da paredes formando uma cavidade regular com 0.15 m.

Nesta cavidade é posteriormente inserida uma armadura de reforço que será devidamente emendada (sobreposição com a malha de reforço em cerca de 0.4 m).

Figura 16 - Pormenor da conexão da parede de alvenaria de pedra com a lâmina de betão

Exemplo de uma malha electrossoldada e da disposição das fixações

Para lâminas de betão com espessura de cerca de 50 mm – É necessário efectuar uma cofragem e posteriormente executar a betonagem da lâmina.

Para lâminas de betão inferiores a 80 mm – Aplicação do betão por projecção em duas camadas. Após a aplicação da primeira camada, é colocada a malha de reforço, sendo depois aplicada a segunda camada de betão.

Aspectos a serem considerados para que o encamisamento não se revele ineficaz, contribuindo para o agravamento de problemas estruturais:

- As camadas exteriores de betão devem ser ligadas ao suporte com adequada distribuição e ancoragem das pregagens transversais;
- As malhas de reforço devem cobrir as zonas dos cunhais, as zonas envolventes das aberturas e as zonas fendilhadas;
- As malhas de aço devem ser protegidas contra a corrosão com aplicação de uma camada de betão de recobrimento. (Appleton, 2003; Roque, 2002)

### **3.2.1.6 - Reforço com materiais compósitos FRP (Fiber Reinforced Polymer)**

A técnica de reforço com materiais compósitos FRP consiste na aplicação de materiais polímeros reforçados com fibras de carbono CFRP – Carbon Fiber Reinforced Polymer), fibras de vidro (GFRP – Glass Fiber Reinforced Polymer) ou de aramida (AFRP – Aramid Fiber Reinforced Polymer), colados ao suporte com resinas de elevado desempenho. A aplicabilidade a paredes de alvenaria de pedra é condicionada pela irregularidade superficial

que dificulta a aderência. Esta técnica pode ser combinada com sistemas de pregagens das cintas às paredes transversais.

Aplicação de cintas de laminados, disposta horizontal e verticalmente – destina-se a confinar as paredes e contrariar os esforços de flexão associados a acções horizontais perpendiculares ao seu plano, por exemplo acções sísmicas.

Aplicação de mantas generalizadas ou localizadas no plano das paredes – contribui para a melhoria da resistência ao corte, evitando mecanismo de rotura da argamassa, com deslizamento ao longo da junta ou por tracção diagonal

Na execução desta técnica deve-se:

- Remover o reboco (caso os elementos sejam rebocados).
- Remover materiais desagregados aparentes e efectuar a substituição destes elementos.
- Arredondar as arestas das paredes de alvenaria (raio de curvatura aproximadamente de 3 cm), de modo a evitar a concentração de tensões e, conseqüentemente, uma rotura prematura da manta.
- Limpar superficialmente a alvenaria com recurso, por exemplo, ao jacto de areia.
- Aplicar uma resina epoxídica (primário), para assegurar uma superfície regular que promova uma boa adesão.
- Espalhar na superfície uma cola epoxídica, após a secagem do primário.
- Colocar a manta de FRP sobre a superfície colada
- Impregnar a superfície da manta com uma nova camada de cola epoxídica, de modo a garantir a total impregnação da manta.
- Aplicar uma última camada de resina que poderá ser polvilhada com areia de quartzo, melhorando as características de aderência de eventuais revestimentos ou rebocos. (Appleton, 2003; Roque, 2002)

### **3.2.1.7 - Pregagens generalizadas**

A técnica de pregagens generalizadas consiste na colocação de barras de aço inoxidável em furos de pequeno diâmetro, previamente abertos, que atravessam os elementos a reforçar. Após o posicionamento dos reforços, os furos são selados com caldas de injeção apropriadas.

Aplica-se no reforço de paredes em alvenaria de blocos cerâmicos, no reforço de arcos, cunhais e lintéis, no reforço de paredes de alvenaria de pedra natural com espessuras de 0.50 m a 2.0 m.

Não recomendável em:

- Paredes de alvenaria de pedra à vista dado que a parede ficaria crivada de numerosos pontos com coloração própria;
- Paredes em alvenaria de pedra com espessura inferior a 0.50 m.

Para executar esta técnica deve proceder-se:

- À remoção do reboco ou dos revestimentos existentes (não efectuar esta operação no caso de se tratarem de revestimento com valor artístico) para verificar o estado da alvenaria;
- À limpeza da parede com água de forma a eliminar eventuais substâncias solúveis (gesso), ou outras substâncias insolúveis. A lavagem pode ser efectuada com jacto de água, de baixa ou alta pressão (com as devidas precauções) ou com jacto de vapor de água com temperaturas de 150°C. a 200°C. e pressão de 5 a 10 atm);
- Ao refechamento de juntas e selagem das fissuras com selante ou calda compatível com a posteriormente aplicada na injeção;
- Ao posicionamento e execução dos furos de injeção, normalmente são utilizados berbequins mecânicos de rotação (devem evitar-se os dispositivos de percussão).
- À execução dos furos nas juntas de argamassa de modo a atravessar toda a espessura da parede com inclinação de aproximadamente 45º; intervenção em ambos os lados da parede de forma desencontrada
- À inserção dos varões de reforço.
- À injeção da calda de cimento. (Appleton, 2003; Roque, 2002)

### **3.2.1.8 - Pregagens transversais**

A técnica de pregagens transversais consiste na distribuição de barras de aço, com tratamento anticorrosão e dotadas de dispositivos nas extremidades que permitam a sua amarração nas faces exteriores dos paramentos, transversais à parede (tirantes transversais). O efeito de confinamento transversal depende da eficácia da ligação ou ancoragem dos tirantes. A ancoragem/fixação das pregagens pode fazer-se:

- Por via química, com a selagem dos furos com argamassas adequadas;
- Por via mecânica, com adopção de dispositivos de ancoragem exterior, ou com soluções mistas.

Esta técnica é utilizada em paredes compostas para confinar a secção, na fixação de armaduras ao suporte, no caso de rebocos armados e como elementos complementares na execução de encamisamentos.

Para executar esta técnica é necessário:

- Proceder à execução dos furos com um berbequim. Os furos devem localizar-se (tanto quanto possível) sobre juntas de argamassa que atravessem toda a secção, ser transversais com diâmetros variáveis entre 4 e 10 mm e distribuição em quicôncio;
- Proceder à inserção dos sistemas de fixação.

Os sistemas de fixação podem ser barras roscadas, com sistema de ancoragem de anilha e porca de aperto na(s) extremidade(s) ou gatos metálicos.

O processo de execução é distinto para cada caso.

#### *3.2.1.8.1 - Barras roscadas, com sistema de ancoragem de anilha e porca de aperto na(s) extremidade(s)*

Aplicam-se sempre sobre as pedras (não sobre as juntas) de modo a possibilitar um confinamento activo da parede através da aplicação de pré-tensão nas barras. Caso a furação saia próximo de uma junta é possível incorporar este sistema de ancoragem (porca anilha) numa ranhura previamente escavada na pedra e posteriormente recoberta com argamassa.

#### *3.2.1.8.2 - Gatos metálicos*

Os tirantes devem ser posicionados em furos transversais; deve-se selar as ranhuras antes de proceder à dobragem dos tirantes para garantir a aderência. Dobrar uma das extremidades sobre a ranhura superficial aberta na face da parede, dobrar a extremidade oposta, in situ com o tirante já posicionado na parede.

Os furos podem ou não ser injectados, esta opção está relacionada com o facto de se pretender mobilizar o atrito por aderência.

Nas paredes de alvenaria de pedra a execução dos furos e a ancoragem das pregagens apresenta alguns problemas relacionados com a dificuldade de encontrar correspondência de juntas, em faces opostas da parede, diminuindo, deste modo, a eficácia da solução. Pode, no entanto, aplicar-se um método alternativo para contornar este inconveniente executando uma nova junta de argamassa, em correspondência com a dobra do gato metálico:

- Remover as pedras situadas na trajectória do tirante;
- Dobrar a extremidade dos gatos, aproximadamente 15 cm, horizontal ou verticalmente;
- Reposicionar a pedra, agora dividida em duas ou mais partes (ou colocação de outras pedras mais pequenas). (Appleton, 2003; Roque, 2002)

### 3.2.1.9 - Pré-esforço

A técnica de pré-esforço consiste na colocação de cabos de aço de alta resistência, efectuando o seu esticamento, de forma a introduzir na estrutura um novo sistema de forças. A aplicação do pré-esforço pode fazer-se tanto pelo interior como pelo exterior.

A aplicação do pré-esforço permite melhorar o comportamento das paredes, sob acções no seu próprio plano e sob acções exteriores e melhorar o comportamento em serviço, ao nível do controle de deformação e fendilhação.

Para aplicação de tirantes internos é necessário executar os furos com recurso a coroa diamantada arrefecida a água, coroa diamantada a seco ou a rotação por percussão.

Os furos devem ter o dobro do diâmetro dos elementos de reforço e ser ajustado para diminuir a tensão de aderência no perímetro da calda. Devem ser aumentados em função do comprimento da ancoragem.

Posteriormente deve-se inserir o sistema de cabos de aço, pelo extradorso das cúpulas, efectuar a injeção e aplicar o pré-esforço, após a cura da calda de injeção.

Para aplicação de tirantes externos, deve-se executar a furacão ao nível do arranque dos arcos de modo a atravessarem o vão entre apoios e a poder-se aplicar os tirantes perpendicularmente à parede.

Aplicar tirantes pares, com instalação simétrica em relação ao eixo da parede.

No caso de paredes de alvenaria de pedra rebocadas, deve remover-se 50 mm no perímetro do local de furação.

Deve executar-se um reforço com as dimensões da placa de ancoragem, reforçado com malha de aço, executado em argamassa de cimento.

Devem também ser adoptadas medidas de recobrimento e protecção como caixas de alvenaria envolventes ou pinturas intumescentes. (Appleton, 2003; Roque, 2002)

# CAPÍTULO IV – ANÁLISE DO EDIFÍCIO

## 4.1 – HISTÓRIA DO EDIFÍCIO

### 4.1.1 – LOCALIZAÇÃO

Rua Fonte do Lameiro, São Martinho, Covilhã

Área de implantação: aproximadamente 2200 m<sup>2</sup>

Área de construção: aproximadamente 1600 m<sup>2</sup>

Volume de construção: aproximadamente 320 m<sup>3</sup>

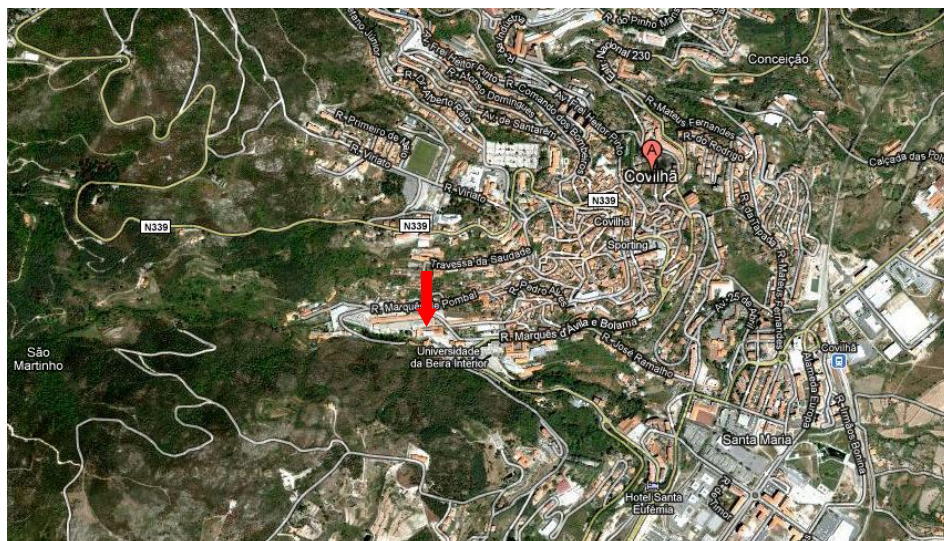


Figura 37a e 37b - Localização do Edifício

## 4.1.2 – UTILIZAÇÃO

Este complexo fabril está datado do séc. XIX, tendo servido sob a designação de Francisco Mendes Alçada e Sucr. até 1963, mas tendo o edifício servido até 1995. (Lanifícios)

As suas funções prendiam-se com a ultimação dos tecidos. Para que se possa conseguir uma percepção do que é este processo e sobretudo do tipo de maquinaria envolvida, fundamental para se conhecer o tipo de carregamentos a que a estrutura esteve sujeita, descreve-se brevemente o processo de ultimação.

### **ULTIMAÇÃO**

#### **DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO**

O processo de ultimação aplica-se a todos os tecidos cardados e penteados. Os acabamentos efectuados têm a ver com uma série de factores:

- Tipo e qualidade de matéria-prima utilizada.
- Características dos fios empregues,
- Estrutura do tecido,
- Toque e aspecto superficial pretendido.

Pretende-se que todas as operações conferiram aos tecidos características que façam realçar a qualidade das matérias-primas, tendo em vista toma-las atractivas para o consumidor.

Consideraram-se dois grupos fundamentais no acabamento:

- Acabamento rapado – aplicado aos artigos penteados, onde o objectivo é criar uma superfície sem pêlo, realçando o desenho e os efeitos da cor da teia e trama.
- Acabamento de pêlo – aplicado a artigos cardados, onde o objectivo é criar uma superfície de mais ou menos pelo, reduzindo ou eliminando a nitidez do debuxo e efeitos de cor.

As principais operações e objectivos dividem-se em três grupos:

- Acabamentos hídricos
  - Lavagem (lavadeira) – destina-se à eliminação de sujidades, colas, óleos, tem como objectivo o relaxamento das fibras.
  - Carbonização (carbonizadora) – consiste em carbonizar palhas e outras substâncias de origem vegetal pela acção do ácido sulfúrico. A carbonização em rama é realizada através de máquinas em contínuo.
  - Neutralização (lavadeira) – neutraliza as peças ácidas por redução do ácido sulfúrico através de uma base.

- Batanagem (batano) – produção de pêlo na superfície do tecido, encorpamento, encolhimento e aumento da resistência.
- Fixação hídrica (crabing) – estabilidade dimensional, alisamento da superfície, produção de brilho, melhoria do toque e evita a formação de rugas.
- 
- Acabamentos mecânicos
  - Escovagem (escovas) – limpeza e alinhamento das fibras.
  - Queima de palhas (carbonizadora, râmola, prensa) – queima as palhas carbonizadas.
  - Remoção de palhas (batano de palhas) – projecta o tecido contra urna grelha eliminando dos tecidos as palhas queimadas.
  - Perchagem (percha metálica) – realizadas através de rolos com puados, com grupos que rodam no sentido do tecido (pêlo) e outros que rodam em sentido inverso (contra pêlo), modificando a superfície do tecido, produzindo pêlo, aumentando a retenção do calor.
  - Perchagem (percha cardos ou percha mortejo) – idêntica à anterior, realizada em húmido, permite obter maior superfície de pêlo.
  - Tesouragem (tesoura) – realizada através de lâminas cortantes, corta as fibras, uniformizando a altura ou rapando completamente a superfície.
  - Prensagem (prensa) – pressão e calor, produção de brilho, melhoria do aspecto, toque e brilho.
  - Decatissagem em contínuo (Dacatissadora) – acção do vapor pressão e calor, fixar de forma permanente, o brilho, toque e volume obtidos na prensagem bem como estabilidade dimensional.
  - Decatissagem em autoclave (KD) – acção do vapor pressão e calor, fixação permanente do brilho, toque e estabilidade dimensional.
  - Vaporização (vaporizador) – relaxamento do tecido, eliminação do lustro, brilho, confere ao tecido estado higrométrico normal.
- Acabamentos térmicos
  - Termofixação (râmola) – fixação dimensional das misturas lã com fibras sintéticas, maior resistência a formação de borbotos, evita formação de vincos e pregas quando aplicada antes da tinturaria, melhora a finalidade dos corantes, evita deslizamentos de fios, reduz deformações no acabamento.
  - Secagem (râmola) – elimina a água dos tecidos
  - Chamuscagem (gaseadeira) – acção do calor e chama, elimina a pilosidade.

Apesar de todas estas operações nem todas são aplicadas aos vários tipos de artigo. A sequência de operações varia de acordo com a qualidade e aspecto final pretendido. (Beiralã Lanifícios, S.A.)



Figura 38 - Tipo de maquinaria existente numa Ultimação

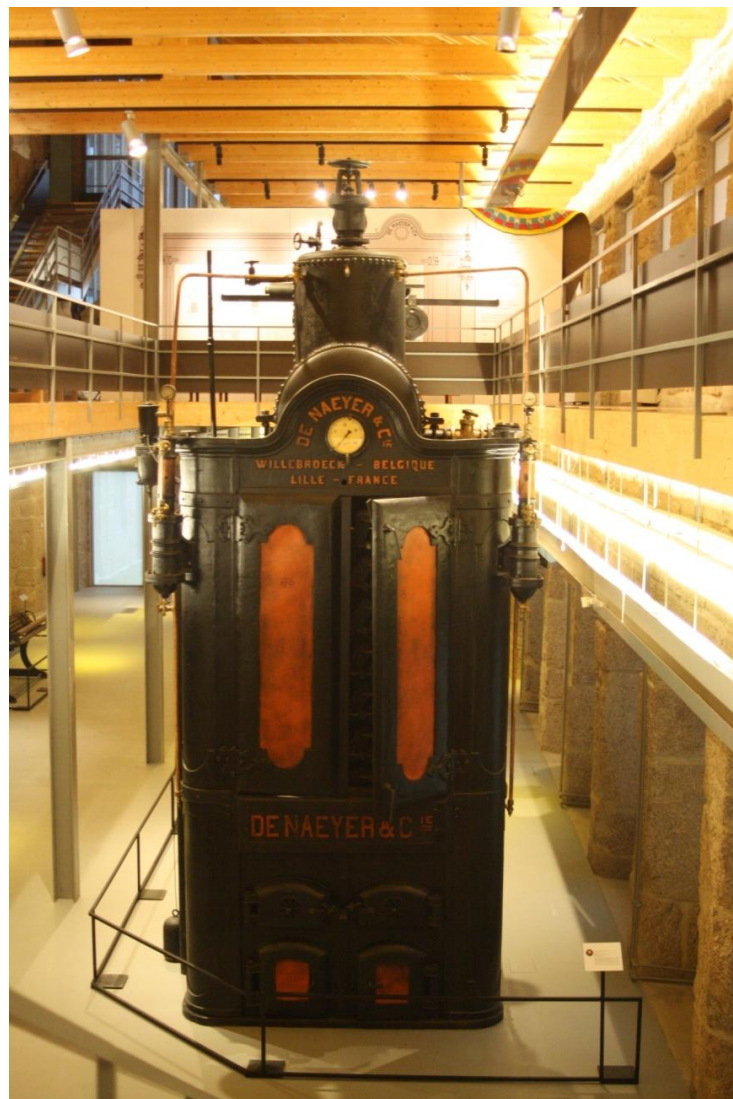


Figura 39 - Caldeira típica da Indústria dos Lanifícios

## 4.2 – DESCRIÇÃO ESTRUTURAL DO EDIFÍCIO

“O actual edifício da fábrica de Francisco Mendes Alçada foi construído em diversos momentos. O sóbrio edifício de grandes proporções caracteriza-se por uma unidade arquitectónica conferida pelo ritmo constante da repetição modular de três janelas ao longo dos seus quatro pisos.

Distinguem-se, numa primeira abordagem ao edifício três fases de construção, apesar da constância arquitectónica.

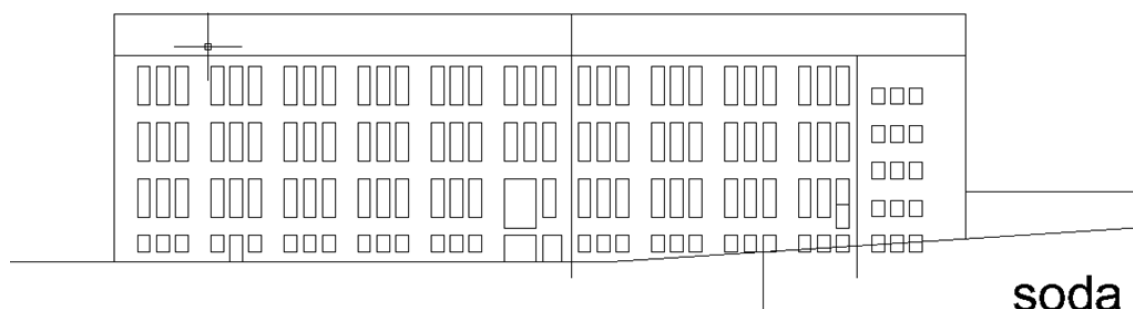
*“Memória descritiva (1973)*

*Pretende a firma Francisco Mendes Alçada, Sucr. com instalações fabris sitas na Fonte do Lameiro, na cidade da Covilhã, pretende aproveitar uma placa de cimento armado, já calculada para utilização de sobrecargas industriais e que no momento serve de cobertura ao 3º piso.*

*Sobre esta placa existe uma cobertura metálica, constituída por asnas e madres em perfis normais de ferro no devido tempo instalada para eliminação de infiltração de águas das chuvas, e que no projecto proposto se pretende desmontar e colocar a um nível que permita o aproveitamento da laje existente, para o que se elevariam as paredes laterais de tal modo, que ficariam à mesma altura dos existentes no edifício inicial, conforme projecto que se junta, resultando em solução de continuidade e permitindo um alçado, todo ele uniforme e equilibrado.*

*Para tanto há que continuar os pilares laterais, já existentes até a um certo nível e encabeçá-los com uma cinta de betão armado. Sobre estes pilares assentariam as asnas existentes que, para o efeito, teriam de se transladar, ficando assim a cumieira das duas coberturas ao mesmo nível. O tratamento das paredes e vãos de janelas serão exactamente semelhantes ao conjunto existente.*

*Covilhã, 7 de Julho de 1973” (Arquivo Municipal Covilhã, 1966)*



**Figura 40 – Alçado sul [ANEXO 1]**

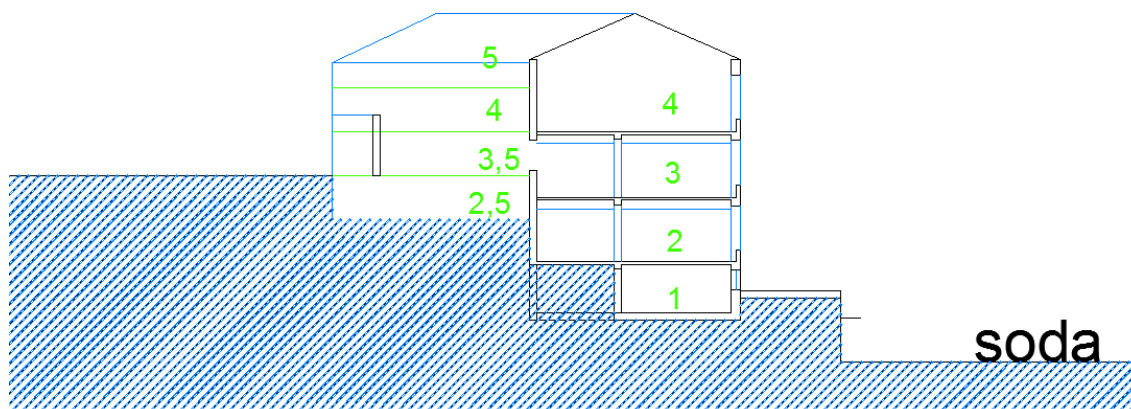


Figura 41- Vista em corte do edifício com os seus diversos piso [ANEXO 6]

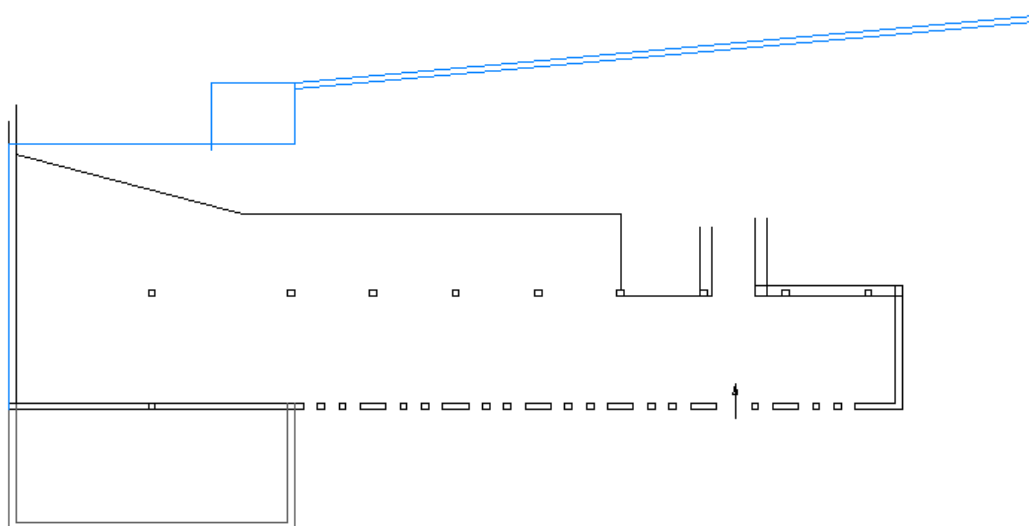


Figura 42 – Planta do Piso 1, -3,50m [ANEXO 2]

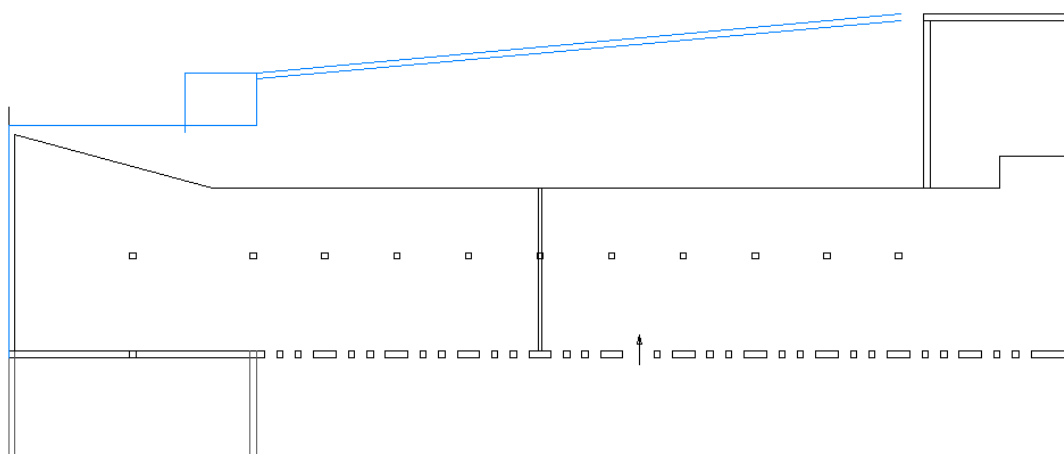
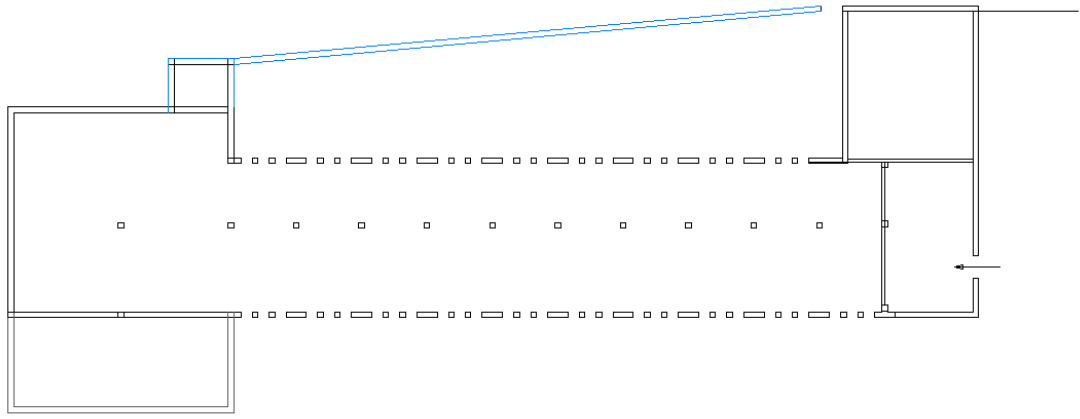
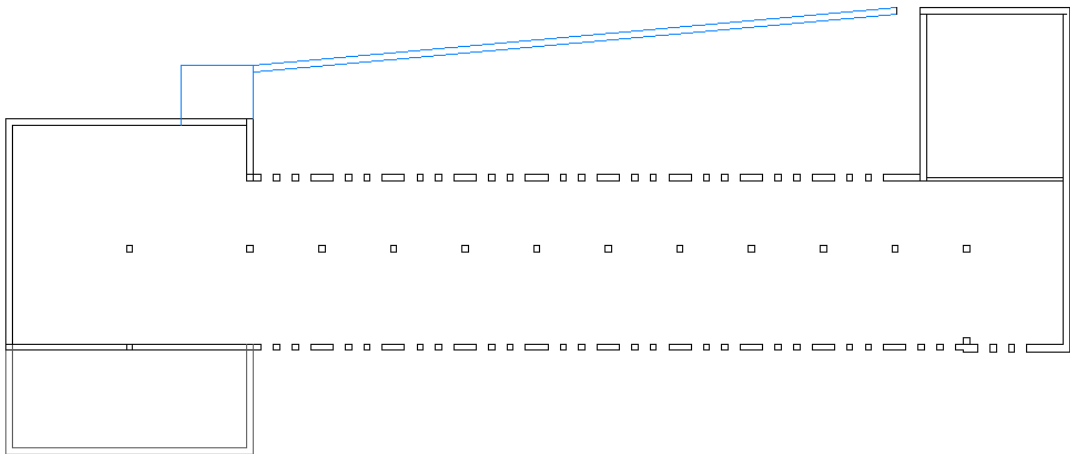


Figura 43 – Planta do Piso 2, +0,00m [ANEXO 3]



**Figura 44 – Planta do Piso 3, +4,35m [ANEXO 4]**



**Figura 45 – Planta do Piso 4, +8,80m [ANEXO 5]**

## 4.3 – ANÁLISE DO EDIFÍCIO

### 4.3.1 – ENVOLVENTE

#### 4.3.1.1 - Exterior



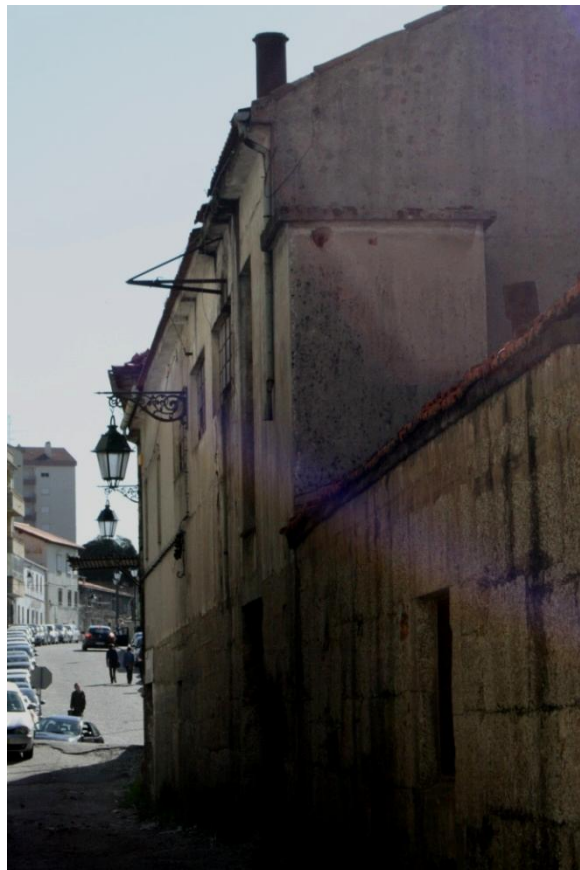
Figura 46 - Panorama geral na década de 80 (NEVE)



Figura 47 - Alçado sul em 2010



**Figura 48 - Alçado sul em 2010**



**Figura 49- Vista parcial do Alçado Norte do edifício principal 2010**



**Figura 50 - Vista parcial do Alçado Norte do edifício principal 2010**



**Figura 51 - Vista parcial de edifício anexo no Alçado Norte do edifício principal 2010**



**Figura 52 - Fachada do edifício (Alçado Nascente) 2010**

#### 4.3.1.2 – Interior

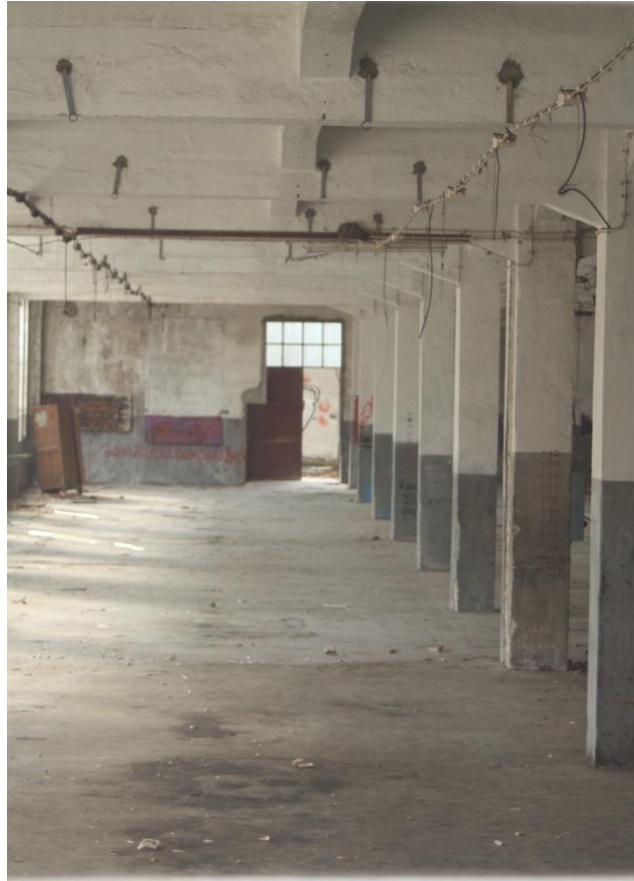


Figura 53 – Vista interior do Piso 2



Figura 54 – Vista interior do Piso 3



**Figura 55 – Vista interior do piso 4**



**Figura 56 – Vista interior da zona poente do edifício com grandes danos devidos a um incêndio ocorrido há poucos anos**



**Figura 57 – Vista do interior e de parte da cobertura da zona poente do edifício**



**Figura 58 - Zona Poente do edifício bastante degradada**



**Figura 59 - Zona nascente do edifício: recepção, escritórios**



**Figura 60 – Zona nascente do edifício: compartimentação interior com tabiques de madeira e gesso cartonado**



**Figura 61 - Zona nascente do edifício: cozinha**

### **4.3.2 – PATOLOGIAS**

Torna-se necessário efectuar a distinção entre patologias inerentes ao comportamento estrutural (aspectos relacionados com a concepção) e inerentes ao comportamento material (dependente das características dos materiais utilizados, das técnicas construtivas, da tipologia da secção, etc.)

Na prática é difícil estabelecer a fronteira entre este tipo de patologias, dado que muitas vezes as manifestações das patologias podem ter diversas origens.

#### **4.3.2.1 - Patologias em paredes de alvenaria de pedra natural**

Destacam-se como anomalias mais frequentes em paredes de alvenaria de edifícios antigos:

- Fendilhação
- Desagregação (anomalia muito generalizada)
- Esmagamento (anomalia com carácter local)

As causas das anomalias são de natureza muito diversa, podem estar relacionadas com razões de natureza estrutural ou à presença de água e à acção dos agentes climatéricos.

A Tabela 1 sintetiza as principais anomalias em paredes de alvenaria de edifícios antigos.

<b>Anomalia</b>	<b>Localização preferencial da anomalia</b>	<b>Causas</b>
<b>Fendilhação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zona corrente das paredes</li> <li>• Zonas onde se localizam aberturas para portas e janelas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Movimentos de assentamento das fundações, particularmente assentamentos diferenciais</li> <li>• Falta de resistência adequada dos lintéis superiores ou de arcos de descarga pode conduzir a esforços de flexão excessivos e fissuras verticais</li> <li>• Acção dos sismos (esforços de cortes)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coberturas em terraço, fendas horizontais na ligação parede/cobertura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deficiente isolamento térmico, tendo como consequência variações dimensionais</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paredes de suporte das coberturas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impulsos horizontais devidos ao abatimento de arcos, ou produzidos por disfuncionamentos estruturais de asnas de cobertura</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paredes resistentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por erros de construção, principalmente nas paredes de pedra irregular, quando não foram colocados perpianos</li> </ul>
<b>Desagregação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nível do rés-do-chão dos edifícios devido a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Intervenções humanas de vandalismo</li> <li>○ Efeito de choques de veículos</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acção dos agentes climatéricos, alternância de calor e frio, com contracções e expansões sucessivas, vento transportando poeiras e areias</li> <li>• Acção da água, especialmente águas infiltradas, quer águas da chuva, quer águas provenientes de infiltrações de origens diversas ou de</li> </ul>

		<p>humidade do terreno ascendendo por capilaridade</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acção meteórica, associada ou não a efeitos de poluição</li> </ul>
<b>Esmagamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pontos de aplicação de cargas concentradas excessivas</li> <li>• Zonas de contacto lateral entre vigas de madeira e a alvenaria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descargas de das vigas em paredes, sem as devidas precauções</li> <li>• Cargas aplicadas excedem em muito as previstas</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edifícios adjacentes a construções novas, se estas possuírem caves e os respectivos muros de suporte forem ancorados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pressão de injeção das ancoragens excessiva, poderá criar pressões ascendentes no solo, que se transmitem às fundações, e destas às paredes, provocando-lhes esmagamentos ao nível do primeiro piso.</li> </ul>

**Tabela 1 - Anomalias em paredes de alvenaria de edifícios antigos (Costa, 2009)**

#### **4.3.2.2 - Patologias em paredes de alvenaria de pedra natural com elementos de madeira**

Existem anomalias particulares e específicas em paredes resistentes com elementos de madeira.

Na Tabela 2, apresentam-se as principais anomalias encontradas nestes elementos.

<b>Anomalia</b>	<b>Localização preferencial da anomalia</b>	<b>Causas</b>
<b>Apodrecimento da madeira</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementos de madeira em paredes exteriores, especialmente em edifícios com andar de resalto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presença sazonal de humidade e consequentemente aparecimento de fungos de podridão</li> <li>• Ataques de insectos, térmitas e carunchos</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementos de madeira em paredes pertencentes a edifícios diferentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infiltração da água da chuva através da chuva entre os dois edifícios, se não for convenientemente vedada</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementos de madeira nas paredes atravessadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como as tubagens são muito rígidas, o seu comportamento não é</li> </ul>

	<p>por redes de águas e esgotos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementos de madeira em paredes atravessadas por tubos de queda em grés</li> </ul>	<p>compatível com a elasticidade das paredes com os elementos de madeira, o que provoca frequentes roturas e derrames de água ou de esgotos domésticos</p>
--	---	--

**Tabela 2 - Anomalias em paredes resistentes com elementos de madeira (Costa, 2009)**

#### **4.3.2.3 - Patologias em acabamentos (rebocos) de paredes de edifícios antigos**

Faz-se referência às anomalias em acabamentos, particularmente em reboco de paredes de edifícios antigos, uma vez que as intervenções de reabilitação podem estar relacionadas com anomalias desta natureza. Na Tabela 3 apresentam-se essas anomalias.

<b>Anomalia</b>	<b>Localização preferencial da anomalia</b>	<b>Causas</b>
<b>Fendilhação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paredes rebocadas</li> </ul>	<p>Fendilhação do próprio suporte Retração das argamassas constituintes</p>
<b>Desagregação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rebocos fracos, com baixa resistência mecânica (rebocos de argamassas de cal), principalmente</li> <li>• Efeito da humidade no percurso que faz no interior da parede transportando sais, que depois de dissolvidos, cristalizam com a evaporação da água, atingindo a superfície quando existem pinturas pouco permeáveis ao vapor de água</li> </ul>	<p>Efeito da humidade no percurso que faz no interior da parede transportando sais, que depois de dissolvidos, cristalizam com a evaporação da água, atingindo a superfície</p>
<b>Esmagamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paredes rebocadas com baixa resistência mecânica (rebocos de argamassas de cal), principalmente em paredes bem construídas, onde se aplicam pedras de reforço sob zonas de aplicação de forças</li> </ul>	<p>Desenvolvimento de tensões muito elevadas sobre o reboco, devidos a compressões excessivas.</p>

**Tabela 3 - - Anomalias em rebocos de paredes de edifícios antigos (Costa, 2009)**

#### 4.3.2.1 – Exterior



Figura 62 – Degradação de elementos de madeira da cobertura



Figura 63 – Degradação de elementos de madeira e metal diversos, quer da cobertura, quer da restante estrutura do edifício



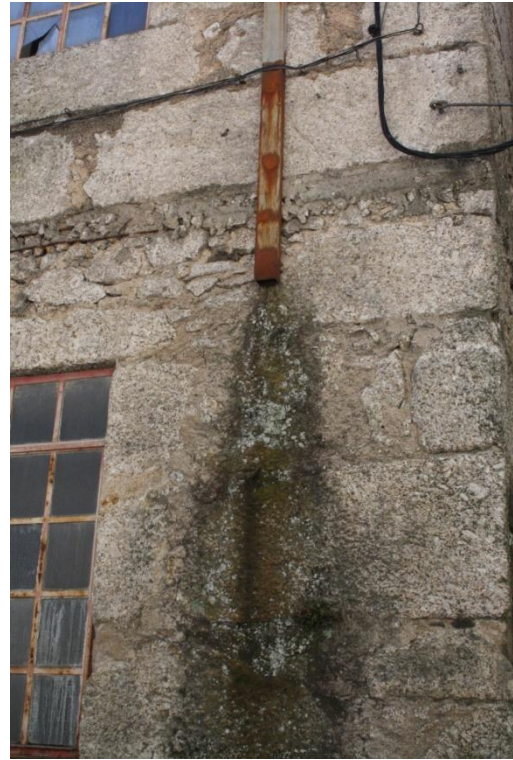
**Figura 64 – Presença de um qualquer elemento de tubagem que se encontrava cravado na alvenaria e que se degradou.**



**Figura 65 – Viga de encabeçamento de uma porta com extensão insuficiente para o bom desempenho da sua função, uma vez que mal apoia nos elementos de alvenaria**



**Figura 66 - Pormenor de viga de cintamento em betão ao nível da laje na zona de alvenaria estrutural, com a armadura a descoberto**



**Figura 67 – Proliferação de elementos biológicos nas fachadas**

**Figura 68 – Proliferação de elementos biológicos nas fachadas e mau estado do sistema de drenagem de água pluviais**



**Figura 69 – Proliferação de vegetação em elementos de alvenaria e de ferro**

#### 4.3.2.2 – Interior

O interior do edifício, apesar de causar surpresa positivamente face ao seu aspecto exterior, apresenta algumas patologias de estudo bastante interessante, nomeadamente no que concerne ao estado dos elementos de betão armado.



**Figura 70 – Mancha de humidade presente em várias regiões do edifício, devidas a infiltrações causadas pelo mau estado da cobertura**



**Figura 71 – Antigo sistema de tubagens dos ferros a vapor suspensos nos ferros das vigas**



**Figura 72 – Presença de salitre e humidade nos pilares e paredes da fachada Norte, pouco exposta à luz solar**



**Figura 73 – Descasque da pintura e reboco por incompatibilidade com a alvenaria**



**Figura 74 – Padrão de fissuração, frequente nas paredes do edifício, possivelmente devido a problemas no carregamento da estrutura**



**Figura 75 – Sulco num element de alvenaria com reboco em que se nota o aparecimento de material biológico.**



**Figura 76 – Viga com integridade comprometida: armaduras à vista e má qualidade dos agregados empregues na sua execução**



**Figura 77 – Zona onde se vê claramente a remoção de um pilar existente no local.**



**Figura 78 – Vespeiro presente na junta de blocos de alvenaria estrutural**



**Figura 79 – Fractura contínua em pilar e laje**



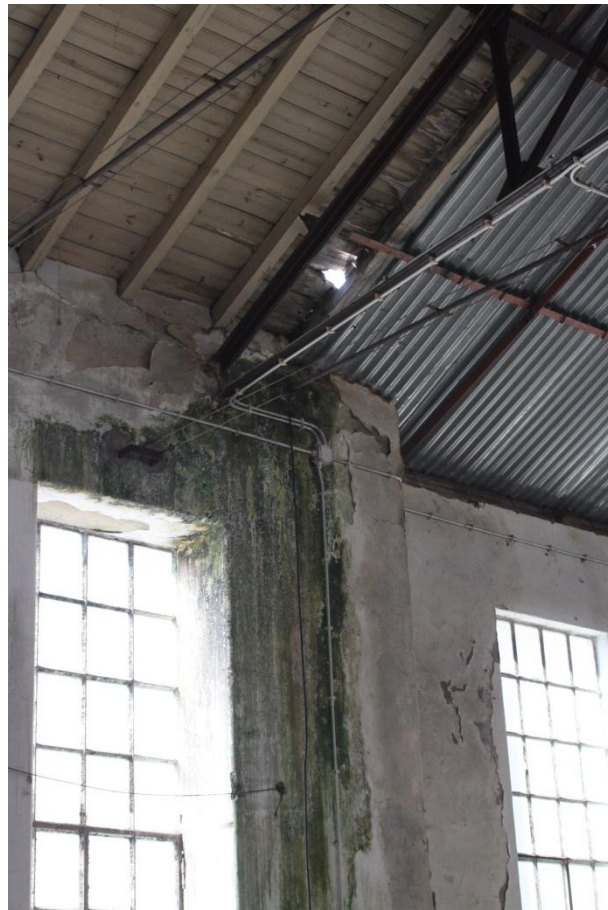
**Figura 80 – Fractura continua em viga onde se notam também manchas acastanhadas que podem significar a oxidação e corrosão das armaduras**



**Figura 81 – Grandes buracos em paredes de alvenaria estrutural**



**Figura 82 – Piso 4: Estrutura metálica da cobertura não assenta sobre os pilares**



**Figura 83 – Manchas devidas a infiltrações e mau estado da cobertura**



**Figura 84 – Fracturas numa parede de alvenaria**



**Figura 85 - Elementos de madeira apodrecidos e ligação a perfil metálico**

# CAPÍTULO V – ANTE-PROJECTO DE REABILITAÇÃO ESTRUTURAL

## 5.1 – ATRIBUIÇÃO DE NOVA FUNÇÃO AO EDIFÍCIO

A Arq.<sup>a</sup> Eliza Borkowska propõe que este edifício seja transformado num novo pólo da Faculdade de Engenharia da Universidade da Beira Interior (FEUBI). Na proposta apresentada este novo pólo estará ligado ao edifício 9 da FEUBI e acomodará novas salas de aula mais vocacionadas para acolher o curso de Arquitectura, novos anfiteatros e uma nova zona de refeições. É também proposta a criação de uma passagem subterrânea, atravessando a rua existente, de modo a ligar o edifício e o Jardim do Rato/Tinturaria.

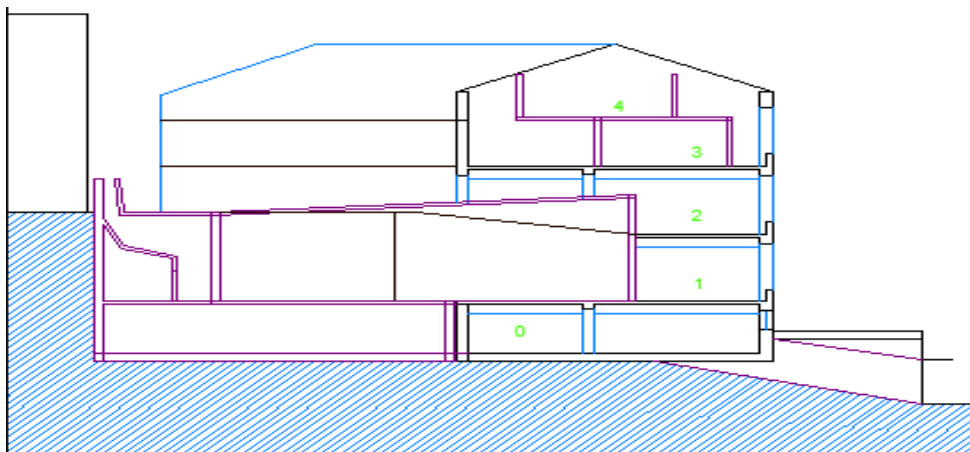


Figura 86 – Corte esquemático do edifício com esboço da ligação ao edifício adjacente da Faculdade de Engenharia [ANEXO 7]

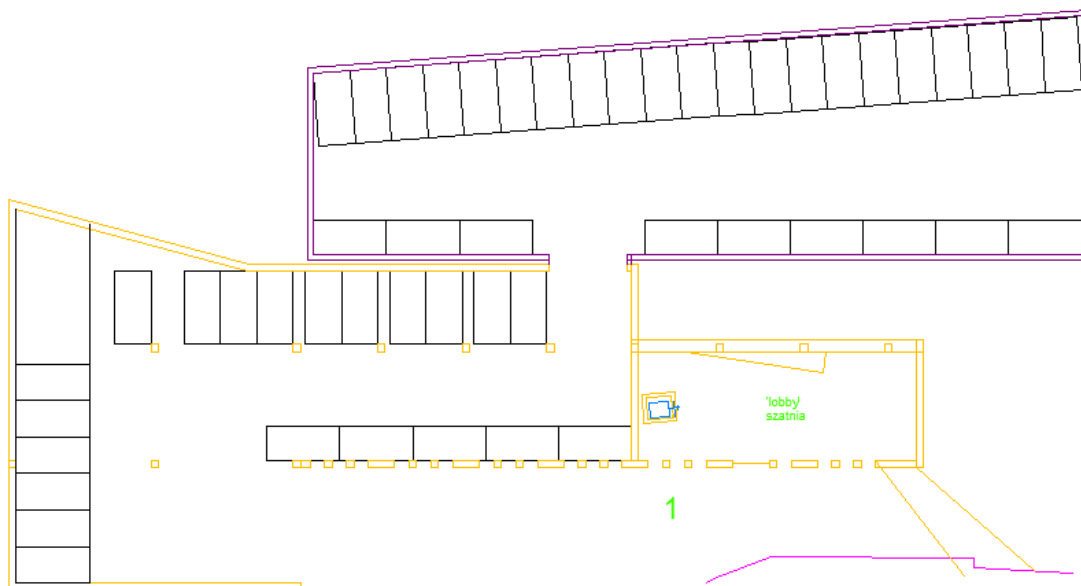


Figura 87 – Planta do Piso 1, -3,50m [ANEXO 8]

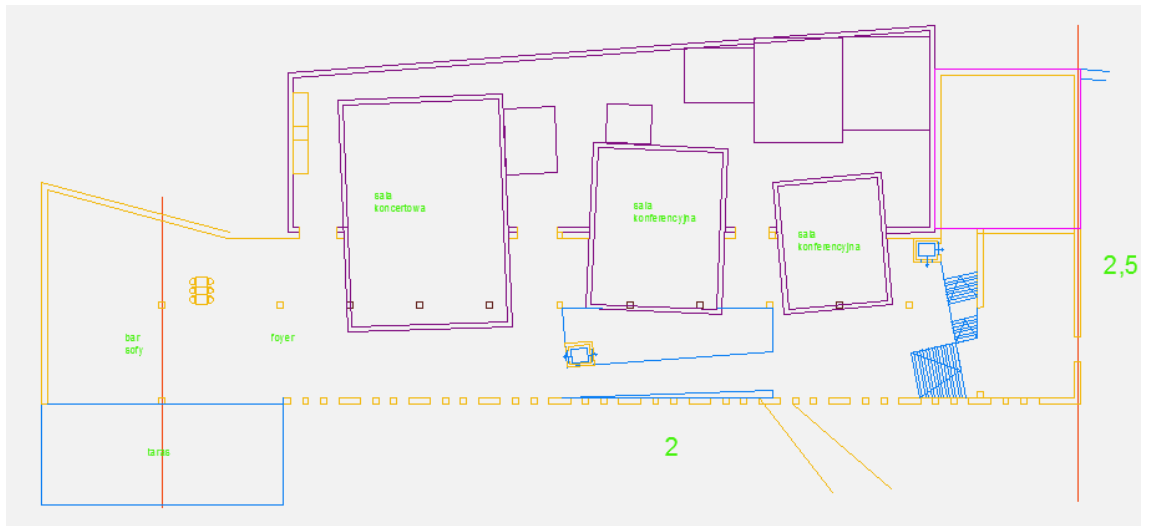


Figura 88 – Planta do Piso 2, +0,00m [ANEXO 9]

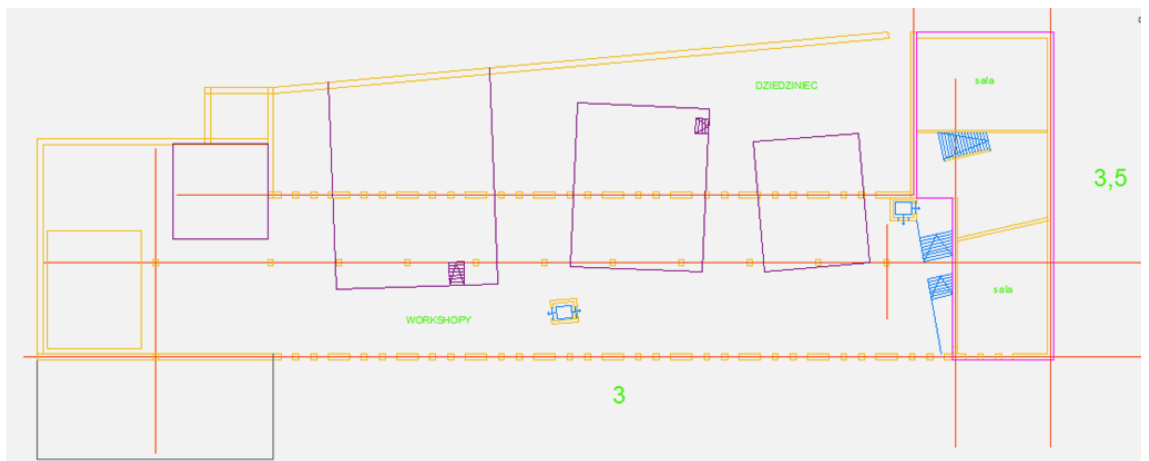


Figura 89 – Planta do Piso 3, +4,35m [ANEXO 10]

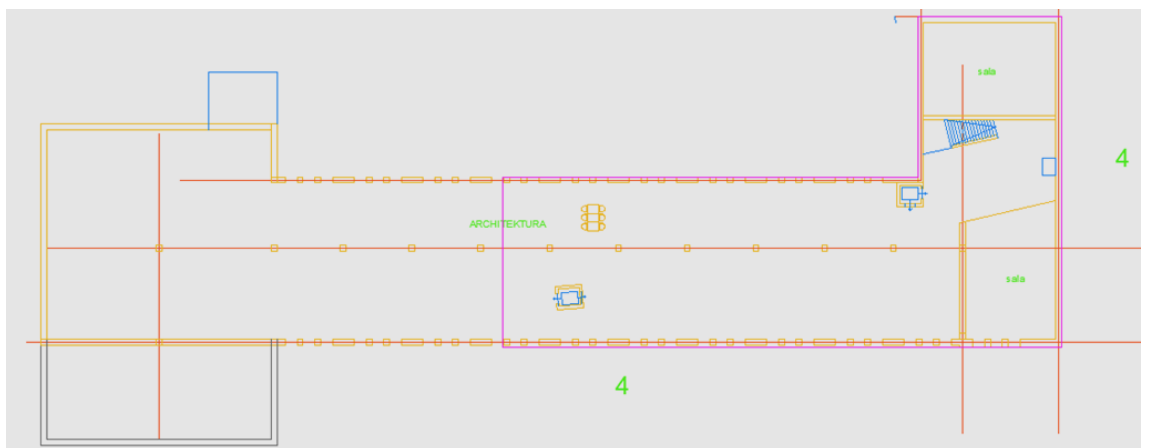


Figura 90 – Planta do Piso 4, +8,80m [ANEXO 11]

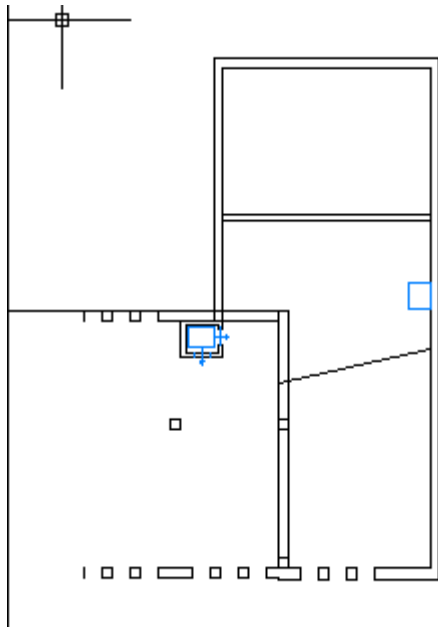


Figura 91 – Planta do Piso 5, +11,80m [ANEXO 12]

## 5.2 - FORMAS DE INTERVENÇÃO

Neste sub-capítulo referem-se um conjunto de procedimentos a implementar antes de qualquer tipo de acção e descreve-se a análise complementar a realizar nas situações em que se possam detectar potenciais deficiências graves de carácter estrutural.

Reunidos os elementos sobre o estado da construção antes da intervenção e as causas das eventuais patologias, deve primeiramente ser estimada a capacidade resistente residual do edifício e o período de vida remanescente da estrutura e dos materiais (estruturais e não estruturais), conhecidos os factores de índole económica e humana que irão condicionar a vida futura da construção.

Fundamentalmente e de uma forma esquemática, existem as seguintes hipóteses (Warner, 1981):

- a) *Demolição imediata* - a construção representa um perigo para os utentes e não é viável economicamente reabilitá-la; a demolição pode ser total ou parcial esta última solução revela-se válida por exemplo caso existam problemas de fundações (assentamentos diferenciais) ou no caso de existirem elementos estruturais que provoquem uma distribuição não uniforme de massa e/ou rigidez em planta e/ou em altura na construção;
- b) *Esperar para ver* – quando não estão reunidos os dados suficientes para se tomar uma decisão fundamentada; tentam reunir-se mais dados via experimental;
- c) *Deixar ficar* - em face do estado actual da construção, da sua utilização prevista e do tempo útil em serviço planeado, deixar o processo de deterioração seguir o seu ritmo normal; pode eventualmente impor-se restrições à sua utilização;
- d) *Reparação* - intervir activamente na construção mas apenas para lhe voltar a conferir as características iniciais, nomeadamente ao nível da resistência;
- e) *Reforço* - intervir activamente para garantir um nível de qualidade ou resistência superior ao inicial.

A decisão final é condicionada, por um lado, pelo alcance pretendido com as intervenções a efectuar, pelo tipo de construção existente, pelas condições técnicas, pelo custo total previsto em face da valorização de capital pretendida, por outros factores de índole técnico-económica e pelo interesse arquitectónico ou histórico da construção, pelo seu tipo de utilização e consequências nos possíveis utentes dos diversos tipos de intervenção e por outros factores de índole cultural-humana.

De uma forma esquemática, apresentam-se de seguida alguns aspectos técnicos que devem ser alvo de reflexão em situações de reparação e reforço (Documento Introdutório do Tema - Patologia da Construção, 1985)]:

- a) Segurança estrutural
  - Características geométricas e propriedades dos materiais constituintes dos elementos estruturais já construídos;
  - Aplicabilidade das acções, regras de combinação e coeficientes de segurança estabelecidos para as construções novas;
  - Tempo de vida útil da estrutura após a intervenção.
  
- b) Análise estrutural
  - Distribuição de esforços antes da intervenção;
  - Distribuição de esforços após a intervenção.
  
- c) Interligação entre elementos ou materiais
  - Colagem;
  - Soldadura;
  - Adesão, aderência;
  - Fricção, atrito;
  - Confinamento (pressão transversal);
  - Ferrolhos (corte e tracção);
  - Comportamento diferido.
  
- d) Dimensionamento (definição da capacidade resistente)
  - Funcionamento em serviço;
  - Resistência última;
  - Interação entre materiais novos e originais;
  - Funcionamento “em série” e “em paralelo”;
  - Tipo de esforço (compressão, tracção, flexão, esforço transversal).
  
- e) Durabilidade
  - Durabilidade relativa dos materiais;
  - Coexistência não reactiva;
  - Resistência à corrosão e ao fogo;
  - Resistência das ligações à fadiga.

Seja qual for a técnica de reforço adoptada (eliminação e substituição completas do sistema estrutural, adição de um segundo sistema estrutural que interactue com o original para conseguir a resistência e rigidez globais necessárias ou outras), as condições de carga na construção na altura da execução do reforço devem ser quantificadas e tomadas em conta no cálculo. De um modo geral, pode dizer-se que o ideal é descarregar completamente a construção para que o reforço contribua desde o início para a resistência global aliviando assim

substancialmente os esforços na parte existente que, pelo facto de necessitar de ser reforçada, é mais débil.

## 5.3 - PROCEDIMENTO FACE A PROBLEMAS DE PATOLOGIA

### 5.3.1 - Considerações gerais

As acções a tomar em face de uma situação de deficiência da construção são variam de caso para caso e devem ser objecto de um estudo de viabilidade económica e depender da sua exequibilidade. Para isso, há que seguir um processo racional de análise da construção existente que compreende diversas fases:

#### ***A. Verificação da necessidade de intervenção***

Deve ser promovida uma visita de inspecção da construção por uma equipa técnica com experiência de projecto do tipo de construção em causa. Nesta visita, devem ser efectuadas observações e medições nos elementos estruturais mais importantes e ver da necessidade de tomada de medidas urgentes: evacuações, escoramentos, cintagens, eliminação de cargas, demolições, etc. Caso o problema levante dúvidas à equipa técnica, por forma a exigir um exame mais elaborado da situação existente, passa-se à fase seguinte.

#### ***B. Constituição da equipa de peritagem***

A constituição desta equipa depende muito da dimensão, complexidade e estado de degradação da construção tal como do risco que a sua estrutura possa representar para pessoas e bens nas suas proximidades e do seu eventual interesse arquitectónico-cultural. A equipa deve ser chefiada por um engenheiro civil de grande experiência tanto no projecto como em obra e devem ser integrados um desenhador projectista e um topógrafo. Deve ser mantido um contacto estreito quer com o Dono da Obra quer com o Projectista da estrutura existente.

#### ***C. Análise do projecto***

O projecto de execução deve ser objecto de uma análise minuciosa de forma a detectar eventuais erros que tenham sido a causa dos problemas estruturais encontrados ou para eles

tenham contribuído. Para tal, deve-se recorrer à regulamentação em vigor na altura da sua execução e não à actual. Dos desenhos de execução podem não constar eventuais alterações posteriores à construção.

#### ***D. Análise da conformidade da obra com o projecto***

As dimensões dos elementos estruturais principais devem ser verificadas em obra de forma a inferir se foram excedidas as tolerâncias máximas regulamentares. Em casos em que surjam dúvidas prementes, deve recorrer-se ao descasque localizado de peças de forma a pôr à vista as armaduras principais para que se comparem com as do projecto. Poder-se-á ainda verificar os recobrimentos e determinadas disposições construtivas. Aspectos não estruturais como o traçado das redes prediais, a existência ou não de materiais de isolamento térmico e outros, devem ser alvo também de uma verificação.

#### ***E. Levantamento de danos e deficiências***

Para se efectuar este levantamento, deve à equipa de peritagem ser adstrito pessoal especializado e o equipamento necessário para a determinação dos dados principais (extensómetros, macacos planos, aparelhagem de raios X e de ultra-sons, esclerómetro, etc.).

Os dados mais importantes referem-se a: desvios da verticalidade de pilares e paredes resistentes, levantamento de fendas com a indicação da sua posição e abertura, zonas mais permeáveis ou degradadas de betão, armaduras rompidas ou à vista com a indicação dos diâmetros iniciais e diminuição da secção por corrosão, deformações residuais em pavimentos, armaduras mal colocadas, características do solo de fundação e existência de assentamentos, dimensão e posicionamento exactos dos elementos estruturais, localização de deficiências de conservação ou uso da construção e da sua estrutura, identificação dos locais de onde foram extraídas carotes para ensaio dos materiais em laboratório, locais onde foram feitas fotografias, etc.

Em construções sujeitas à acção de incêndios, a avaliação dos danos incide em aspectos diferentes: estimativas da temperatura máxima atingida nos diversos elementos estruturais e do período de tempo durante o qual eles estiveram sujeitos a determinadas temperaturas (análise da coloração dos materiais e resíduos), grau de perda de resistência dos materiais (extracção de carotes e provetes, ensaios *in situ* e laboratoriais), grau de esfoliação, presença de armaduras com curvatura, extensão da fendilhação na superfície do betão, percentagem da armadura directamente exposta durante o incêndio, grandeza de quaisquer deslocamentos, grau de prejuízo de cada elemento estrutural, localização de todos os elementos danificados, determinação do tipo, quantidade e distribuição do material queimado, determinação da profundidade de carbonatação e/ou cloretos e do valor do pH do betão em profundidade, etc.

De referir que a análise visual tem as suas limitações uma das quais é o facto de se desconhecer a história do carregamento da construção. Para isto, são instrumentos fundamentais, quando disponíveis, os relatórios da construção e de eventuais visitas de inspecção. Nesta fase, é de crucial importância o recurso aos ensaios *in situ*, destrutivos ou não.

#### **F. Identificação das causas (diagnóstico)**

Com base na análise do projecto e no levantamento dos danos existentes, é possível na grande generalidade dos casos identificar as causas de degradação da construção. Qualquer melhoramento desta passa sempre pela eliminação dessas mesmas causas. Na prática, os fenómenos são sempre mais complexos do que as teorias analíticas o fazem crer. De facto, só muito raramente as deficiências graves numa construção, nomeadamente as estruturais, se devem a uma única causa. De um modo geral, os insucessos são provocados por uma acumulação de erros graves de projecto e/ou execução com a ocorrência de acidentes naturais.

O diagnóstico é o passo mais difícil da avaliação da situação. Baseia-se na experiência e intuição do observador, podendo prestar-se a erros grosseiros. Deverá ser feito um primeiro diagnóstico provisório com base nos dados entretanto reunidos, confirmado em seguida por uma análise retrospectiva e, se necessário, por uma nova inspecção, ensaios de materiais e de carga, antes de se iniciarem os trabalhos. O problema das construções com estrutura de betão armado agrava-se por haver um número relativamente pequeno de sintomas de deficiência estrutural associado a um número elevado de possíveis causas. A validade de um diagnóstico só é normalmente certificável à posteriori quando à eliminação das causas apontadas corresponda efectivamente o desaparecimento ou a paragem de progressão dos efeitos indesejados.

De particular importância nesta fase é a interpretação das observações feitas de forma a associá-las a causas definidas.

#### **G. Avaliação estrutural (prognóstico)**

Todas as acções posteriores, no que se refere aos aspectos eminentemente estruturais, dependem do conhecimento e avaliação da capacidade resistente da estrutura existente. De facto, é em função desta que serão adoptadas as diversas hipóteses de solução construtiva: demolição, reforço, remodelação, reparação ou deixar inalterada a estrutura. Aos seguintes aspectos deve dar-se especial atenção: modificação das características mecânicas dos materiais, redistribuição dos esforços ao longo do tempo devida aos efeitos diferidos,

transmissão de esforços para os elementos menos danificados devido à cedência de outros, modificação das características dinâmicas da estrutura.

Associado a este problema, está normalmente o da previsão da vida útil restante da estrutura cuja investigação laboratorial é ainda recente.

Num país como Portugal onde a sismicidade é um factor de relevo, e lembrando o caso da Real Fábrica de Panos que se sabe ter sido devastada pelo Terramoto de 1755, é fundamental atender às questões de protecção e reforço sísmico da estrutura, sendo que a Covilhã se situa numa zona sísmica C (numa escala de A a D em que A é o parâmetro de maior risco e D o parâmetro de menor risco). (Portugal, 2000)

### ***H. Recálculo da estrutura***

O recálculo de uma estrutura existente não difere conceptualmente do cálculo de uma estrutura nova. No entanto, há algumas particularidades que se devem referir: determinação rigorosa das cargas permanentes, avaliação das sobrecargas de utilização em face da regulamentação em vigor e da vida útil restante prevista da construção, introdução de solicitações habitualmente não tidas em conta em projectos antigos (fluência, gradientes térmicos, etc.), introdução no cálculo de assentamentos axiais e/ou diferenciais entretanto ocorridos nos apoios ou nas fundações, redução da inércia nas secções fendilhadas ou deterioradas, verificação da capacidade resistente das secções tendo em atenção as características reais dos materiais, diminuição da secção das armaduras devida à corrosão ou rotura parcial, efeitos da eliminação de elementos a remover sobre os restantes e da ligação entre os novos elementos e os antigos, etc.

### ***I. Análise retrospectiva***

Esta análise visa confirmar a exactidão do diagnóstico: deverá demonstrar que os sintomas observados resultam efectivamente das causas postuladas. Ela basear-se-á nos valores reais das solicitações, características dos materiais e geometria dos elementos estruturais.

### ***J. Idealização dos sistemas alternativos de intervenção e seu dimensionamento sumário***

Nesta fase, são analisadas várias hipóteses possíveis de reforço ou reparação da construção existente. Devem ser postas de parte à partida as soluções que, pelas suas características,

não sejam de aplicação viável no caso em estudo. Para tal, recorre-se a critérios como o nível de reforço pretendido, o grau de dificuldade de execução e o nível de segurança exigido durante a mesma, o estado de ocupação da construção, o perigo eventual associado à não tomada de medidas, o prazo de execução, a importância da obra, o factor económico, o eventual valor arquitectónico e/ou histórico do edifício, o impacte ambiental, a reversibilidade da intervenção e as suas consequências sobre a construção existente, etc. (Concrete Repair and Maintenance, 1988)

Também devem ser tidas em conta as necessidades do utente / dono da obra: vida útil remanescente pretendida, urgência da intervenção, limitações orçamentais, requisitos técnicos e de desempenho, a estética da solução final, entre outros (Concrete Repair and Maintenance, 1988)

Nesta altura é conveniente esclarecer o significado da terminologia utilizada:

- Reparação - reconstituição das características de resistência que a obra teria caso não tivesse ocorrido degradação anómala nem danos ou, em alternativa, introdução das características resistentes correspondentes a uma caracterização correcta das solicitações de cálculo; pode ter um carácter estrutural ou apenas cosmético;
- Reforço - meio de tornar a construção capaz de resistir a cargas superiores àquelas que foram previstas no projecto inicial melhorando todos ou alguns dos seus elementos estruturais;
- Consolidação - meio de melhorar o normal desempenho em serviço numa construção existente aumentando a rigidez da sua estrutura por eliminação de deformações, vibrações ou fendilhação excessiva.

Em face do grau de degradação e da gravidade das insuficiências apresentadas pela construção, pode ser tomada uma das seguintes opções:

- Não fazer reparações estruturais mas apenas cosméticas, isto é, reconstituir o aspecto exterior da construção - considera-se que a construção tem capacidade resistente suficiente;
- Não fazer reparações estruturais, embora tenham sido encontradas insuficiências, mas manter a construção sob observação para se detectar eventuais sinais de agravamento do seu estado;
- Proceder a reparações mas apenas com o intuito de restabelecer a capacidade original da estrutura, isto é, repor a estrutura no seu estado inicial pondo-se a hipótese de limitar as sobrecargas de utilização;
- Reparar e reforçar a estrutura de forma a conferir-lhe maior capacidade resistente modificando-lhe ou não o sistema estrutural, desocupando-a ou não;
- Demolir a construção existente ou parte dela (por exemplo, os pisos mais elevados) por representar um perigo potencial.

### ***K. Análise técnico-económica das soluções de reforço concebidas***

Nesta fase, em que já se optou por reforçar a construção, escolhe-se definitivamente o processo construtivo a utilizar. Para tal, recorre-se aos seguintes critérios: custo do reforço, mais-valia resultante, vida útil remanescente da construção reforçada, custo da desocupação da construção ou de parte dela e da imobilização de equipamentos em edifícios industriais, etc.

### ***L. Ensaios pós-execução***

Para o cumprimento da metodologia descrita, é necessário dispor de meios técnicos e de equipamentos específicos a cada uma das actividades e desenvolver uma actividade integrada desde o início do tratamento do problema até à recepção da obra reforçada ou reparada. Por isso e nos casos em que tal se justifique, deve prolongar-se a intervenção à instrumentação e observação do comportamento da construção ao longo do tempo.

Todo este processo pode ser sintetizado num fluxograma (Brito, 2001):

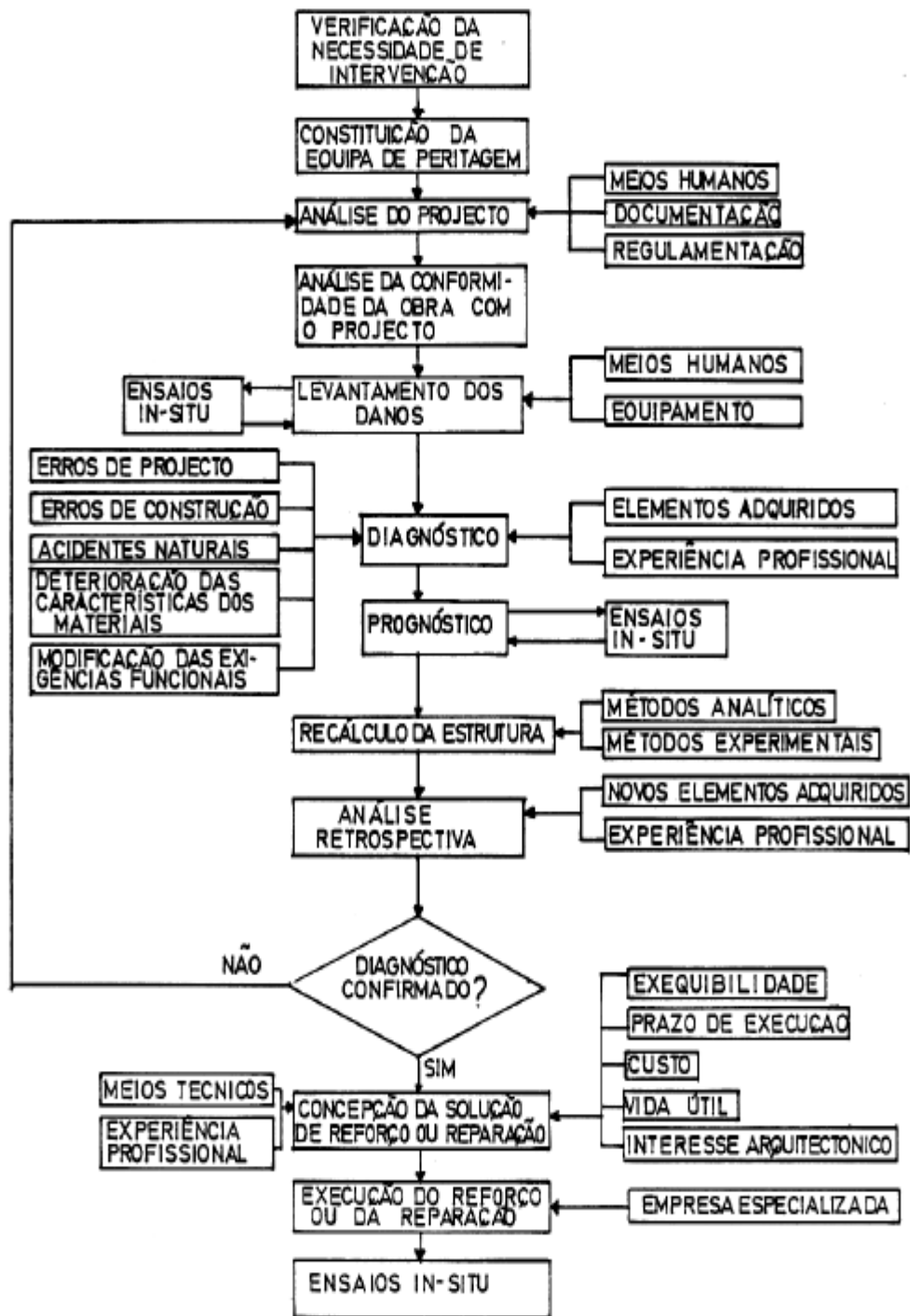


Figura 92 - Metodologia de análise de construções deterioradas (Brito, 2001)

## 5.4 - AVALIAÇÃO ESTRUTURAL

### 5.4.1 - Dados e procedimentos necessários à avaliação

No subcapítulo anterior, foi já analisada a sequência lógica necessária à análise de uma estrutura para que se tome uma decisão racional quanto à forma de intervenção a implementar.

No entanto, o que se referiu é um procedimento localizado quer no tempo quer no espaço.

Localizado no tempo porque o processo se inicia apenas quando se está perante uma situação anómala. É um processo sem passado e não permite conhecer a história da estrutura.

Localizado no espaço na medida em que se aplica a uma única construção, ignorando o que se passa em construções idênticas sujeitas a circunstâncias semelhantes. Uma análise probabilística é fundamental para que se possa tirar conclusões sobre a aleatoriedade de determinados fenómenos e sobre a influência dos factores de deterioração e dos agentes agressivos sobre um determinado tipo de construção. Outra aplicação é saber se os danos apresentados pela construção em estudo são normais para esse tipo de construção com o respectivo tempo de vida ou se revelam má qualidade construtiva, defeituosa manutenção, ambiente anormalmente agressivo ou outra causa anómala.

Existem algumas noções de base fundamentais no estudo deste problema que convém referir:

- As construções começam a deteriorar-se a partir do instante em que são erigidas, num processo normal e não revelador de quaisquer deficiências que deve ser tomado em conta na sua concepção e cálculo;
- As construções podem ter sido feitas com erros de execução inesperados que serão obstáculos ao seu desempenho normal em serviço e mesmo eventualmente à sua segurança;
- O decréscimo no grau de confiança que as construções de estrutura de betão armado conferem aos seus utentes pode em geral ser expresso matematicamente da seguinte forma (Evaluation and rehabilitation of Bridges, 1982)

$$g. c. = e^{\Delta_i t}$$

em que:

g.c. - grau de confiança da estrutura em geral expresso sob a forma de uma percentagem em relação aos valores de cálculo da sua capacidade resistente inicial;

t - número de anos em serviço da estrutura;

$\Delta_i$  - constante função do modo de rotura, do tipo de construção, da respectiva manutenção e de vários outros factores intangíveis.

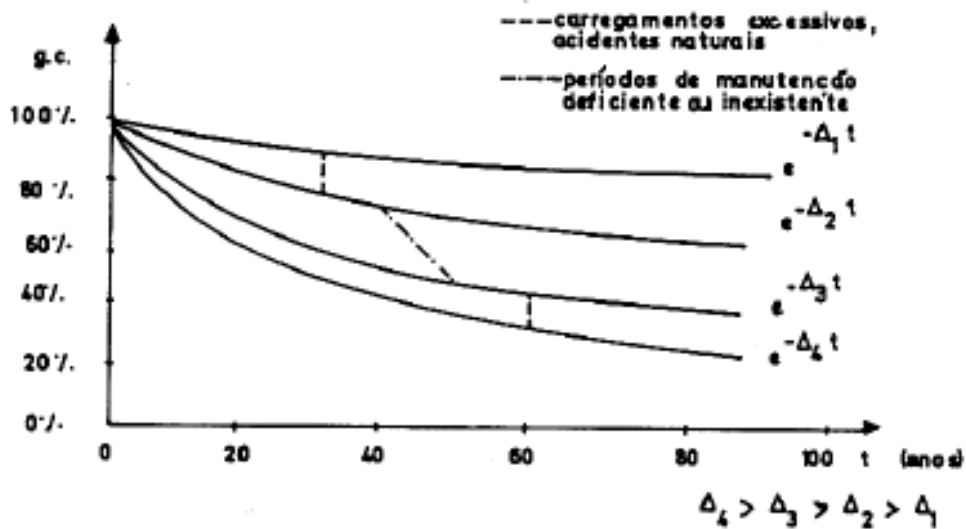


Figura 93 - Diminuição do grau de confiança da estrutura ao longo do tempo no que se refere a capacidade de carga (Brito, 2001)

A determinação dos factores  $\Delta_i$  atrás referidos só é possível através de uma análise estatística *in situ* quer dos factores de deterioração quer da intensidade dessa degradação

Apresenta-se de seguida uma listagem das principais prioridades das visitas de inspecção (Evaluation and rehabilitation of Bridges, 1982)

- Dar garantias de que a construção é segura do ponto de vista estrutural e tendo em conta a sua utilização prevista;
- Identificar eventuais fontes de problemas o mais cedo possível;
- Relatar de uma forma sistemática e periódica o estado da construção;
- Fornecer um banco de dados a projectistas, construtores ou donos das obras;
- Analisar os efeitos da alteração das cargas de serviço;
- Dar a informação necessária para a tomada de decisões sobre a forma de intervenção na construção.

A sequência e procedimento da inspecção são influenciados por um número de factores dos quais se salientam os seguintes:

- Condições da construção no que se refere à concepção e idade;
- Tamanho e complexidade da construção;
- Sobrecarga de utilização e suas consequências na deterioração da construção;
- Acessibilidade do pessoal e equipamento;
- Condições climatéricas;

- Localização geográfica;
- Métodos e documentos relacionados com a fase construtiva.

No campo da documentação, devem ser tomadas as seguintes medidas:

- Recolha sistemática e actualização de toda a documentação relevante;
- Armazenamento de todos os documentos relacionados com o planeamento, concepção e construção da edificação;
- Criação de um formulário padrão sobre inspecção de cada tipo de construção;
- Utilização da computação para recolha, armazenamento e classificação da vasta quantidade de informação;
- Criação de um cartão de registo de cada construção;
- Utilização de um sistema de microfilmagem / gravação em CD para armazenamento de informação.

Toda esta documentação deve estar acessível às pessoas integrantes do processo de criação de uma construção. Devem ser elaborados guias práticos em que se dêem regras simples que, a serem seguidas, impeçam o aparecimento dos problemas mais comuns em cada tipo de construção. Devem ser publicadas anualmente as estatísticas referentes às inspecções efectuadas de forma a alertar os diversos intervenientes para os problemas mais prementes.

#### **5.4.2 - Avaliação qualitativa**

Sempre que possível, é preferível fazer uma análise quantitativa da capacidade resistente residual da construção do que uma análise qualitativa. No entanto, nem sempre existem as condições para a realização da primeira pelas seguintes razões:

- Falta de documentos escritos sobre a construção existente;
- Necessidade de fazer uma estimativa rápida;
- Falta de verba para uma campanha de ensaios adequada;
- Falta de experiência do Engenheiro Projectista neste tipo de problemas.

Por outro lado, a determinação quantitativa da capacidade resistente residual é uma ciência ainda nos seus primeiros passos pelo que seja opinião unânime que os resultados obtidos não têm em geral uma grande fiabilidade.

A avaliação qualitativa baseia-se na classificação da construção em estudo em níveis de degradação de acordo com a causa que a provocou. Estes níveis são definidos de uma forma semi-empírica, sem terem fronteiras numericamente definidas sendo por vezes difícil distinguir os diferentes níveis. A sua definição foi fruto da análise dos bancos de dados atrás referidos. A classificação da construção é praticamente função da sua observação visual pela equipa de

peritagem pelo que existe um factor subjectivo que interessa minimizar sempre que possível através da escolha de técnicos experientes.

O Task Group 12 do C.E.B. definiu níveis de degradação de edifícios danificados pelo sismo, por incêndio ou por ataque químico e atribuiu-lhes determinadas relações de capacidade. Definiu relação de capacidade como sendo o quociente entre a capacidade resistente residual de um sistema ou elemento e a acção - efeito a que esse sistema ou elemento deveria resistir de acordo com os regulamentos em vigor.

A classificação que se vai de seguida expor (General Task Group n.º 12, 1983) é válida apenas para edifícios e está adaptada a pilares mas pode ser seguida uma classificação semelhante para lajes e vigas.

*Sismo* (Figura 94 e Tabela 4)

Nível A - fendas de flexão isoladas com larguras inferiores a 1 a 2 mm desde que um cálculo simples demonstre que estas fendas não são devidas a deficiência de armadura mas apenas a defeitos localizados;

Nível B - muitas e largas fendas de flexão ou fendas diagonais isoladas de esforço transversal (com larguras inferiores a cerca de 0.5 mm), desde que não se tenham verificado quaisquer deformações permanentes na peça;

Nível C - fendas de esforço transversal bidiagonais e/ou descasque localizado intenso do betão devido a esforço transversal e compressão, desde que não existam grandes deslocamentos residuais; fendas nos nós viga-pilar;

Nível D - o núcleo de betão rompeu, os varões das armaduras encurvaram-se por compressão (o elemento não tem continuidade mas não colapsou), desde que apenas pequenos deslocamentos residuais (quer horizontais quer verticais) tenham sido detectados; desintegração grave nos nós viga-pilar;

Nível E - colapso parcial dos elementos verticais.

Se as condições impostas acima para deslocamentos residuais não forem cumpridas, o nível de danos correspondente às restantes condições passa ao seguinte:

EDIFÍCIO	NÍVEL DE DANOS EM ELEMENTOS DE BETÃO ARMADO			
	A	B	C	D
Novo	0.95	0.75	0.45	0.15
Antigo	0.80	0.60	0.30	0.00

**Tabela 4 - Estimativa pseudo-quantitativa da relação de capacidade para elementos (Brito, 2001)**

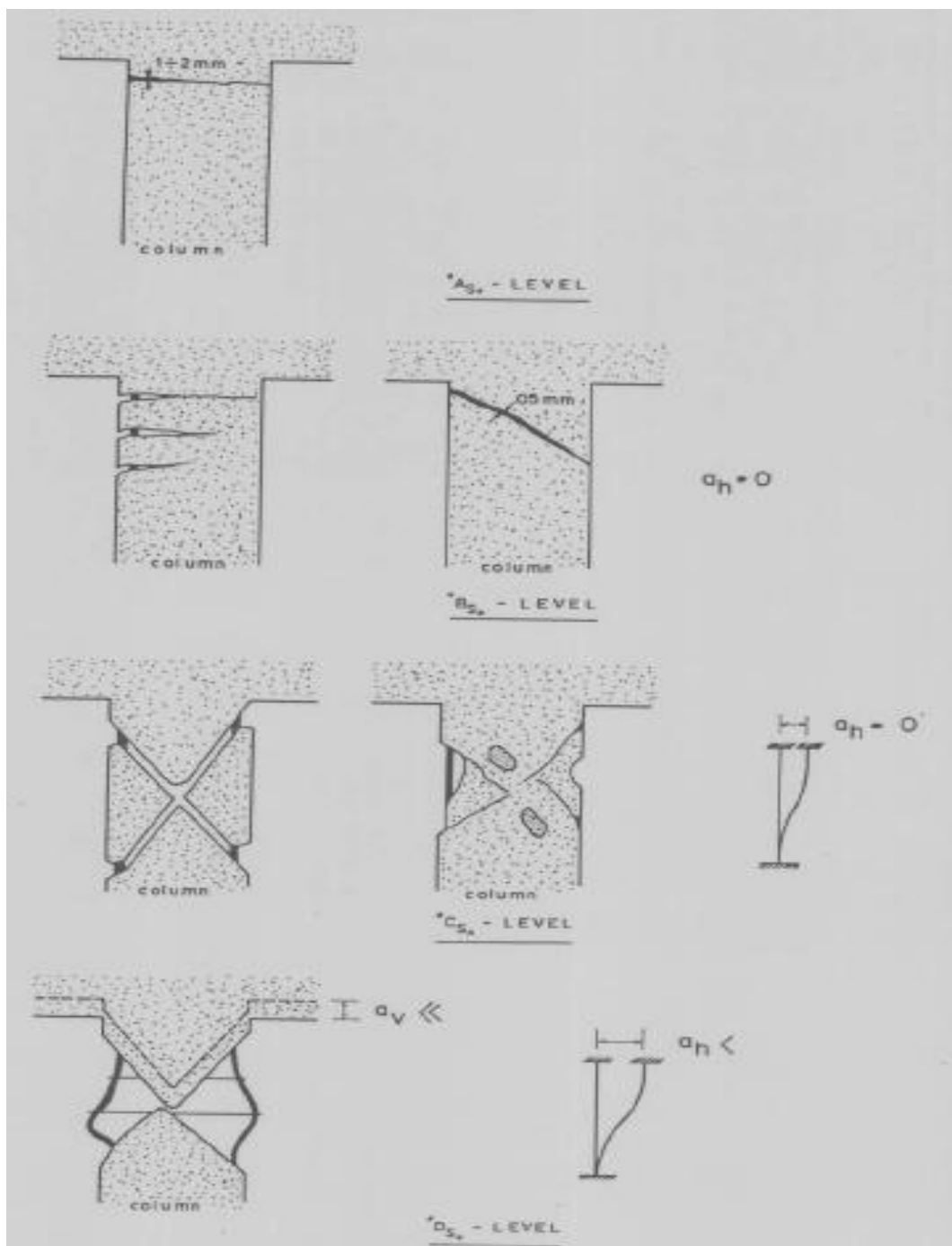


Figura 94 - Níveis de danos em pilares danificados pelo sismo (General Task Group n.º 12, 1983)

*Incêndio* (Figura 95 e Tabela 5)

Nível A - sem danos excepto algum descasque mínimo de betão ou de acabamento;

Nível B - perda substancial dos acabamentos e algum descasque de betão; a superfície do betão denota microfissuração generalizada e possivelmente uma cor amarelada ou rosa;

Nível C - os acabamentos perderam-se quase completamente, há descasque de betão em largas áreas; a superfície do betão tem possivelmente uma cor amarelada; os varões estão ainda aderentes ao betão sem mais que um varão ou até 10% da armadura principal tenha encurvado;

Nível D - danos severos; descasque generalizado deixando à vista praticamente toda a armadura; mais do que um varão ou até 50% da armadura longitudinal encurvou e o pilar pode mostrar sinais de distorção; podem existir fendas de corte (com alguns milímetros de largura);

Nível E - colapso parcial dos elementos verticais.

EDIFÍCIO	NÍVEL DE DANOS EM ELEMENTOS DE BETÃO ARMADO			
	A	B	C	D
Novo	0.95	0.80	0.65	0.40
Antigo	0.90	0.75	0.60	0.30

**Tabela 5 - Estimativa pseudo-quantitativa da relação de capacidade para elementos estruturais de edifícios danificados por incêndios (Brito, 2001)**

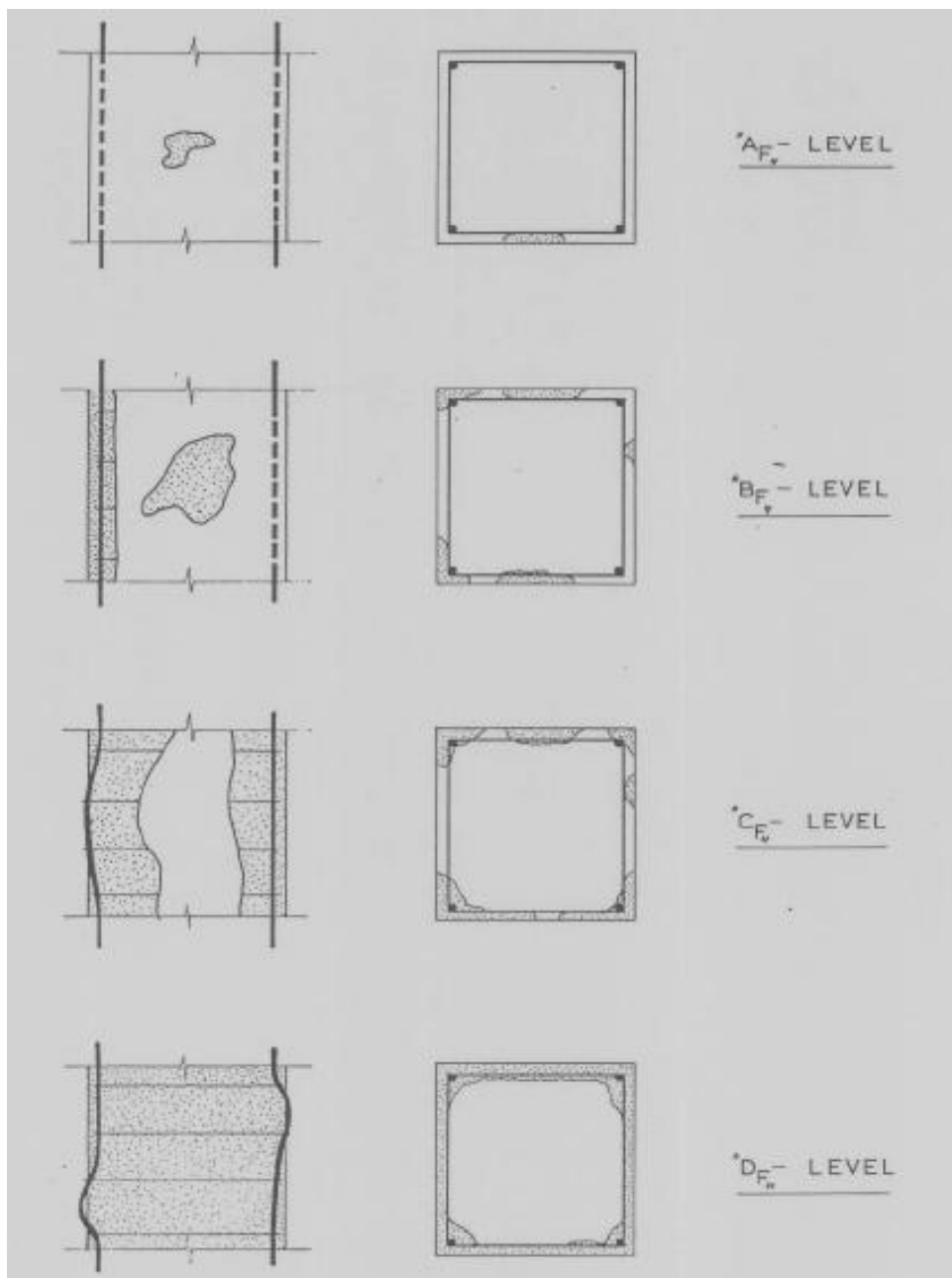


Figura 95 - Níveis de danos em pilares danificados pelo fogo (General Task Group n.º 12, 1983)

Corrosão das armaduras (Figura 96, Tabela 6 e Tabela 7)

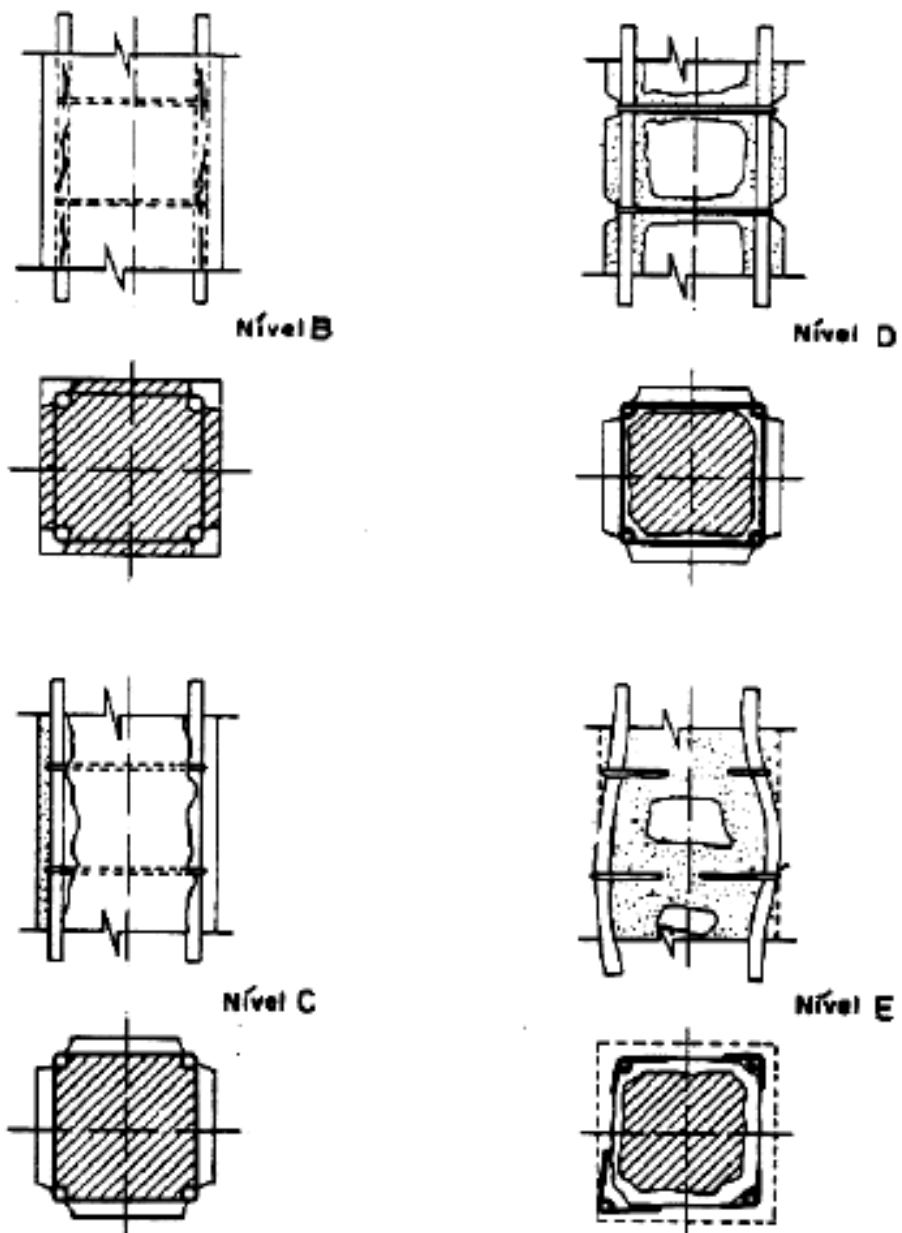


Figura 96 - Níveis de danos em pilares danificados pela corrosão das armaduras (Cánovàs, 1994)

INDICAÇÕES VISUAIS	NÍVEL DE ESTRAGOS				
	A	B	C	D	E
Mudanças de cor (*)	Manchas de ferrugem	como em A	como em A	como em A	como em A
Fendilhação	alguma longitudinal	alguma longitudinal e em estribos	extensa	como em C	como em C
Descasque		algum	extenso	em algumas zonas a armadura perdeu a sua aderência ao betão	como em D
Perda de secção da armadura ( $\Delta A_s/A_s$ )	$\leq 1\%$	$\leq 5\%$	$\leq 10\%$	$\leq 25\%$	alguns estribos rompidos; armadura principal encurvada
Deslocamentos residuais	inexistentes	como em A	como em A	possíveis	nítidos

(\*) Nem sempre estas mudanças de cor se dão; daí que esta indicação não seja um pré-requisito para a classificação dos danos

Tabela 6 - - Nível de estragos associados à corrosão das armaduras (Brito, 2001)

EDIFÍCIO	NÍVEL DE DANOS EM ELEMENTOS DE BETÃO ARMADO			
	A	B	C	D
Novo	0.95	0.80	0.60	0.35
Antigo	0.85	0.70	0.50	0.25

Tabela 7 - Estimativa pseudo-quantitativa da relação de capacidade para elementos estruturais de edifícios danificados por ataque químico

Esta classificação pode ser uma excelente ferramenta para o Engenheiro Projectista sem experiência no assunto e que não pretende grande rigor na avaliação estrutural. Permite também determinar o máximo tempo de espera antes da implementação de medidas de intervenção. Este tempo diminuirá conjuntamente com a relação de capacidade da estrutura.

### 5.4.3 - Avaliação quantitativa

A avaliação quantitativa da capacidade resistente residual das construções de estrutura de betão armado pode ser feita fundamentalmente por dois processos:

- Por cálculo analítico - só possível quando todos os dados de base são conhecidos ou podem ser estimados com um rigor suficiente; para se conseguir a mesma probabilidade de ruína em construções existentes que a que é conseguida na

regulamentação em vigor para construções novas, seria necessária uma adaptação dessa mesma regulamentação;

- Por ensaios *in situ* - o rigor neles atingido deixa em geral bastante a desejar pelo que os resultados devem ser analisados com as reservas daí decorrentes; no entanto, podem servir como uma medida complementar ao cálculo analítico.

Os ensaios *in situ* foram já analisados extensivamente noutro documento no âmbito deste curso, pelo que apenas se referirão aqui os métodos de cálculo analítico.

A via mais formal para a estimação das características estruturais residuais (rigidez, resistência, ductilidade) dos elementos de betão armado sujeitos à flexão seria a determinação dos diagramas momentos - curvatura que por sua vez dependem das relações constitutivas dos materiais. Uns e outras podem ser alterados em relação ao cálculo ordinário fundamentalmente por três tipos de razões:

- *Influência das acções mecânicas* - só é significativa para acções que introduzam tensões nos materiais muito próximas dos seus valores de cedência e que ocorram com alguma frequência e alternância de sinal; o principal problema não é propriamente a deterioração das características mecânicas dos materiais mas sim a redução da secção resistente do elemento por desagregação do betão entre as armaduras e consequente encurvadura das armaduras à compressão e perda de rigidez;
- *Influência do fogo* - em termos da resistência dos materiais; a aderência aço-betão não é praticamente afectada até aos 300 °C sofrendo a partir daí uma degradação progressiva até se anular cerca dos 600 a 800 °C; a temperatura crítica da aderência aço-betão é entre 200 e 400 °C inferior à temperatura crítica de compressão para o mesmo betão;
- *Influência da corrosão das armaduras e do ataque químico do betão* - a corrosão das armaduras não altera significativamente a resistência residual da secção não corroída ainda que se note uma ligeira diminuição; diminui no entanto a secção útil dos varões e a ductilidade do aço e torna-o mais frágil nomeadamente à fadiga; a aderência aço-betão diminui drasticamente quando a expansão dos produtos da corrosão faz estalar o betão do recobrimento; o ataque químico do betão no seu sentido mais lato faz diminuir a sua resistência.

Com base nas novas relações constitutivas e por recurso a programas elaborados de cálculo automático, obtêm-se as curvas momentos - curvatura da construção existente. Este sistema implica um grande esforço de cálculo baseado em hipóteses muito falíveis e de difícil aferição. Uma dificuldade adicional neste tipo de análise tem a ver com a influência que a história do carregamento tem na capacidade resistente residual (particularmente importante nas estruturas sujeitas a incêndios).

A avaliação não está completa enquanto não se atender às redistribuições de esforços.

Estas devem-se fundamentalmente a duas razões: a acção accidental localizada e/ou a deterioração natural da estrutura que provocou a necessidade da sua avaliação; as acções de reparação / reforço.

Os danos estruturais ao longo do tempo traduzem-se na prática numa diminuição da rigidez de flexão (EI), de corte (GA') ou axial (EA) das secções mais danificadas. Da análise estatística (General Task Group n.º 12, 1983) de diversas estruturas conclui-se que a redistribuição de todos os esforços em estruturas reticuladas de betão armado é praticamente desprezável para modificações na rigidez de flexão até aos 50%. Para maiores níveis de danos e em particular se se formarem rótulas plásticas, as redistribuições são bastante maiores. Verifica-se também que a redistribuição é menor em vigas que em pilares e só necessita de ser considerada para níveis de estragos maiores. A redistribuição para esforços normais é praticamente desprezável.

As acções de reparação / reforço provocam redistribuição de esforços quer na fase de escoramento quer quando se substituem elementos danificados por novos alterando ou não as suas dimensões. Deve também tomar-se em conta a possível variação do período de vibração da estrutura.

Neste tipo de situações, há que tomar em conta algumas incertezas adicionais referentes não só aos modelos de comportamento da estrutura mas também às probabilidades de rotura aceitáveis e à qualidade dos materiais quer novos quer antigos. Estas incertezas são quantificadas de uma forma semi-empírica através dos seguintes coeficientes (General Task Group n.º 12, 1983):

- Coeficientes  $\gamma_n$  de correcção dos modelos de resistência para reparações e reforços;
- Coeficientes  $\gamma_f$  de correcção dos esforços a considerar no cálculo;
- Coeficientes  $\gamma_m$  de correcção das capacidades resistentes dos materiais.

O estado actual do conhecimento não permite uma estimativa completa e com uma filosofia coerente dos factores parciais de segurança modificados para utilização em redimensionamento. Daí que em muitos casos a única alternativa seja o recurso ao know-how que é conferido pela experiência. Em face das muitas incertezas envolvidas e do reduzido custo da intervenção nos casos correntes quando comparado com os da demolição e reconstrução, uma análise pessimista da capacidade resistente residual da estrutura tem sempre razão de ser. Por outras palavras, deve-se utilizar coeficientes de segurança adicionais sempre que surjam dúvidas sobre as hipóteses de cálculo utilizadas. Esta atitude deve ser estendida à avaliação estrutural em geral.

## CAPÍTULO VI – CONCLUSÕES

Pretendeu esta dissertação trazer um pouco de luz quanto a uma das questões que mais marcam urbanisticamente a cidade da Covilhã: o abandono do património fabril edificado ao longo de séculos no perímetro urbano da cidade. A solução aqui apresentada defende a reconversão dos espaços como forma de garantir uma melhor qualidade de vida aos afectados pela sua existência e também como solução para que se evite uma crescente impermeabilização dos solos.

No caso do edifício escolhido, em que a solução passa por transformá-lo em mais uma instalação da Universidade da Beira Interior, foi possível efectuar já algum estudo das patologias mais visíveis do edifício, embora haja ainda muito a fazer, nomeadamente a realização de ensaios para avaliar a capacidade de carga da estrutura. Estes são de importância fulcral para a elaboração de um projecto futuro, uma vez que os registos da construção, embora existentes, revelam-se não exactamente coincidentes com o que se pode encontrar no edifício e a qualidade dos materiais utilizados na estrutura de betão armado é duvidosa. É relevante ainda a intensa utilização que o edifício sofreu, sobretudo no que concerne à existência de maquinaria industrial pesada.

Com a elaboração deste estudo fica presente a necessidade e a importância de se constituir uma equipa pluridisciplinar para que se possa elaborar um projecto de reabilitação que vise todas as imensas e complexas áreas que uma obra destas abrange. São necessários arquitectos que coordenem o sentido estético e que dominem as questões do planeamento urbano, engenheiros e técnicos das mais diversas áreas: topógrafos e outros especialistas em sistemas de informação geográfica para que se proceda a um exaustivo levantamento do edifício e área circundante; geotécnicos para garantir a estabilidade do solo e desenvolver soluções que permitam adequar a estrutura já existente às novas solicitações; especialistas em explosivos, uma vez que o solo da região é predominantemente rochoso; especialistas em estruturas, sobretudo vocacionados para a área da reabilitação e reforço estrutural para que se consiga executar um projecto proficiente; peritos em materiais e técnicas de construção de modo a que sejam respeitados os materiais já existentes e se concebam as melhores soluções para evitar patologias futuras devidas à incompatibilidade de materiais, algo tão comum em obras de reabilitação; especialistas em sismica, pois dada a localização de Portugal é fundamental que esta questão não seja deixada ao acaso. Uma equipa tão extensa precisa acima de tudo de um bom líder, alguém que consiga conciliar as diversas equipas, com visão e sensibilidade suficientes para coordenar e resolver não só as questões básicas previsíveis, mas acima de tudo os imprevistos do dia-a-dia.

## BIBLIOGRAFIA

**Appleton, João A.S. 2003.** *Reabilitação de Edifícios Antigos – Patologias e Tecnologias de Intervenção*. Lisboa : Orion, 2003.

**Arquivo Municipal Covilhã. 1966.** *Licença para obras*. 967-A/46-17.516/126344, 1966.

**Ashurst, John e Ashurst, Nicola. 1988.** *Practical Building Conservation - Volume 1: Stone Masonry*. Hants : Gower Technical Press, Ltd, 1988. 0-291-39745-X.

—. **1988.** *Practical Building Conservation - Volume 3: Mortars, Plasters & Renders*. Hants : Gower Technical Press, Ltd, 1988. 0-291-39747-6.

**Beiralã Lanifícios, S.A.** [www.beirala.com/](http://www.beirala.com/). [www.beirala.com/](http://www.beirala.com/). [Online] meiotom. [http://www.beirala.com/cons\\_fiacao\\_penteado.htm](http://www.beirala.com/cons_fiacao_penteado.htm).

**Brito, Jorge de. 2001.** *Apontamentos da cadeira de Inspeção e Reabilitação das Construções*. Coimbra : FCTUC, 2001.

**Buildings, Looking at.** [www.lookingatbuildings.org.uk](http://www.lookingatbuildings.org.uk). [www.lookingatbuildings.org.uk](http://www.lookingatbuildings.org.uk). [Online] qedStudio. <http://www.lookingatbuildings.org.uk/cities/manchester/an-introduction/industrial-manchester.html?type=0>.

**Cánovàs, M. Fernandez. 1994.** *Patología y Terapéutica del Hormigón Armado*. Madrid : Editorial Dossat, 1994.

*Carta de Atenas.* **ICOMOS. 1931.** 1931.

*Carta de Veneza.* **ICOMOS. 1964.** 1964.

**Castro, Elda de. 1984.** *A conservação de monumentos em pedra. Estado actual dos conhecimentos*. Lisboa : LNEC, 1984. M 627.

**Central, Agência Literária e Tabacaria.**

**Cóias, Vítor. 2007.** *Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos*. [ed.] GECORPA. Lisboa : Argumentum, 2007. 978-972-8479-40-9.

*Concrete Repair and Maintenance.* **Emmons, Peter H. 1988.** Kingston : R. S. Means Company, 1988.

**Correia, Foto.**

**Costa, Bruno. 2009.** TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO DE ALVENARIAS (Versão Preliminar). Covilhã : s.n., 2009. Apontamentos da cadeira de Reabilitação e Reforço Estrutural UBI.

*Documento Introdutório do Tema - Patologia da Construção.* **Vasconcelos de Paiva, J. 1985.** Lisboa : s.n., 1985. 1º Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios de Habitação.

**Estrela, Foto.** Covilhã : s.n.

*Evaluation and rehabilitation of Bridges.* **Lebek, D. E. 1982.** Toronto : s.n., 1982. Short and Medium Span Bridges.

**Fernandes, Afonso. 1986.** *Qualidade dos materiais e componentes da construção.* Lisboa : LNEC, 1986. M 672.

**General Task Group n.º 12. 1983.** Assessment of Concrete Structures and design Procedures for. [ed.] Comité Européen du Béton. *CEB Bulletin n.º 166.* 1983.

**Jagoda, Karol e Górski, Marcin. 2010.** Analiza wpływu zmian użytkowania wieży wyciągowej Szybu Krystyna na wytrzymałość konstrukcji. 2010.

**Lanifícios, Museu dos.** Leitão & Quintella / Francisco Mendes Alçada (Ultimação Estrela). Covilhã : Universidade da Beira Interior.

**Lifelong Educational Project on Brownfields. 2006.** *Brownfields Handbook.* LEONARDO DA VINCI PILOT PROJECT CZ /04/B/F/PP-168014, European Commission. Europe : European Commission, 2006. Handbook.

*Mercado da reabilitação em Portugal vale 200 mil milhões de euros.* **Pinto, Luísa. 2010.** Economia, Lisboa : Jornal "Público", 12 de Janeiro de 2010, Público.

**Moderna, Pharmacia.**

**NEVE, COVILHÃ CIDADE.** <http://cidadedacovilha.blogs.sapo.pt/>. *COVILHÃ CIDADE NEVE.* [Online] <http://cidadedacovilha.blogs.sapo.pt/2711.html>.

**Pereira, Vasco e Martins, João Guerra. 2005.** *Reabilitação - Materiais e Técnicas de Construção Tradicionais.* Porto : Universidade Fernando Pessoa, 2005.

**Portugal. 2000.** *Regulamento de Segurança e Acções Para Estruturas de Edifícios e Pontes.* Porto : Porto Editora, 2000. ISBN 9720068043.

**Quintella, Arthur de Moura. 1899.** *"Subsidios para a monographia da Covilhan".* Covilhã : s.n., 1899.

**Roque, J.A. 2002.** Reabilitação Estrutural de Paredes Antigas de Alvenaria. *Tese de Mestrado.* Universidade do Minho : s.n., Setembro de 2002. Reabilitação Estrutural.

**Urban75.** <http://www.urban75.org/>. <http://www.urban75.org/photos/wales/cardiff-bay-docks.html>. [Online] <http://www.urban75.org/photos/wales/cardiff-bay-docks.html>.

**Warner, R. F. 1981.** Strengthening, Stiffening and Repair of Concrete Structures. *IABSE Periodica 2/1981.* 2, 1981.

# ANEXOS