

# **EVOLUÇÃO DAS SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO RECENTE NOS AÇORES MOTIVADA PELA ACTIVIDADE SÍSMICA**

**FRANCISCO MOTA VIEIRA RODRIGUES DA CÂMARA**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**Mestre em Engenharia Civil — Especialização em Construções**

---

Orientador: Professor Doutor Hipólito José Campos de Sousa

JANEIRO DE 2010

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2009/2010**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2009/2010 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010.*

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

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

Aos meus Pais,

*"Como homens estamos soldados historicamente ao povo de onde viemos e enraizados pelo habitat a uns montes de lava que soltam da própria entranha uma substancia que nos penetra. A geografia, para nós, vale outro tanto como a história"*

*Vitorino Nemésio*



## **AGRADECIMENTOS**

A realização deste trabalho contou a diversos níveis com a colaboração indispensável de algumas pessoas, umas de forma directa, outras de forma indirecta que muito contribuíram para o resultado final a quem o autor não pode deixar de manifestar o seu profundo e sincero agradecimento.

- Ao orientador da dissertação, o Professor Doutor Hipólito de Sousa, um especial obrigado pela disponibilidade, orientação, rigor e exigência constantes ao longo de todo o processo. As opiniões e conselhos partilhados foram elementos fundamentais e decisivos para a conclusão deste trabalho.

- Ao Excelentíssimo Secretário Regional da Ciência, Tecnologia e Equipamentos, Dr. José Contente, agradeço a sua disponibilidade e informações cedidas, sem as quais não seria possível realizar este trabalho.

- Aos Engenheiros Mário Rouxinol Fragoso e Fernando Abreu agradeço o apoio, a atenção, a disponibilidade, a informação cedida e os conhecimentos transmitidos que foram essenciais para o cumprimento dos objectivos.

- Ao Arquitecto Pedro Mosca agradeço pela sua amizade, atenção, disponibilidade, conselhos, opiniões e conhecimentos que sempre partilhou comigo.

- Ao Dr. Carlos Veloso, Presidente da Escola Roberto Ivens, agradeço a disponibilidade demonstrada e o facto de ter facilitado o acesso ao projecto e a recolha de imagens.

- Aos meus colegas e amigos da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, em especial ao João Pupo e João Melim, agradeço pela troca de impressões, sugestões e apoio incondicional.



## **RESUMO**

A actividade sísmica é um fenómeno natural e incontrolável que desde sempre tem provocado um rasto de destruição completamente avassalador e sobre o qual o Homem se sente totalmente impotente.

O Arquipélago dos Açores localiza-se uma zona de intensa actividade sísmica, devido à sua actividade vulcânica e ao seu enquadramento geotécnico. A sua população enfrenta periodicamente crises sísmicas de alguma intensidade que têm provocado a destruição de várias cidades e freguesias. Como facilmente se depreende, estas ocorrências sísmicas regulares colocam a população local sob um espectro de preocupação quanto à segurança das suas casas que, tratando-se a maioria delas de edifícios de construção tradicional, são as mais susceptíveis de serem afectadas pela recorrente actividade sísmica açoriana.

Neste contexto pretende-se descrever a construção tradicional e as patologias provocadas pelas crises sísmicas, designadamente as mais próximas, bem como apresentar e discutir as técnicas usadas na reabilitação de edifícios na sequência dos Sismos de 1980 e 1998, de forma a avaliar a adaptação das práticas construtivas ao reforço da resistência sísmica dos edifícios. Para o efeito analisam-se seis casos de estudo de reabilitação de edifícios levados a cabo da década de 80 até à actualidade.

**PALAVRAS-CHAVES:** Sismo, Construção Tradicional, Reabilitação, Segurança Anti-sísmica.



## **ABSTRACT**

The earthquake activity is a natural and uncontrollable phenomenon that has always caused an overwhelming path of destruction, in face of which Man has always felt totally helpless.

The Azores archipelago is located in a zone of intense seismic activity due to its geotechnical situation and volcanic activity. The Azorean population regularly faces seismic crisis of some intensity that have caused the destruction of several towns and civil parishes. As one may conclude, due to these regular seismic occurrences, a pall of fear hangs over the local population that lives concerned with the security of their houses. Because the majority of these houses were built with traditional techniques, they are more susceptible of being affected by the recurring Azorean seismic activity.

In this context, the work aims to describe the traditional construction techniques and the pathologies provoked by the more recent seismic crisis, as well to present and discuss the techniques used in the buildings rehabilitation, following the earthquakes of 1980 and 1998, so that the adaptation of the constructive practices and the strengthening of the seismic resistance of buildings can be evaluated. Having that in mind, six case studies of building rehabilitation made in a period of time that spans from the 1980's until now were analyzed.

**KEYWORDS:** Earthquake; Traditional Construction, Rehabilitation, Seismic Concerns.



## ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	i
<b>RESUMO</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. ÂMBITO .....	1
1.2. OBJECTIVOS .....	2
1.3. ORGANIZAÇÃO ESTRUTURAL DO TRABALHO .....	2
<b>2. ENQUADRAMENTO</b> .....	5
2.1. GEOGRAFIA .....	5
2.2. ORIGEM E SISMOLOGIA .....	6
2.2.1. DESCRIÇÃO .....	6
2.2.2. REGULAMENTAÇÃO SÍSMICA .....	11
2.3. CLIMA .....	12
2.3.1. DESCRIÇÃO .....	12
2.3.2. REGULAMENTAÇÃO TÉRMICA .....	13
2.4. RECURSOS NATURAIS .....	14
2.4.1. GEOLOGIA .....	15
2.4.2. CIRCUITO DAS MATÉRIAS-PRIMAS .....	16
2.4.3. CARACTERIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO TRADICIONAL .....	17
2.4.4. MATERIAIS .....	19
2.4.5. ELEMENTOS ESTRUTURAIS .....	20
2.4.6. ESTILO MICAELENSE .....	24
2.5. SECTOR DA CONSTRUÇÃO .....	25
<b>3. SISMOS 1980 E 1998</b> .....	27
3.1. ILHA TERCEIRA .....	27
3.1.1. O SISMO .....	28
3.1.2. DESTRUIÇÃO .....	28
3.1.3. RECONSTRUÇÃO/REABILITAÇÃO .....	34

<b>3.2. ILHA DO FAIAL</b> .....	40
3.2.1. O SISMO .....	41
3.2.2. DESTRUIÇÃO .....	42
3.2.3. RECONSTRUÇÃO/REABILITAÇÃO .....	45
<b>3.3. NOTAS FINAIS</b> .....	52
<b>4. CASOS DE ESTUDO</b> .....	53
<b>4.1. INTRODUÇÃO</b> .....	53
<b>4.2. PROJECTOS</b> .....	54
4.2.1. MORADIA UNIFAMILIAR A .....	55
4.2.2. ECOTECA DE VILA DO PORTO .....	57
4.2.3. ESCOLA ROBERTO IVENS .....	59
4.2.4. IGREJA DO COLÉGIO .....	61
4.2.5. BIBLIOTECA PÚBLICA E ARQUIVO REGIONAL DE PONTA DELGADA .....	63
4.2.6. MORADIA UNIFAMILIAR B .....	64
<b>4.3. NOTAS FINAIS</b> .....	65
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	69
<b>5.1. CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	69
<b>5.2. DIFICULDADES SENTIDAS NO DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO</b> .....	70
<b>5.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS</b> .....	70
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	73

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Fig. 2.1 - Mapa do Arquipélago dos Açores .....	5
Fig. 2.2 - Localização das Placas Litosféricas .....	7
Fig. 2.3 - Sismos com Intensidade Superior a VII .....	9
Fig. 2.4 - Exemplos da destruição dos Sismos de 1980 e 1998 .....	10
Fig. 2.5 - Aplicações do Basalto: Guias de Passeios; Revestimento de Pavimentos; Escultura; Exemplo de Ignimbritos (Igreja São Pedro, São Miguel); Exemplo de Traquitos (Edifício dos Passos do Concelho) .....	16
Fig. 2.6 - Forno de Cal, concelho de Lagoa (propriedade da família Barbosa) .....	17
Fig. 2.7 - Aldeia do Sanguinho .....	18
Fig. 2.8 - Parede de pedra aparelhada e muro divisório de pastagens. ....	18
Fig. 2.9 - Casa urbana nobre e Mirante .....	19
Fig. 2.10 - Esquema de Parede de Alvenaria de Pano Duplo .....	23
Fig. 2.11 - Chaminé típica, varanda tradicional.....	23
Fig. 2.12 - “O Estilo Micaelense” .....	24
Fig. 2.13 - Gráfico Licenças Concedidas, Edifícios Concluídos e Reabilitações Concluídas .....	25
Fig. 3.1 - Carta de isossistas do sismo da ilha Terceira .....	28
Fig. 3.2 - Aspecto da cidade de Angra do Heroísmo após sismo .....	29
Fig. 3.3 - Distribuição esquemática dos danos observados em Angra do Heroísmo .....	29
Fig. 3.4 - Relação entre critérios de classificação dos danos .....	30
Fig. 3.5 - Destruição e separação de canto/cunhal.....	31
Fig. 3.6 - Esquema de Abóbada Cilíndrica .....	32
Fig. 3.7 - Abóbada cilíndrica; Esmagamento de Pilar .....	32
Fig. 3.8 - Esquema das patologias em coberturas .....	33
Fig. 3.9 - Cobertura suportada por paredes divisórias de tabique; Cobertura com bom comportamento; Abatimento do tecto .....	33
Fig. 3.10 - Palácio dos Bettencourts e Igreja de São Pedro .....	34
Fig. 3.11 - Escoramento de pavimento e de fachada; Atirantamento de Cunhal .....	35
Fig. 3.12 - Demolições .....	35
Fig. 3.13 - Carta de isossistas do sismo das Ilhas Faial .....	41
Fig. 3.14 - Destruição presente na Ilha do Faial .....	42

Fig. 3.15 - Destacamento das paredes exteriores com parede interiores em madeira de suporte à cobertura; Colapso da zona de canto .....	44
Fig. 3.16 - Danos ocorridos em arcos; Rotura do frontão da fachada; Danos em torre sineira.....	45
Fig. 3.17 - Cobertura de uma igreja, tirante realizado através da asna .....	51
Fig. 4.1 - Moradia Unifamiliar A .....	55
Fig. 4.2 - Cinta de coroamento e vista em corte e planta da parede na zona da cornija .....	56
Fig. 4.3 - Corte esquemático da parede com reboco armado e esquema de ligadores em quincôncio .....	56
Fig. 4.4 - Ecoteca de Vila do Porto .....	57
Fig. 4.5 - Estrutura de cobertura “antiga” e nova metálica .....	58
Fig. 4.6 - Reboco Armado com ligadores de chpa em quincôncio .....	58
Fig. 4.7 - Planta Estrutural do tecto do piso 0 e corte da laje térrea .....	59
Fig. 4.8 - Fachada da Escola Roberto Ivens .....	59
Fig. 4.9 - Corte da vala de fundação .....	60
Fig. 4.10 - Esquema das pregagens nas paredes ortogonais e aspecto exterior da fachada nas zonas de furação .....	60
Fig. 4.11 - Fachada da Igreja do Colégio .....	61
Fig. 4.12 - Planta Igreja do Colégio .....	62
Fig. 4.13 - Alçado nascente evidenciando os contrafortes .....	62
Fig. 4.14 - Ligadores de “Dywidag” .....	63
Fig. 4.15 - Biblioteca Pública e Arquivo Regional de Ponta Delgada .....	63
Fig. 4.16 - Aspecto da moradia antes da obra .....	64
Fig. 4.17 - Moradia após obra .....	65

## **ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 2.1 - Características das Ilhas dos Açores .....	6
Tabela 2.2 - Descrição da Escala de Mercalli modificada .....	7
Tabela 2.3 - Relação Intensidade, Magnitude, Efeitos e Ilhas .....	8
Tabela 2.4 - Intervalo de Retorno de Sismos .....	10
Tabela 2.5 - Coeficientes de transmissão térmica de referência .....	14
Tabela 2.6 - Recursos Geológicos e sua aplicabilidade .....	15
Tabela 2.7 - Tipos de argamassas .....	19
Tabela 2.8 - Características dos Elementos Estruturais .....	20
Tabela 3.1 - Soluções de Reabilitação Utilizadas no Sismo de 1980 .....	37
Tabela 3.2 - Ficha de Quantificação dos Danos .....	43
Tabela 3.3 - Soluções de Reabilitação Utilizadas no Sismo de 1998 .....	47
Tabela 4.1 - Síntese dos casos de estudo .....	54
Tabela 4.2 - Síntese das técnicas anti-sísmicas por elementos estruturais .....	66
Tabela 4.3 - Comparativo das técnicas anti-sísmicas.....	68



# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. ÂMBITO

O tema do presente trabalho surge no âmbito da naturalidade do autor e das suas preocupações com a construção nos Açores, nomeadamente ao nível do comportamento sísmico dos edifícios. O que associado à crescente importância que a reabilitação tem assumido no sector da construção e do planeamento conduziu ao tema do estudo. Ao realizar um estudo desta natureza é fundamental perceber o contexto Açoriano, enquadrar a sua localização, natureza e história. É necessário perceber o verdadeiro conceito da limitação essencial da condição humana, os aspectos físicos, culturais e mentais deste Povo isolado no meio do Atlântico, fruindo das vantagens e sofrendo das desvantagens inerentes, com chuvas e ventos comandados pelo próprio anticiclone, vítima das incontáveis forças naturais que deram origem a estas Ilhas e, que embora ainda hoje as façam crescer, a verdade é que em escassos segundos tudo podem devastar. O próprio conceito de açoreidade que Nemésio defende, aborda que boa parte das crónicas é preenchida com os relatos de funestos desastres naturais: erupções vulcânicas, tremores de terra, ciclones, cheias e grandes maresias e daí parte para afirmar que, para a “nossa” identidade humana e cultural, a geografia é tão importante como a história.

Se por um lado o contexto Açoriano assume um protagonismo primordial neste trabalho, por outro a necessidade de reabilitar é um imperativo da sociedade actual. O trabalho desenvolvido resulta da conjugação entre a necessidade de reabilitar, devido à degradação e despovoamento dos centros históricos, e à obrigatoriedade de incluir técnicas anti-sísmicas nas reabilitações realizadas no Arquipélago. A falta de preocupações desta natureza conduz à perda do património, que representa parte de nós, parte da nossa cultura e tradições, e por outro limita sustentabilidade da envolvente, levando a um excesso de ocupação do solo. Embora este último factor possa parecer pouco pertinente, a verdade é que condiciona significativamente o futuro destas ilhas, cujo valor assenta na riqueza natural das suas paisagens.

O presente trabalho valoriza a descrição do Arquipélago, mais do que o seu contexto, pretende demonstrar a sua verdadeira dimensão, a riqueza dispersa por nove ilhas, descrevendo a geografia, a origem, o clima, os recursos naturais e os materiais tradicionais que durante séculos fizeram crescer e desenvolver os Açores. Naturalmente, que a descrição da envolvente sismológica assumiu um lugar e um cuidado especial. O poder desta actividade natural influencia significativamente a forma de viver, de pensar e de agir deste Povo, o que se manifesta desde sempre na sua forma de construir.

A descrição dos Sismos de 1980 e de 1998, nas Ilhas Terceira e Faial respectivamente, demonstra bem o poder de destruição deste fenómeno natural e clarifica a necessidade existente de incluir técnicas anti-sísmicas nas reabilitações realizadas no Arquipélago. Esta descrição aborda sucintamente o movimento sísmico, nomeadamente a localização do epicentro, a direcção predominante, a intensidade e a

magnitude, e de uma forma mais exhaustiva o nível de destruição verificado. Assim, a quantificação dos danos ocorridos e a descrição das técnicas adoptadas permitem perceber a evolução das soluções de reabilitação anti-sísmica e a sua comparação com os conhecimentos actuais.

## **1.2. OBJECTIVOS**

O presente trabalho tem como objectivo descrever a construção tradicional Açoriana e perceber de que forma a intensa actividade sísmica existente na região se traduz em preocupações de reforço estrutural. Para o efeito reúne-se e sintetizam-se as características da construção tradicional, abordando aspectos de carácter estrutural e arquitectónico. Esta descrição inclui o enquadramento da Região em todas as suas vertentes, desde a geografia ao clima, passando pela caracterização exhaustiva da forte intensidade sísmica que assola o arquipélago. A sismicidade apresenta um grande protagonismo neste trabalho e como tal descrevem-se os últimos dois grandes sismos que atingiram a região, quer o nível de destruição registada, como as técnicas de reabilitação e reconstrução utilizadas. Os sismos de 1980 na Ilha Terceira e de 1998 na Ilha do Faial permitem perceber de que modo a forte intensidade sísmica existente na região condiciona a forma de viver e de construir deste Povo.

A análise de alguns casos de estudo permitiu verificar se, presentemente, os projectos de reabilitação estão a ter em conta preocupações de segurança anti-sísmica e perceber quais as técnicas que melhor se adaptam à realidade Açoriana. A caracterização das técnicas executadas nos casos de estudo permite comparar e criticar a evolução tecnológica verificada desde a década de 1980. Contudo, verificaram-se algumas dificuldades na obtenção da totalidade dos projectos, o que condicionou o trabalho desenvolvido.

O objectivo principal deste trabalho converge na necessidade de perceber de que forma as crises sísmicas retratadas contribuíram para um aumento das preocupações de segurança sísmica em obras de reabilitação.

## **1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO**

O presente trabalho inicia-se com este capítulo introdutório, onde se definem os pressupostos iniciais, o âmbito, a metodologia e os objectivos a alcançar. Para além deste capítulo, a tese está organizada noutros 4 capítulos.

No capítulo 2 contextualiza-se a realidade Açoriana, descrevendo aspectos relacionados com a sua geografia, origem, sismologia, clima, recursos naturais e construção tradicional. Pretende-se transmitir a noção do que é ser Ilhéu, dos condicionantes que representa na forma de ser e de estar de uma população. Caracteriza-se pormenorizadamente a construção tradicional e o modo como se defendem do destino e da força da natureza.

O capítulo 3 tem como objectivo caracterizar os Sismos de 1980 e de 1998, como tal inicia-se com um pequeno enquadramento das ilhas onde ocorreram e de uma breve descrição sobre o movimento sísmico. Maior destaque merece a descrição dos danos ocorridos e das técnicas de reabilitação e reconstrução que foram adoptadas, permitindo compreender as dificuldades sentidas numa situação de calamidade desta natureza.

No capítulo 4 são apresentados seis casos de estudo, de tipologias e naturezas distintas, com o objectivo de obter uma amostra diversificada. Esta amostra variada permite obter uma noção mais exacta das técnicas reabilitação utilizadas na Região e uma melhor percepção do nível de segurança conferido às

reabilitações. Assim, as soluções presentes nos projectos analisados são caracterizadas e criticadas com a intenção de realizar um conjunto de boas práticas para a reabilitação anti-sísmica.

Por fim o capítulo 5 constitui a fase final do documento e corresponde à enumeração das principais conclusões. É igualmente apresentado um conjunto de sugestões para desenvolvimentos futuros que a presente análise suscita.



# 2

## ENQUADRAMENTO

Para enquadrar e definir o contexto açoriano é necessário descrever a sua geografia, perceber as características do território, a sua fisionomia e cultura. À semelhança de qualquer povo limitado pelo mar, o Povo Açoriano apresenta uma cultura muito própria e característica, atribuindo uma grande importância aos recursos naturais e às suas capacidades. Este capítulo pretende caracterizar globalmente os Açores, desde a sua geografia até sua construção tradicional, passando pela sua génese, história, recursos naturais e litológicos. Dada a relevância da sismologia no arquipélago, a sua caracterização é alvo de especial cuidado.

### 2.1. GEOGRAFIA

O Arquipélago dos Açores localiza-se em pleno Atlântico, entre a América do Norte e a Europa, a 1400 quilómetros de Lisboa e a 3900 de Nova Iorque, apontado por alguns investigadores como vestígios da lendária Atlântida, Figura 2.1. Possui uma área total de aproximadamente 2345km<sup>2</sup>, dividida por nove ilhas espalhadas segundo uma diagonal, sentido Sudeste-Noroeste, ao longo de 324 milhas marítimas, agrupadas em três grupos de acordo com a sua proximidade: Grupo Oriental – ilhas de Santa Maria e São Miguel; Grupo Central – ilhas Terceira, Graciosa, São Jorge, Pico e Faial; Grupo Ocidental – ilhas de Flores e Corvo.



Figura 2.1 – Mapa do Arquipélago dos Açores [1]

Na Tabela 2.1 é possível comparar as características gerais do arquipélago e perceber a sua dimensão quer a nível de população quer de área por ilha, percebendo-se a dificuldade que é integrar nove ilhas num só Arquipélago, a necessidade de criar infraestruturas sociais de modo equitativo e progressivo.

Tabela 2.1 – Características das Ilhas dos Açores [2, 3]

	Superfície Total (km <sup>2</sup> )	Altitude Máxima (m)	Perímetro (km)	População (2001)
Santa Maria	97,4	590	63,4	5578
São Miguel	746,8	1103	213,3	131609
Terceira	402,2	1022	90,0	55833
Graciosa	62,0	402	38,9	4708
São Jorge	237,6	1053	128,0	10500
Pico	447,0	2351	125,9	14806
Faial	172,4	1042	72,7	15063
Flores	141,7	915	71,6	3995
Corvo	17,1	718	19,0	425

As ilhas dos Açores são todas de natureza vulcânica e apresentam uma grande variedade de formas, as paisagens são marcadas por inúmeros cones, caldeiras, baías e lagoas que resultam da própria génese do arquipélago. A generalidade das ilhas apresenta um relevo bastante acidentado, quando comparando a altitude máxima com a dimensão da própria ilha, tabela anterior. A prova clara deste relevo é o ponto mais alto de Portugal, na ilha do Pico com cerca de 2351m. O processo de formação varia entre os 6 milhões de anos para a ilha de Santa Maria, a ilha mais antiga, e os 40 mil anos para a ilha do Pico, a mais recente.

## 2.2. ORIGEM E SISMOLOGIA

### 2.2.1. DESCRIÇÃO

A actividade vulcânica que deu origem ao arquipélago ainda hoje se mantém activa, embora de uma forma moderada, através da existência de fumarolas e pequenos sismos. De modo a enquadrar e compreender estes fenómenos de actividade sísmica e vulcânica é necessário descrever o contexto geodinâmico dos Açores. De acordo com a Figura 2.2, o quadro estrutural dos Açores é caracterizado pelo seu posicionamento no Atlântico Norte, na junção tripla das placas litosféricas: Euroasiática, Norte Americana e Africana. Segundo alguns autores, a convergência destas três placas forma um T, com dois ramos de direcção Norte-Sul, constituídos pela Dorsal Média do Atlântico, e um ramo de direcção Noroeste-Sudeste, designado por Rift da Terceira, um troço da Falha da Glória que se desenvolve em direcção a Gibraltar [4, 5].

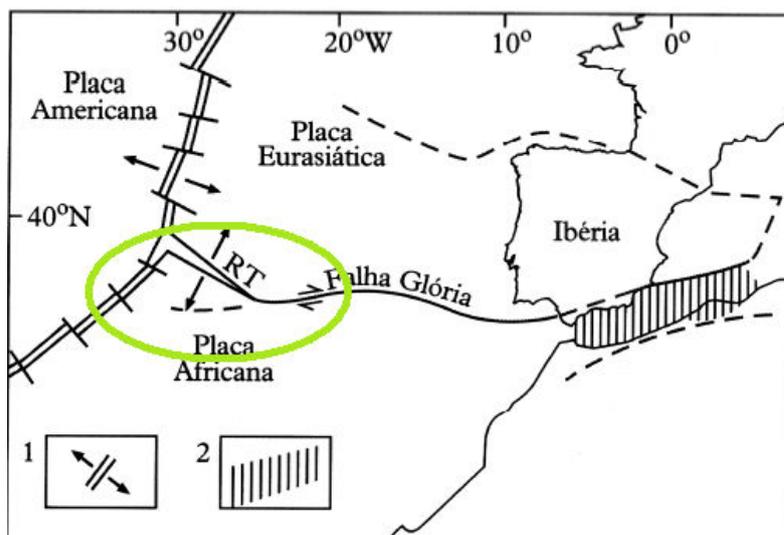


Figura 2.2 – Localização das Placas Litosféricas [5]

A actividade sísmica nos Açores pode ter origem vulcânica, como já foi referido, ou origem tectónica, resultante de movimentos das placas litosféricas nas zonas de encosto, denominadas por falhas. Estes últimos são os mais perigosos, pelo facto de se iniciar por um terramoto mais forte e inesperado, seguido de réplicas que vão diminuindo de intensidade. Enquanto que uma crise de origem vulcânica inicia-se por pequenos sismos que vão aumentando de intensidade, até atingirem um pico a partir do qual começam a diminuir.

Ao realizar uma breve descrição sobre a sismologia do Arquipélago dos Açores, muitas vezes é utilizada a designação de níveis para caracterizar o sismo; no entanto, é essencial explicar a forma como os sismos são caracterizados e intensificados, existindo duas escalas para os quantificar. A escala de Richter quantifica a magnitude do abalo e é baseada na avaliação da quantidade de energia libertada. A intensidade do sismo é indicada pela escala de Mercalli modificada que tem por base os efeitos observados. Esta última é de uso mais comum em termos de comunicação social e de informação das populações, neste sentido a Tabela 2.2 tem uma descrição exhaustiva dos diferentes níveis de intensidade. A Tabela 2.3 permite perceber a relação entre a magnitude e a intensidade com os respectivos níveis de actividade nas ilhas, bem como a sua correspondência em termos de efeitos.

Tabela 2.2 – Descrição da Escala de Mercalli modificada [6, 7] 1/2

I	O sismo passa despercebido à maioria das pessoas. Imperceptível.
II	O sismo é sentido por pessoas em repouso, especialmente nos pisos superiores de edifícios altos.
III	As oscilações são claramente perceptíveis no interior das habitações, mas geralmente não são reconhecidas como sismo.
IV	O sismo é claramente perceptível no interior das habitações, movendo loiças, vidros e portas. No exterior, passa despercebido à maioria das pessoas.

Tabela 2.2 – Descrição da Escala de Mercalli modificada [6, 7] 2/2

V	O sismo é claramente sentido no exterior e no interior das habitações. As pessoas acordam, caem pequenos objectos soltos e as portas abrem e fecham.
VI	O sismo é imediatamente identificado e muitas pessoas correm para a rua. Os móveis deslocam-se e caem muitos objectos. Quedas de estuques e fendilhação em alvenarias de má qualidade.
VII	Há danos em alvenarias de má qualidade. Nas alvenarias bem executadas os danos são ligeiros. Caem chaminés, soltam-se telhas e verificam-se pequenos desprendimentos das terras.
VIII	Há colapsos parciais em edifícios de má qualidade e nas alvenarias correntes ou mesmo de boa qualidade a fendilhação é frequente. As estruturas projectadas para resistirem aos sismos apresentam danos ligeiros. Verificam-se fendas no chão e em encostas.
IX	Produzem-se danos consideráveis na maioria dos edifícios correntes, mesmo em edifícios de construção particularmente cuidada verificam-se alguns danos. Aparecem fendas significativas no solo.
X	O sismo destrói a maior parte dos edifícios de alvenaria, uma grande parte de edifícios com estrutura resistente e alguns edifícios ligeiros de madeira. Outros tipos de estruturas, como pontes, barragens e pontões, são afectados. Verificam-se grandes desprendimentos de terras. Destruidor.
XI	As vias-férreas ficam grandemente deformadas. As canalizações subterrâneas são totalmente destruídas. Catastrófico.
XII	A destruição das estruturas é praticamente total. A topografia da região é alterada e as linhas de horizonte são modificadas.

Tabela 2.3 - Relação Intensidade, Magnitude, Efeitos e Ilhas

Intensidade	Magnitude	Efeitos	Níveis por Ilhas
I – II	0 – 2,5	Apenas registados pelos sistemas sismográficos.	Flores e Corvo
III – IV – V	2,5 – 4,0	Sentidos pela população. Pequenas fissurações.	Graciosa e Santa Maria
VI – VII	4,0 – 5,5	Afecta apenas as construções próximas do epicentro.	Pico e São Jorge
VII – IX – X	5,5 – 8,0	Atinge grandes áreas e distanciadas do epicentro.	São Miguel, Terceira e Faial
XI – XII	8,0 – 9,0	Destruidor	

Tal como já foi referido, o Arquipélago dos Açores apresenta uma sismicidade importante, consequência da sua localização na zona de convergência das placas litosféricas. A presença dessa sismicidade surge como prova intrínseca da actividade vulcânica, uma vez que esta é acompanhada e antecedida por crises sísmicas de maior ou menor intensidade [8]. O povo Açoriano desde sempre foi marcado por esta actividade natural, o que decerto influenciou o seu modo de vida, mentalidade e hábitos. Como resultado directo das erupções vulcânicas cerca de 240 pessoas perderam a vida, enquanto que devido a abalos este número cresce para 6000 pessoas. A maior frequência de actividade sísmica surge sob a forma de um elevado número de microssismos, grau inferior a III, embora periodicamente ocorrem sismos de maior intensidade, que afectam uma ou mais ilhas e causam destruições e impactos económicos muito significativos. O mais antigo registo de sismo remonta a 1522, cerca de um século após a descoberta da primeira ilha, de grau X e foi até hoje o mais catastrófico que afectou a ilha de São Miguel, na Figura 2.3 é possível encontrar o registo de todos os sismos, agrupados por ilhas, ocorridos no Arquipélago de intensidade superior a VII [9].

Na Figura 2.3 estão registados 32 grandes abalos que assolaram as ilhas desde o povoamento até aos dias de hoje, em cerca de cinco séculos, no entanto, a actividade sísmica do arquipélago é bem mais frequente. Para uma maior noção da sua actividade sísmica, importa referir que foram registados entre 2001 e 2006 cerca de 30.000 sismos, dos quais apenas 325 sentidos pela população [8]. Esta multiplicidade de microssismos registados nas ilhas, embora não tenha um carácter destrutivo e devastador, provoca danos com alguma importância nas construções no que diz respeito a fissurações e microfissurações.

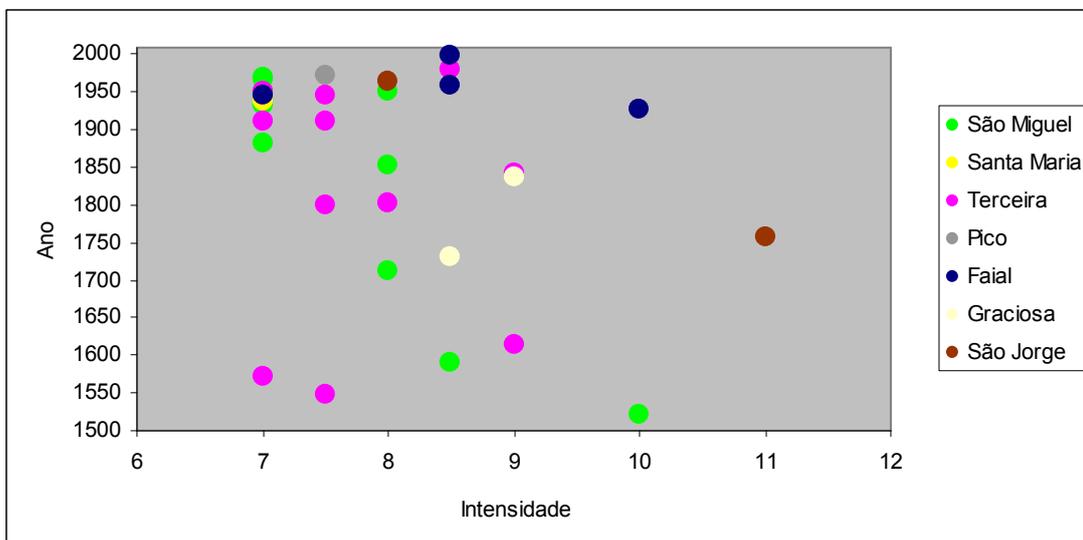


Figura 2.3 – Sismos com Intensidade Superior a VII

Desta análise, verifica-se uma concentração de sismos nos últimos 50/60 anos. Este facto não se deve a um aumento da actividade sísmica, mas à existência de um registo mais eficaz e documentado. Muitos dos dados existentes sobre a história dos sismos nos Açores provêm de jornais, o que condiciona a precisão e rigor existente presentemente. O registo do primeiro sismo no arquipélago remonta ao século XVI, mas a verdade é que muitos outros o antecederam, provavelmente de origem vulcânica. Na

história dos Açores estão registados cerca de 26 erupções vulcânicas, 12 das quais subaéreas nas ilhas de São Miguel, Terceira, São Jorge, Pico e Faial, predominantemente efusivas, com excepção das erupções das Sete Cidades (1439), na Lagoa do Fogo (1563) e nas Furnas (1439-43, 1630) que foram todas de natureza explosiva. Ainda num passado muito recente, o Arquipélago foi afectado por crises vulcânicas, em 1957/58 o vulcão dos Capelinhos, na ilha do Faial e em 1998/2000 a cerca de 8,5km para Noroeste da Ponta da Serreta, ao largo da ilha Terceira [10, 11].



Figura 2.4 – Exemplos da destruição dos Sismos de 1980 [12] e 1998 [13], respectivamente

A previsão do movimento sísmico, na sua multiplicidade de aspectos, desde a data de ocorrência à localização do epicentro, magnitude e mecanismo na fonte, até à forma como se faz sentir nos diferentes locais, depende de inúmeros factores entre os quais as condições tectónicas da região e a sua evolução dinâmica. Ao realizar uma análise aos sismos verificados no período 1947-2006, verifica-se que o tempo de retorno para abalos de intensidade superior a VIII tem uma média de 20 anos e para sismos de intensidade superior a VII é de cerca de 7,5 anos, o que motiva a necessidade imperativa de ao reabilitar utilizar técnicas anti-sísmicas, Tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Intervalo de Retorno de Sismos [9]

Intensidade = VII/VIII	Intensidade ≥VIII	Tempo de Repouso	Tempo de Repouso
1952		6	22
	1958	6	
1964		9	
		7	18
1973		7	
	1980	8	
		8	18
1988		10	
	1998	10	

As ilhas dos Açores podem ser agrupadas de acordo com os níveis de actividade sísmica, em quatro grupos [9]:

- 1- *São Miguel, Terceira e Faial – de maior sismicidade, onde são frequentes os sismos sentidos e estes atingem muitas vezes intensidade superior a grau V;*
- 2- *Pico e São Jorge – comparativamente ao grupo 1, há um menor número de sismos sentidos, estes atingem menor intensidade e a actividade sísmica local é muito condicionada pelas zonas sismogénicas vizinhas, pela ocorrência de enxames sísmicos, intercalados por períodos de acalmia mais ou menos longos;*
- 3- *Graciosa e Santa Maria – evidenciam uma baixa sismicidade no contexto regional, com poucos sismos sentidos e intensidade inferior a V;*
- 4- *Flores e Corvo – reduzida sismicidade, fruto do seu enquadramento geotectónico, no seio da placa Norte Americana.*

Após esta breve explicação sobre o contexto geodinâmico dos Açores, estará claro que o Arquipélago está sujeito a fenómenos sísmicos e vulcânicos de maior e menor importância, e que estes marcaram de forma decisiva a vida deste Povo. O medo da destruição natural e incontrolável que afectou desde sempre a mentalidade dos Açorianos está bem presente na sua construção típica, não fosse esta o alvo predominante dos sismos. Embora o desenvolvimento de técnicas verdadeiramente anti-sísmicas só tenha surgido com o aparecimento do betão armado, a mestria Açoriana, fruto do saber prático e dos materiais disponíveis na região, levaram a um tipo de construção peculiar e talvez única, como será possível verificar no próximo capítulo.

### 2.2.2. REGULAMENTAÇÃO SÍSMICA

A protecção de edifícios em relação à acção dos sismos obriga a que estes sejam dimensionados de acordo com a probabilidade de ocorrência de sismos na zona onde se encontram, no entanto é necessário garantir a viabilidade técnica e económica da solução. Existe regulamento específico para as acções sísmicas com o objectivo de garantir a segurança das estruturas, descrevendo as características que as estruturas devem possuir para que a probabilidade de colapso ou danos severos seja minimizada.

A regulamentação anti-sísmica surge em Portugal no ano de 1958, com o então denominado Regulamento de Segurança das Construções Contra os Sismos (RSCCS – Decreto nº41658), que inclui pela primeira vez a consideração de um coeficiente sísmico, para quantificar a acção sísmica horizontal, e um zonamento do território nacional de acordo com a sua importância sísmica. Os regulamentos têm vindo a ser cada vez mais exaustivos na descrição das características das construções sísmo-resistentes, em 1983, com a introdução do Regulamento de Segurança e Acções (RSA) e brevemente com a entrada em vigor do Eurocódigo 8 (EC8).

Neste contexto, os Grupos Central e Oriental do arquipélago dos Açores apresentam um tratamento diferenciado desde o RSCCS, onde estão inseridos na zona de “forte risco sísmico”, mantendo essa diferenciação até ao presente regulamento – EC8. Relativamente às disposições construtivas do primeiro regulamento de 1958, este defende em traços gerais as mesmas soluções que as padronizadas no RSA e no EC8, nomeadamente a introdução de cintas horizontais em betão armado e de uma estrutura complementar de travamento [14, 15, 16]. No RSCCS a força sísmica era considerada como uma solicitação estática horizontal, “em correspondência com cada elemento de massa da construção” e

de “intensidade igual ao produto do peso desse elemento por um coeficiente” sísmico. No RSA acção sísmica é entendida como uma acção variável majorada com um coeficiente de segurança de 1.5, enquanto no EC8 é considerada de forma mais diferenciada como uma acção acidente agravada, devido à introdução do coeficiente de comportamento [17]. Os Açores estão, uma vez mais, diferenciados nos regulamentos anti-sísmicos, RSA e EC8, nomeadamente com sendo a única zona do país onde apenas é necessário verificar o dimensionamento em relação a sismos do tipo 1 – sismo de magnitude moderada a pequena distancia focal (Anexo III – EC8).

## **2.3. CLIMA**

### **2.3.1. DESCRIÇÃO**

Com o objectivo de completar a contextualização do trabalho, faz sentido caracterizar o clima do arquipélago, uma vez que este é uma ferramenta essencial para a actividade da construção. À semelhança do que foi referido, a existência de inúmeros micro-sismos provoca fissurações nas construções, o que associado a climas rigosos e chuvosos pode conduzir a patologias significativas.

Em geral, o clima de uma dada região é ditado pela sua localização geográfica no contexto da circulação global atmosférica e oceânica. Os Açores posicionam-se no Atlântico Norte, numa zona de transição entre massas de ar quentes e húmidas, com origem subtropical, e massas de ar com características mais frescas e secas de proveniência subpolar. Segundo o Relatório do Estado do Ordenamento do Território dos Açores de 2003, o carácter fortemente oceânico de temperaturas amenas e de grande pluviosidade torna-o único, não existindo paralelo, nem nos seus arquipélagos congéneres da Macaronésia. O Instituto de Meteorologia define o Perfil Climático dos Açores (2005) como:

*“O Arquipélago dos Açores está na zona subtropical dos anticiclones do hemisfério norte e o factor dominante das condições meteorológicas é o anticiclone dos Açores. Os Açores são caracterizados por um clima temperado húmido, no entanto e atendendo à variação da temperatura do ar com a altitude, o clima é frio oceânico nas regiões com altitudes elevadas onde é excessivamente chuvoso. A estação entre Setembro e Março é predominantemente chuvosa, a qual é caracterizada pela passagem frequente de perturbações depressionárias associadas à frente polar. Nos restantes meses a estação é menos chuvosa devido à influência do anticiclone dos Açores.”*

Deste modo, as condições climáticas dominantes resultam da influência do Anticiclone dos Açores, nomeadamente da sua posição, intensidade, orientação e desenvolvimento. A combinação do anticiclone com outros elementos atmosféricos, como massas de ar e passagem de frentes, pode resultar em dias quentes com uma humidade relativa baixa e insolação intensa, raros dias frescos e secos e mais frequentemente dias abafados, com humidade relativa muito próxima da saturação [18]. O relevo acentuado de algumas ilhas provoca nuvens de relevo e nevoeiros, que afectam sobretudo as zonas interiores ou costeiras expostas. Esta irregularidade climática proporciona, por vezes, ventos violentos e precipitações torrenciais, que provocam prejuízos significativos, como as cheias na Ribeira Quente, Ilha de São Miguel, 1997.

No que diz respeito à precipitação, os Açores apresentam valores desiguais entre os extremos do arquipélago, com valores crescentes de precipitação de Oriente para Ocidente. Assim, a precipitação anual média é cerca de 1300 mm, variando entre 750 mm em Santa Maria e 1500 mm nas Flores, os meses de Outubro a Março concentram cerca de 75% do total anual. A humidade média relativa do ar apresenta valores muito elevados cerca de 80%, com variações nos meses de Verão entre os 70 e os 75% e no Inverno sempre superiores aos 80%.

O vento é o elemento atmosférico que apresenta maior irregularidade e como tal o seu valor anual médio (25 km/h) tem pouca importância na elaboração de um projecto de engenharia. Neste contexto, é imperativo referir que velocidades máximas de aproximadamente 130 km/h ocorrem de forma pontual e associadas a tempestades tropicais ou a fenómenos semelhantes.

A regularidade térmica é outra característica do arquipélago, a temperatura média anual é cerca de 17°C. Apesar desta não ser muito elevada, a verdade é que a variação entre os meses frios e quentes é pouco acentuada, cerca de 9°C. Nos meses de Inverno, a temperatura média permanece nos 14°C, enquanto nos meses de Verão aproxima-se dos 23°C.

### 2.3.2. REGULAMENTAÇÃO TÉRMICA [19]

A necessidade de garantir conforto térmico é uma preocupação constante nos nossos dias, motivada pela obrigação de certificação energética de todas as habitações, de acordo com a introdução do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE – Decreto-Lei nº80/2006). No entanto, e de acordo com o referido sobre as condições térmicas do Arquipélago, verifica-se que as necessidades de isolamento são muito inferiores às necessárias no restante território nacional, pelo que aqui pretende-se caracterizar o existente sobre a regulamentação térmica para os Açores.

A Região Autónoma dos Açores encontra-se no âmbito de aplicação do referido regulamento, Artigo 2º, permite a introdução de adaptações, desde que introduzidas por diploma regional, contudo presentemente não existe qualquer documento regional de índole térmica. Dada a grande incidência no tema da reabilitação, é de relevância referir que o âmbito de aplicação do presente regulamento exclui intervenções de remodelação, recuperação e ampliação em zonas históricas ou em edifícios classificados, Capítulo I, Artigo 2º, 9-c:

*“Artigo 2º*

*(...)*

*9— Excluem-se do âmbito de aplicação do presente Regulamento:*

- a) Os edifícios ou fracções autónomas destinados a serviços, a construir ou renovar que, pelas suas características de utilização, se destinem a permanecer frequentemente abertos ao contacto com o exterior e não sejam aquecidos nem climatizados;*
- b) Os edifícios utilizados como locais de culto e os edifícios para fins industriais, afectos ao processo de produção, bem como garagens, armazéns, oficinas e edifícios agrícolas não residenciais;*
- c) As intervenções de remodelação, recuperação e ampliação de edifícios em zonas históricas ou em edifícios classificados, sempre que se verifiquem incompatibilidades com as exigências deste Regulamento;”*

Este regulamento confere aos Açores valores distintos das outras regiões de Portugal Continental, nomeadamente no que se refere à definição das zonas climáticas de Verão e de Inverno, no número de graus-dias de aquecimento, na duração da estação de aquecimento em função da altitude, na energia solar média mensal incidente numa superfície vertical orientada a Sul na estação de aquecimento, nos valores médios mensais da temperatura do ar e da intensidade da radiação solar na estação de arrefecimento. A ventilação natural dos edifícios também é abordada de forma distinta para o arquipélago, assim para a quantificação no número nominal de renovações de ar, os Açores estão incluídos na Região B, a mais desfavorável. No que diz respeito aos coeficientes de transmissão térmica de referência, estes apresentam valores superiores aos registados nas restantes regiões do país, o que está de acordo com a constância das condições térmicas da Região, Tabela 2.5.

Tabela 2.5 – Coeficientes de transmissão térmica de referência [19]

Elemento da envolvente	Zona climática			
	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	R.A.
Elementos exteriores em zona corrente:				
Zonas opacas verticais	0,70	0,60	0,50	<b>1,40</b>
Zonas opacas horizontais	0,50	0,45	0,40	<b>0,80</b>
Elementos interiores em zona corrente:				
Zonas opacas verticais	1,40	1,20	1	<b>2</b>
Zonas opacas horizontais	1	0,90	0,80	<b>1,25</b>
Envidraçados	4,30	3,30	3,30	<b>4,30</b>

## 2.4. RECURSOS NATURAIS

Os materiais utilizados na construção tradicional Açoriana até ao início do século XX cingiram-se, basicamente, aos recursos naturais existentes, com excepção de algumas importações pontuais e específicas. Para além da dispersão e do isolamento das ilhas, a densidade populacional e as crises sísmicas vividas são alguns dos factores que marcaram os processos construtivos tradicionais insulares.

A construção tradicional dos Açores é marcada pela utilização generalizada de dois elementos naturais a madeira e a pedra, que existem em abundância em todo o arquipélago. Contudo, outros materiais eram utilizados com frequência como escórias, tufos, argilas e cal, sendo necessária a importação dos últimos dois.

A melhoria significativa dos meios de comunicação e transporte permitiu ao arquipélago reduzir o seu isolamento, havendo a possibilidade de importar materiais com maior facilidade e rapidez. No século XX, para além deste aspecto fundamental para a construção, a generalização do cimento e do betão armado contribuiu, também, para a redução do emprego e abandono de técnicas tradicionais e de alguns

materiais. Presentemente, a construção açoriana continua a recorrer a materiais regionais, no entanto com diferente aplicação, nomeadamente para fins ornamentais, revestimentos e decoração.

#### 2.4.1. GEOLOGIA

Embora todas as ilhas dos Açores tenham origem vulcânica, a verdade é que existem algumas variações geológicas, resultantes do tipo de erupção, da natureza do magma e da sua idade. Um denominador comum a todas as ilhas é a presença predominante do basalto, que confere à paisagem insular os tons de cinzento-escuro. Embora, na generalidade das ilhas, existam outras rochas como: pedra-pomes, andesitos, traquitos, tufos basálticos e traquíticos, bagacinas, pedra-queimada, areias e argilas.

Ao longo da história das ilhas, os recursos geológicos sempre tiveram um papel fundamental na actividade da construção, tendo as mais diversas aplicações. A necessidade de utilização destes materiais conduziu à optimização da sua aplicação.

Tabela 2.6 – Recursos Geológicos e sua aplicabilidade [20] 1/2

Recursos Geológicos	Características	Aplicação
Basalto	Cor acinzentada escura ou clara. Rocha vulgar, presente em todas as ilhas.	Alvenarias; Cantaria; Revestimento de vias; Guias e pedras de passeios; Agregado para betões; Lintéis, ombreiras, pavimentos, figura 2.5.
Traquitos (inexistente em Santa Maria, São Jorge e Pico)	Cor acinzentada clara. Grande alterabilidade.	Cantaria; Estatuária; Adornos de passeios. Exemplo Edifício Câmara Municipal de Ponta Delgada, figura 2.5.
Ignimbritos	Cor acastanhada, por vezes cinza escuro. Fácil corte e pouca alterabilidade.	Cantaria; Pavimentos; Lintéis; Estatutária. Exemplo Igreja São Pedro, figura 2.5.
Pedra-pomes (inexistente em Santa Maria, São Jorge e Pico)	Tom claro. Cor branca, amarela, cinza ou bege. Extremamente porosa e de baixa densidade.	Agregado para betões leves; Fabrico de blocos; Limpeza (pó)
Tufos	Cor cinza clara a beije. Aspecto areoso. Material trabalhável, mas muito resistente.	Blocos; Argamassas.
Bagacina ou Cascalho	Cor negra ou avermelhada.	Blocos; Enchimento de alvenarias; Isolante; Pavimento de estradas;
Obsidiana	Cor negra e brilho vítreo.	Lã de vidro; Estatuária; Joalharia.

Tabela 2.6 – Recursos Geológicos e sua aplicabilidade [20] 2/2

Argilas e Pozolanas (Santa Maria)	Resultam da alteração de basaltos, traquitos ou pedra-pomes. Fraca plasticidade.	Telhas; Cimento; Tinta; Louça.
Calcários (Santa Maria)	Cor clara	Cantaria; Passeios;
Areias	Cinzenta. Excepto em Santa Maria que é amarelada.	



Figura 2.5 – Aplicações do Basalto: Guias de Passeios; Revestimento de Pavimentos; Escultura; Exemplo de Ignimbritos (Igreja São Pedro, São Miguel); Exemplo de Traquitos (Edifício dos Passos do Concelho)

A diversidade de aplicações dos recursos geológicos da região na construção está presente na Tabela 2.6, onde é possível verificar a importância da pedra nas alvenarias, recorrendo essencialmente a basaltos, traquitos e ignimbritos. É também possível comparar as características dos diferentes recursos com as suas aplicações, permitindo verificar desde logo a capacidade de associar os mais resistentes e duradouros às partes estruturais vitais. Na Figura 2.5 estão ilustrações dos exemplos referidos.

#### 2.4.2. CIRCUITO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

Como característica intrínseca das regiões mais isoladas, a necessidade de garantir a auto-suficiência, em consonância com os meios disponíveis, conduziu o povo açoriano a otimizar a exploração dos seus recursos. Assim, importa destacar o circuito das matérias-primas para a construção, nomeadamente da cal e da argila, que provinham maioritariamente da ilha de Santa Maria.

Para além das argilas existentes nas restantes ilhas apresentarem uma qualidade fraca, nomeadamente com características não plásticas, índices de absorção muito elevados e alguma expansão, existem em pouca quantidade. Enquanto o calcário é totalmente inexistente nas restantes ilhas. No contexto do arquipélago, Santa Maria era o fornecedor central destas matérias-primas, embora no que diz respeito à cal, alguma era importada do continente Português.

A cal tem uma grande abrangência de aplicação, desde ligante em argamassas de assentamento e revestimentos, até acabamentos e pinturas, o que lhe confere uma importância muito significativa à escala insular. A grande utilização deste material está bem presente na proliferação de fornos de cal que existe na região, em muitos concelhos existe mais do que um e geralmente localizados junto aos portos, Figura 2.6.



Figura 2.6 – Forno de Cal, concelho de Lagoa (propriedade da família Barbosa)

Relativamente à argila, esta para além da aplicação directa em argamassas, era utilizada para fabrico de telha e de louça. A telha tradicional era produzida na região, nas diferentes ilhas, excepto no Corvo, e com as mesmas características. Contudo, as olarias açorianas eram, praticamente, limitadas à ilha de São Miguel, talvez devido à sua proximidade com Santa Maria, onde ainda hoje produzem, mantendo as técnicas artesanais.

#### 2.4.3. CARACTERIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO TRADICIONAL

Após a descoberta do arquipélago foi necessário ocupar um território novo e completamente desconhecido, com uma vegetação abundante e densa, cujas soluções inicialmente praticadas foram efémeras; no entanto, rapidamente se estabeleceram processos e técnicas construtivas que perduraram até ao aparecimento do cimento. Um exemplo deste segundo período construtivo é a aldeia do Sanguinho, no Faial da Terra – São Miguel, Figura 2.7.



Figura 2.7 – Aldeia do Sanguinho [21]

A construção insular tem uma prática assente na tradição construtiva, num saber fazer sedimentado, que segue a continuidade das técnicas existentes em Portugal Continental, naturalmente condicionadas e adaptadas à realidade local. Como forma de reforçar e comprovar a ideia de que o uso da pedra é generalizado na construção, a sua aplicação vai para além da alvenaria em edifícios, sendo utilizada em vias de comunicação, passeios, revestimentos ou muros divisórios de terrenos agrícolas - Figura 2.8, afastando-se assim, do continente onde se utilizava terra e estruturas de madeira em fachadas.



Figura 2.8 – Parede de pedra aparelhada e muro divisório de pastagens.

Segundo alguns autores, é curioso não existir na região estruturas de madeira nas fachadas uma vez que estas eram utilizadas com o objectivo de aumentar a ductilidade e consequentemente melhorar o desempenho face aos sismos [6]. Reconhece ainda que no contexto das regiões insulares do Atlântico Norte, os Açores apresentam soluções mais elaboradas, como é exemplo a diversidade de soluções em madeira para cobertura, manifestadas em telhados de duas e quatro águas, torreões e mirantes, Figura 2.9. Apenas a título de curiosidade, a existência de inúmeros torreões e mirantes na região, deve-se à necessidade de avistar a chegada dos barcos para o comércio da laranja, fonte de desenvolvimento da região desde finais do século XVI até finais do século XIX.



Figura 2.9 – Casa urbana nobre e Mirante

Os materiais estruturais fundamentais utilizados durante um grande período da ocupação dos Açores foram, sem dúvida, a pedra de origem vulcânica e madeira. Estes materiais permitiram construir inúmeros equipamentos sociais, cívicos, religiosos, militares, industriais e de produção, tal como edifícios destinados à habitação. Neste contexto, considerando a tipologia habitacional como o edifício que mais se repete, por oposição às restantes que têm um carácter excepcional, faz sentido analisar as suas características. Contudo, há ainda que separar as tipologias que se encontram no meio rural das que correspondem às edificações urbanas. Antes de realizar a descrição exaustiva de todos os elementos de construção tradicional ir-se-á descrever os materiais utilizados.

#### 2.4.4. MATERIAIS

A descrição dos materiais de uso mais frequente na construção tradicional é imprescindível para sua melhor compreensão e caracterização, no que se refere à alvenaria elemento fundamental deste tipo de estrutura. As suas propriedades foram sintetizadas na Tabela 2.6. Para uma melhor pormenorização da alvenaria importa descrever as argamassas envolvidas, onde se podem destacar as argamassas de ligação, gordas e de revestimento, Tabela 2.7.

Tabela 2.7 – Tipos de argamassas [12].

Tipo	Constituição	Aplicação
Ligação	Barro, areia-da-terra e água. Ocasionalmente cal apagada.	Reboco de paredes, execução das “camas”, do encascado. Preenchimento de alvenarias.
Gordas (presa lenta, grande resistência)	Barro, areia, cal viva e óleo (baleia, linhaça ou azeite). Ocasionalmente pozolanas.	Refachamento de juntas.
Revestimentos	Cal e areia. Por vezes cabelo ou crina.	Fasquiados dos tabiques e rebocos.

A utilização da madeira é comum em todo o tipo de edifício, sendo este o segundo elemento com maior importância para a construção. São executadas em madeira estruturas de coberturas, pavimentos e restantes acabamentos como portas, ombreiras, rodapés e escadarias. As espécies mais utilizadas são a acácia, o cedro, o eucalipto, a faia e o pinho, e em construções mais recentes a espécie predominante é a criptoméria. Para construções mais ricas, geralmente nas zonas urbanas, recorria-se a madeiras exóticas importadas como o pinho resinoso, pinho-de-flândres e o pau-do-brasil.

A telha regional em canudo tem como matérias-primas o barro e materiais pomíticos, extremamente porosos, que condicionam o seu desempenho às chuvas, tornando-as frágeis e pesadas. Apesar do aumento de peso ser uma desvantagem, a verdade é que melhora significativamente o seu comportamento à acção do vento. A sua geometria e material conferem ao telhado melhor capacidade de se adaptar aos empenos da estrutura de madeira da cobertura e conferem-lhe características de maior conforto térmico.

O acabamento final das superfícies das paredes resume-se à caição, regra geral executada anualmente, à qual se adicionam pigmentos de várias cores, como o ocre amarelo, a siena ou a hematite para tons avermelhados. Para ganhar uma maior durabilidade à cal era adicionado sebo de vaca ou óleo de baleia.

#### 2.4.5 ELEMENTOS ESTRUTURAIIS

De acordo com o referido anteriormente, a habitação urbana distingue-se da habitação rural não só devido à sua tipologia como também às soluções construtivas adoptadas. A casa rural e a casa urbana recorrem aos mesmos materiais e aos mesmos processos de construção, apesar das técnicas de aparelhamento utilizadas serem diferentes, característica esta que está relacionada com a capacidade económica do seu proprietário. No primeiro caso, a construção é de pequena dimensão, apenas rés-do-chão, em terra batida, mais aproveitamento do sótão, insularmente designado por falsa, a alvenaria é de aparelho irregular ou de pedra solta e a estrutura da cobertura em madeira. No segundo caso as paredes são espessas, cerca de 70cm, volumetrias geralmente quadrangulares com pés-direitos elevados, robustos cunhais e molduras dos vãos em pedra aparente com restante fachada caiada, piso térreo em lajes de pedra, pisos superiores e cobertura em estrutura de madeira. A descrição dos elementos estruturais é, sem dúvida, o aspecto mais importante na caracterização da construção tradicional – Tabela 2.8.

Tabela 2.8 – Características dos Elementos Estruturais [12, 22] 1/3

Elementos	Tipos	Caracterização	Observações
Paredes Exteriores (basalto e traquito)	I	Alvenaria de melhor qualidade, construída com pedra aparelhada regular. Boa resistência sísmica.	As pedras da alvenaria na face exterior apresentam-se afeiçoadas à superfície. Espessura de aproximadamente 70 cm. Para garantir o alinhamento utiliza-se cunhas de madeira ou rachas de pedras. Reboco em 2 camadas: de barro e cal, seguida de cal e areia.
	II	Alvenaria de pedra irregular ou de pedra-queimada. Necessidade de garantir um imbricamento perfeito entre as pedras para melhorar o comportamento da alvenaria. Presença de camadas (“camas”) e de mata-juntas. Fraca resistência sísmica.	
	III	Constituída por dois panos, executada com pedra com comprimento superior a metade da espessura da parede. Preenchimento interior de barro e pedra miúda, geralmente bagacina. Por vezes com a presença de ligadores. Alvenaria de melhor qualidade e resistência.	
	IV	Constituída por três panos, executada com pedra regular. Preenchimento interior de barro e pedra miúda, geralmente bagacina. Alvenaria de uso comum.	

Tabela 2.8 – Características dos Elementos Estruturais [12, 22] 2/3

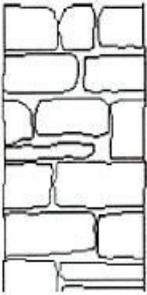
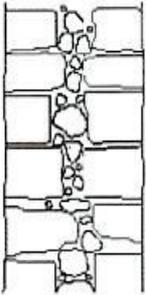
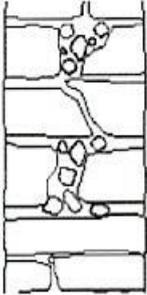
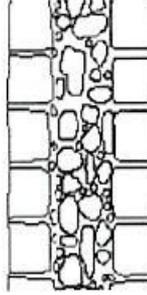
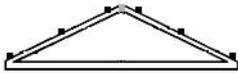
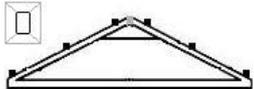
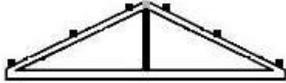
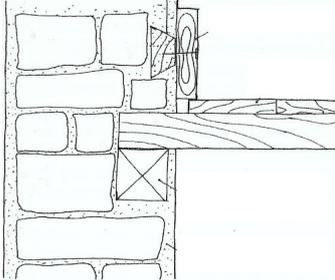
					
		Um Pano	Dois panos sem ligação	Dois panos com ligação	Três panos
Cunhais		Ligação entre duas paredes ortogonais realizada com pedra paralelepípedica aparelhada, alinhadas à prumada das faces exteriores. Geralmente com largura semelhante à parede de alvenaria (70 cm). Conferem um melhor comportamento à construção, não só às cargas verticais como às acções sísmicas nas duas direcções.			Para construções mais rudimentares apresentam espessura inferior à espessura da parede, Figura 2.10.
Paredes Interiores	Mestras	Elementos com função de suporte no rés-do-chão. Para casas de dois pisos e de maiores dimensões em planta estendem-se ao 1º andar e dividem a casa longitudinalmente.			Têm funções estruturais. Funções resistentes para as de alvenaria, enquanto as de madeira conferem ductilidade adicional, devido à sua flexibilidade e ligação com elementos estruturais dos pisos e cobertura.
	Tabiques	De duas faces com interior oco ou preenchido com tábuas arrumadas. Constituídos por um fasqueado embocado e rebocado com argamassa de cal, areia e barro, recorrendo por vezes a cabelo humano ou pêlo de vaca. Como reforço do fasqueado utiliza-se um entrelaçado de canas na parte inferior da parede.			
	Frontais	Constituídos por tábuas largas, surgem desde o pavimento até aos travessões do tecto (tirantes). Incluem tapamento de capa, rodapé e travessa. Presente sobretudo em construções mais modestas.			
Arcos		Nas construções urbanas é comum a existência de arcos no piso térreo, quer isolados quer em continuidade de 2 ou 3. Alguns com vãos de 5m e geralmente de volta inteira. Intradorso em pedra aparelhada e bem esquadrada			Permitem continuidade tanto em altura como em planta.
Abóbadas		Construídas em alvenaria de pedra, apresentam pequenos vãos e descarregam directamente sobre as paredes. Encontram-se abóbadas ligeiras realizadas em betão leve, com recurso a basalto vacuolar ou bagacina.			A presença de abobadilhas é muito pontual e resultam, em geral, de obras de reparação.
Tirantes de Madeira		Peças em madeira maciça, colocadas na horizontal e com as extremidades apoiadas no bordo superior das paredes opostas. Têm função de cinta estrutural, ligando essas paredes e apoiando a cobertura.			

Tabela 2.8 – Características dos Elementos Estruturais [12, 22] 3/3

	I	Do tipo “telhado em tesoura” habitualmente presente em habitações rurais de pequeno porte, apresentam traves inclinadas para suportar as madres e barrotes do telhado, estão ligadas entre si em tesoura na cumeeira. Estas traves apoiam no frechal, que é embebido no coroamento das paredes opostas e que estão ligadas por tirantes horizontais.	
Coberturas	II	Típica em construções nobres, a cobertura em caixotão apresenta 4 águas, com traves em tesoura e travados no terço superior com uma meia linha horizontal. Presença de tirantes suplementares a 45° nos cantos da casa. Em geral dispõem de guarda-pó em “tabuado trincado”, isto é, com sobreposição de parte da tábuas de forro, com acabamento por baixo em forro com a forma do caixotão.	
	III	A cobertura francesa é comum na região. Apresenta asnas simples, constituídas apenas por duas pernas e uma linha.	
	IV	Também com uso frequente, a cobertura “a cavalo” recorre do mesmo princípio construtivo da anterior, embora introduza mais elementos verticais, de modo a garantir uma maior altura do sótão.	
Pavimentos		A sua estrutura é formada por traves, encastradas nas paredes cerca de 25cm, vencendo vãos de 3,5 a 5,5m. Sobre as traves apoiam barrotes que suportam o sobrado, sendo este constituído por tábuas encaixadas a meio fio e pregadas. O travamento das traves nas paredes não existe.	
Fundações	Parede	Constituída por alvenaria semelhante às paredes, embora com uma espessura, por vezes, superior, apresenta uma profundidade não superior a 40cm. Em moradias com meia cave, a parede interior é idêntica à anterior, dispoindo de ligadores encastrados no terreno.	A distinção entre as zonas de parede e de cunhal deve-se à sua grande diferença construtiva.
	Cunhal	Presença de sapatas com secções que atingem 1m <sup>2</sup> e profundidades superiores a 2m levadas até ao firme. A pedra utilizada apresenta grande qualidade, disposta alternadamente em duas direcções perpendiculares relativas, com a parte central preenchida por cascalho e barro.	

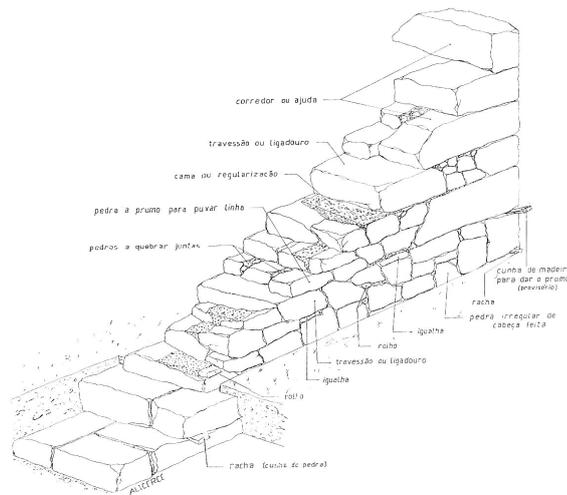


Figura 2.10 – Esquema de Parede de Alvenaria de Pano Duplo [12]

A identidade da construção tradicional Açoriana não está só presente nos elementos estruturais; deste modo a caracterização de outros elementos, que embora tenham um menor protagonismo, assumem-se fundamentais na caracterização da matriz identidade do património edificado.

As chaminés apresentam uma configuração de “mãos postas”, de grandes dimensões. Em casas mais nobres podem atingir os seis metros de altura. Esta estrutura apresenta-se, geralmente, dividida em partes iguais, em que uma tem a função de tiragem à cozinha e a outra como ventilação do “forno de lenha”, Figura 2.11. A designação de “forno de lenha” assume um carácter regional, sendo este assente sobre um maciço e a cavidade dispõe de uma abobada realizada em barro cru, com a abertura voltada para a câmara por cima da qual se desenvolve a chaminé. Em relação às varandas, estas são executadas em pedras inteiras, encastradas longitudinalmente nas ombreiras em toda a espessura da parede. Não apresentam um balanço superior a 45 cm, em consonância com o beiral, e o gradeamento é realizado em ferro fundido.



Figura 2.11 – Chaminé típica, varanda tradicional

#### 2.4.6 ESTILO MICAELENSE

Após a descrição da construção tradicional, há que salientar a presença, embora pontual na arquitectura açoriana, de uma construção típica da ilha de São Miguel, com maior expressão na cidade da Ribeira Grande, o denominado “Estilo Micaelense”.

A existência de construções marcantes, de arquitectura peculiar com cariz distinto, conduziu à identificação dos seus elementos estilísticos, bem como da sua delimitação geográfica e, em consequência, adoptou-se e divulgou-se a designação do “Estilo Micaelense”. De acordo com O Inventário do Património Imóvel dos Açores, o “Estilo Micaelense” foi um conceito criado em 1950 para evidenciar edifícios cuja “modalidade arquitectónica (...) é possuidora de personalidade própria e inconfundível”, Figura 2.12. Trata-se de uma adaptação de carácter regional de uma linguagem clássica repetitiva, codificada no século XVII e muito utilizada na arquitectura civil em todo o país até meados do século XVIII [22].

Abordando novamente as alvenarias de pedra, as fachadas são enquadradas por embasamentos, cunhais, pilastras e cornijas em cantaria de pedra muito bem aparelhada, bem como os vãos, que são frequentemente rematados na padieira por duplo lintel e cornija. A individualização da adaptação açoriana toma expressão própria não só devido ao contraste entre as cantarias salientes, de pedra vulcânica escura, com o fundo branco caiados das paredes das fachadas. Como também pela frequência com que são utilizadas as janelas com avental e a forma como se ligam os vãos entre si e aos outros elementos da fachada, através do prolongamento das ombreiras, dos aventais ou de outras faixas salientes. Outro factor de diferenciação deste estilo é a presença destes elementos em todo o tipo de construções urbanas, casas pequenas, solares, ermidas, enquanto no continente português reservam-se apenas a casas nobres.



Figura 2.12 – “O Estilo Micaelense”

Este estilo corresponde ao expoente da tendência para interpretar a arquitectónica insular em função da procura de maior peso e estabilidade dos seus elementos, que se formaliza na interligação dos elementos horizontais e verticais, na condução dos esforços da cobertura até aos robustos embasamentos. Contudo, existe uma certa dificuldade em delimitar o que se considera racionalidade construtiva, da estética clássica, do que representa uma adaptação anti-sísmica. A originalidade da fachada ao aliar aspectos estruturais e estéticos reforçam a segunda hipótese, de adaptação anti-sísmica.

## 2.5. SECTOR DA CONSTRUÇÃO

O enquadramento dos Arquipélago dos Açores não ficaria completo sem a caracterização do sector da construção, de modo a perceber não só a evolução do sector como também a influência das crises sísmicas na economia regional. De acordo com o referido ao longo deste capítulo, a destruição provocada pelas crises sísmicas levou à necessidade de construir e reconstruir rapidamente um grande número de edifícios. Neste sentido e de acordo com a dimensão e especificidade do arquipélago, seria esperado que o processo de reconstrução fosse um motor do sector, que se verificasse um aumento muito significativo de licenças e de obras concluídas. Na Figura 2.13, é possível relacionar as crises sísmicas estudadas, marcadas a vermelho, e o desenvolvimento do sector, nomeadamente com o número de licenças de construção concedidas, edifícios e reabilitações concluídas.

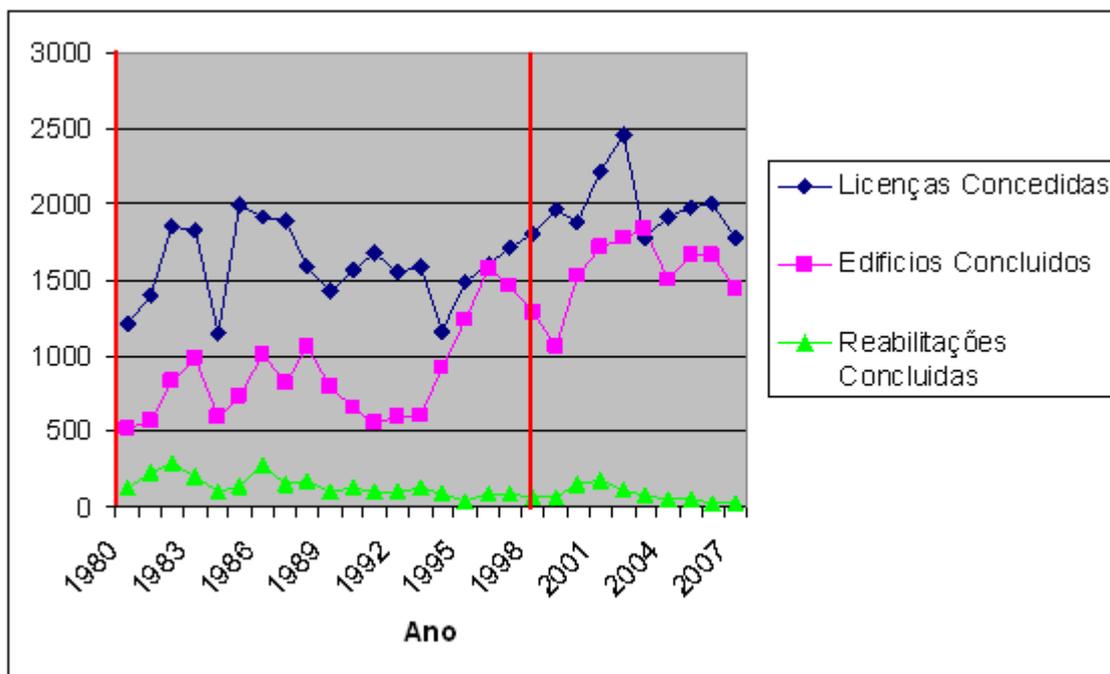


Figura 2.13 – Gráfico Licenças Concedidas, Edifícios Concluídos e Reabilitações Concluídas [23]

Da análise do gráfico anterior, conclui-se que o número de licenças concedidas sofre um ligeiro aumento após as crises sísmicas, mas não de uma forma imediata, o que leva a concluir que muitas obras foram iniciadas sem licença, como forma de acelerar o processo de reconstrução e minimizar as consequências para a população. Mais um indício de que esta é uma hipótese bastante válida é o

comportamento análogo do número de reabilitações concluídas, cuja curva segue a mesma forma, mas numa escala reduzida, nos anos imediatamente a seguir aos sismos.

Relativamente ao número de edifícios concluídos, verifica-se que após 1980 registou-se efectivamente um aumento do seu número, seguido de um ligeiro decréscimo, o que se pode associar às obras de reconstrução provenientes do Sismo da Terceira. Contudo, o mesmo não é tão perceptível para o Sismo do Faial, pois a partir do ano de 94 a curva das obras concluídas segue uma tendência crescente, que se mantém até 2007.

Para além das conclusões associadas às crises sísmicas, importa reforçar a especificidade Açoriana, salientando que a ilha de São Miguel corresponde a cerca de metade da população do arquipélago e que a restante se encontra distribuída por oito ilhas, o que condiciona significativamente o impacto da reconstrução nas contas finais da Região. Outro aspecto que se torna pertinente referir e que na sociedade contemporânea tem uma importância crescente é o reduzido número de reabilitações concluídas, que no futuro se pode traduzir num excesso de ocupação do solo por construções novas e um abandono das zonas mais antigas das cidades, uma problemática fundamental num mundo onde a palavra de ordem é a sustentabilidade.

# 3

## SISMOS DE 1980 E 1998

Os fenómenos sísmicos provocam alterações significativas na forma de viver de um povo, exigem decisões sobre o futuro das populações e geram inúmeras consequências futuras, no espaço urbano e social de uma cidade. Sentir os problemas e o seu doloroso significado humano, pode conduzir a decisões impulsivas, tomadas a quente, que convergem na dualidade de opiniões entre a recuperação e preservação da traça original com a oportunidade de erguer uma cidade nova e moderna. A primeira hipótese prevaleceu em ambos os sismos, garantindo a preservação do vasto património arquitectónico, igrejas, palácios, casas nobres e até a simplicidade das construções rurais, não fossem estas as marcas da memória da personalidade açoriana. A necessidade de reconverter o solo e reabilitar o património afectado conduz a incoerências, fruto de atitudes impulsivas e precipitadas pós sismo. Neste capítulo pretende-se descrever o nível de destruição verificado nos sismos de 1980 e de 1998, nas ilhas Terceira e Faial respectivamente, verificar a forma como estes afectaram o edificado, sobretudo as construções tradicionais, bem como caracterizar as técnicas utilizadas na reabilitação e na reconstrução. O estudo das técnicas utilizadas é fundamental para perceber a evolução da reabilitação na construção, enquadrar o entusiasmo da liberdade e grandiosidade do betão armado com a riqueza da cultura presente em construções seculares.

### 3.1. ILHA TERCEIRA

Na ilha Terceira existem duas cidades, Praia da Vitória e Angra do Heroísmo, sendo esta a primeira cidade do Arquipélago. Apresentou uma grande importância no contexto mundial devido à existência do aeroporto internacional e da Base Militar Americana, consequência da sua localização estratégica no centro do Atlântico Norte. A cidade de Angra do Heroísmo é caracterizada pelo seu património arquitectónico e urbanístico de traçado regular, com mais de quatro séculos de história, que foi considerado, em 1983, Património Mundial da UNESCO.

A história da ilha Terceira remonta ao século XVI, marcada por fenómenos naturais devastadores, como o sismo de 1980, e mesmo assim o centro de Angra de Heroísmo de hoje conduz-nos à constatação de que entre o anterior traçado urbano e o actual poucas diferenças se podem encontrar. O traçado definido para a cidade em malha ortogonal, embora desligado das curvas de nível e das condições topográficas, facilitaria e constituiria um sistema de sucesso, com todas as ruas paralelas ou perpendiculares entre si e com quarteirões de dimensões variadas.

### 3.1.1. O SISMO

O sismo da ilha Terceira foi registado por todo o Mundo, nomeadamente pela rede sismológica mundial, World Wide Seismological Station Network (WWSSW), no dia 1 de Janeiro de 1980 às 16h. 42m. 38,6s., com epicentro a 38° 39'N de latitude e 27° 68'W de longitude, a uma profundidade de 10km e a cerca de 25km a Sudoeste de Angra do Heroísmo [24], e com magnitude de 7,2 e intensidade de VIII-IX. A direcção do movimento do abalo principal tem também elevada importância para as estruturas, que neste caso apresentou preferencialmente a direcção Norte-Sul. Embora tenha afectado a cidade de Angra apenas com intensidade VIII, tal como é possível verificar na Figura 3.1. O restante arquipélago também sentiu o sismo, havendo também algumas destruições nas ilhas de São Jorge e da Graciosa, embora numa escala bastante reduzida quando comparada com a Terceira.

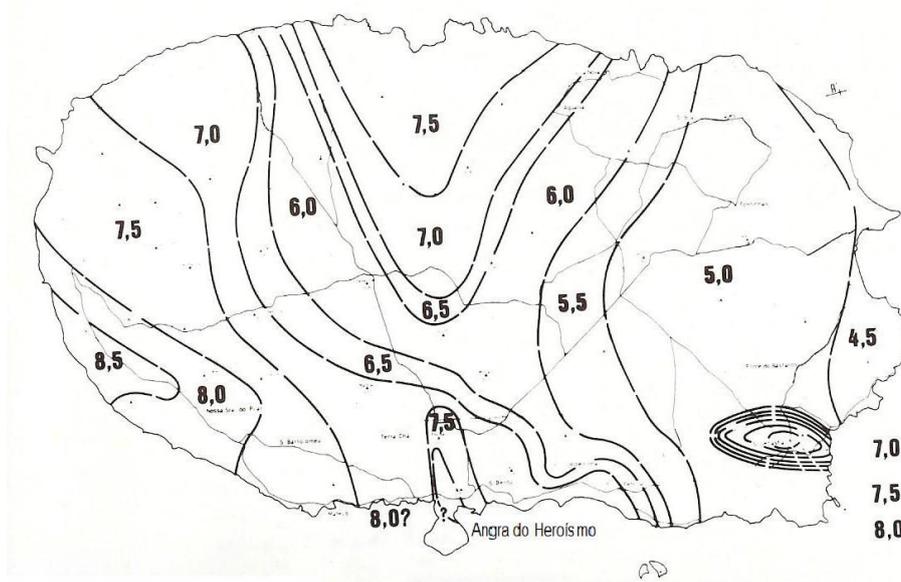


Figura 3.1 – Carta de isossistas do sismo da ilha Terceira [25]

A localização dos epicentros das réplicas do sismo de 1980 mostra que este evento foi gerado por um acidente tectónico orientado Noroeste-Sudeste, que encurva para uma direcção mais superficial com a componente vertical. O mecanismo focal do sismo indica um desligamento esquerdo do plano nodal na referida direcção, convergindo segundo a direcção do Rift da Terceira.

### 3.1.2. DESTRUIÇÃO

O sismo de 1980 implicou a destruição irreversível de um legado histórico insubstituível, teve grandes efeitos práticos tanto no aspecto visual sobre o património construído, como no próprio funcionamento de toda a rede de infra-estruturas urbanas de Angra do Heroísmo, onde é necessário referir que cerca de 45% do parque habitacional foi fortemente atingido ou arruinado, houve obstrução praticamente global da rede rodoviária pelos escombros dos edifícios e conseqüente impossibilidade de funcionamento dos transportes, afectação generalizada da rede de distribuição de energia eléctrica e fortes perturbações nas redes de abastecimento de água e saneamento doméstico, Figura 3.2.



Figura 3.2 – Aspecto da cidade de Angra do Heroísmo após sismo [26]

Após a visualização, embora pontual, do aspecto da destruição da cidade de Angra, percebe-se a dimensão da calamidade, cujo resultado expresso agora em números representa cerca de quinze mil edifícios atingidos, vinte e dois mil desalojados e sessenta mortos. Neste conjunto, falta referir os inúmeros edifícios públicos, monumentos, locais de culto, igrejas, conventos e palácios afectados.

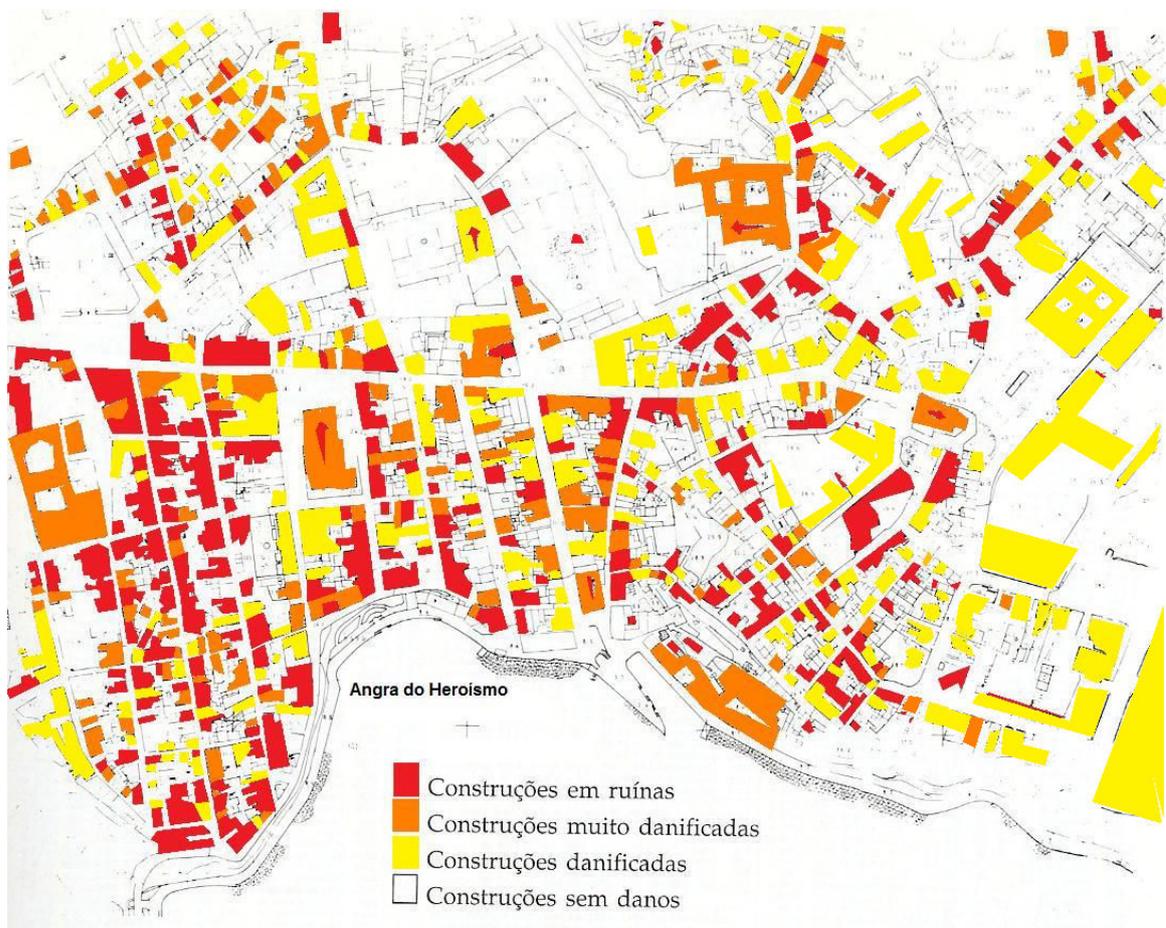


Figura 3.3 – Distribuição esquemática dos danos observados em Angra do Heroísmo, adaptado de [27]

Na Figura 3.3 é possível verificar o nível de destruição presente na cidade de Angra do Heroísmo, praticamente toda a cidade foi afectada pelo sismo de forma devastadora. Apenas como curiosidade, a Carta de Danos acima apresentada resulta da conjugação entre as duas cartas de danos efectuadas aquando do levantamento dos danos em 1980. Embora estas duas cartas não tenham diferenças apreciáveis, depreende-se que as alterações existentes entre estas resultem da atribuição de critérios distintos. Assim, a classificação atribuída pelo Gabinete de Apoio à Reconstrução (GAR) atribuída percentagens de aproveitamento, como forma de facilitar o processo de atribuição de empréstimos, associada a quatro níveis de danos, enquanto Alberto Soeiro recorria a uma escala menos fina, com três níveis de danos. Da análise da Figura 3.3 ressalta a variação espacial dos danos de acordo com as características morfológicas, quer do parque habitacional quer da geologia e topografia locais.



Figura 3.4 – Relação entre critérios de classificação dos danos [28]

Como já foi referido, o presente trabalho pretende estudar a construção tradicional açoriana, pelo que não faria sentido estudar o comportamento dos edifícios de betão armado. A cor predominante na Figura 3.3 demonstra bem o nível de destruição presente. Muitos dos estragos verificados devem-se a erros na execução das construções, descuido e alguma falta de conservação. Por outro lado, a falta de reabilitação adequada conduz a problemas, que associados à longa história sísmica local, podem ter influenciado o comportamento das estruturas. Exemplos disso são os muitos edifícios que têm gravado marcas deixadas pelos sismos do passado.

Os maiores danos verificados nas construções tradicionais deveram-se, sobretudo, ao comportamento das paredes exteriores. O elevado peso que estas representam na estrutura de um edifício conduz a que sejam as mais solicitadas pelo movimento do sismo, a sua interação com os diferentes elementos estruturais bem como as suas ligações são causas frequentes de danos observados. Assim, nas paredes de alvenaria os danos mais frequentes e relevantes, por ordem crescente de gravidade, foram: [12]

- fissuração em “estrela” de rebocos;
- fissuração generalizada de rebocos e queda em alguns casos;
- abertura de fendas nas paredes, especialmente junto a cunhais e aberturas;
- grandes deslocamentos em cunhais com desprendimentos de pedras;
- rotações de paredes;
- colapsos de partes ou totalidade de paredes.

Os mecanismos de rotura verificados em paredes exteriores resultam, sobretudo, da rotação das fundações, da interacção entre as paredes estruturais e entre estas e a estrutura da cobertura, bem como em avarias nas zonas dos cunhais. A consolidação das estruturas de alvenaria como um todo é, sem dúvida, o elemento chave para um bom comportamento deste tipo de estruturas face aos sismos. Contudo verificou-se que as ligações entre diferentes panos apresentam deficiências graves, devido à demarcação da fendilhação nas zonas de descontinuidade de diferentes tipos de alvenarias. As alternâncias excessivas de textura e a constituição das paredes exteriores demonstraram algumas deficiências graves, motivando fissurações e deformações generalizadas, que provocaram o colapso dos cunhais. Para além destas características intrínsecas das paredes, a queda dos cunhais foi, também, motivada pela existência de um movimento relativamente grande no próprio plano das paredes, Figura 3.5. O comportamento das fundações foi fundamental para o desempenho das estruturas, pois contribuíram para o aumento dos assentamentos de apoio, da rotação das paredes e para o abatimento de muros de suporte.



Figura 3.5 – Destruição e separação de canto/cunhal [12] e [26]

Ainda no que diz respeito às paredes ocorreram outros danos, como a inexistência de ligação nas ombreiras de três peças ou o deficiente preenchimento entre os diferentes paramentos, que produziu deformações progressivas. O aparecimento de “barrigas” pode ter tido origem na fraca qualidade construtiva das alvenarias e argamassas, nomeadamente sem a existência de “camas”, excesso de granulometria ou apodrecimento do próprio material. Os edifícios de maiores dimensões apresentam soluções mais elaboradas, com recurso a abóbadas ou arcos. Geralmente, são de volta inteira, cilíndricas, Figura 3.6, formadas em pedra de boa qualidade, bem aparelhada, sobre a qual se coloca material vulcânico não muito pesado – bagacina. Os danos encontrados neste tipo de estruturas devem-se à falta de apoio adequado, tornando-se difícil absorver os impulsos laterais, bem como a abertura das paredes laterais de apoio. Os elevados impulsos conduziram a danos significativos nos elementos verticais, como pilastras e paredes, sofreram esmagamento por compressão – Figura 3.7. As paredes interiores de tabique, à semelhança de todas as estruturas de madeira, apresentaram um bom

comportamento, por esse motivo, muitas coberturas não colapsaram, assumindo funções totalmente estruturais.



Figura 3.6 – Esquema de Abóbada Cilíndrica



Figura 3.7 – Abóbada cilíndrica; Esmagamento de Pilar [12]

As estruturas em madeira são transversais em todos os tipos de construção e apresentaram, tal como já foi referido, um comportamento muito superior às restantes estruturas resistentes. A generalidade das coberturas apresentava estruturas realizadas em boa madeira, reunindo características de leveza e flexibilidade. A telha regional de canudo apresenta um peso considerável, o que contribui para um agravamento do comportamento da estrutura da cobertura. A movimentação das cimalthas resultou da interacção, na zona de apoios, entre a cobertura e o coroamento das paredes, provocando o colapso das coberturas por falta de apoio. Para além desta causa, a falta de apoio também se verificou devido à degradação de madeiras muito antigas, sobretudo nas zonas de entrega no frechal, conforme esquema da Figura 3.8. As restantes estruturas em madeira, tectos e pavimentos, sofreram patologias semelhantes às da cobertura, como o colapso das zonas de apoio ou deficiências na zona de entrega nas paredes. Contudo, verificou-se que os pavimentos não garantiram a função de travamento de todo o conjunto, de ligação entre as paredes exteriores, o que conduziu ao aumento dos impulsos horizontais sobre estas [29].

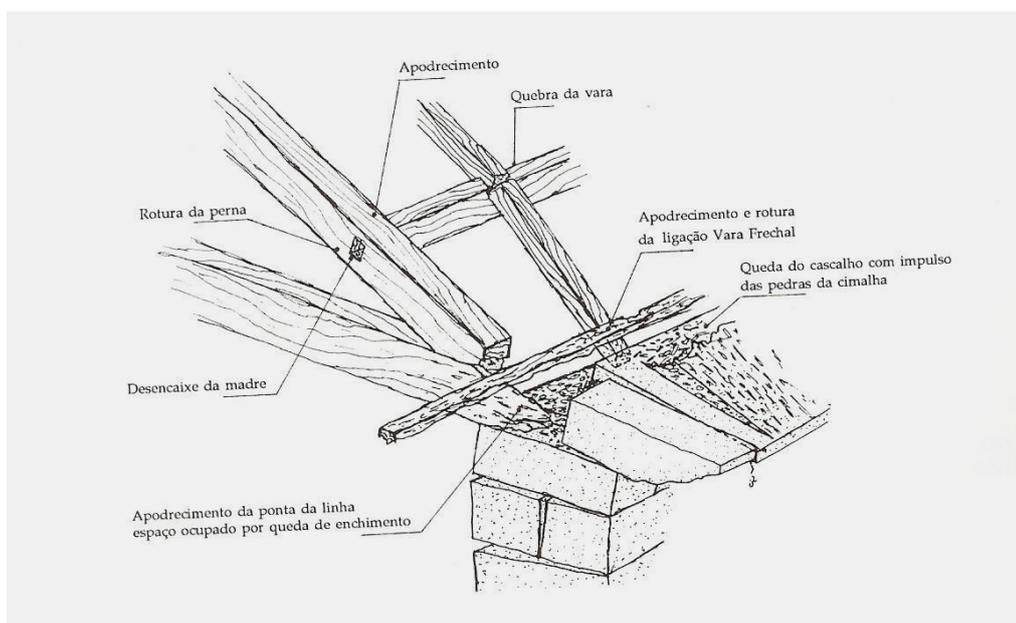


Figura 3.8 – Esquema das patologias em coberturas [12]



Figura 3.9 – Cobertura suportada por paredes divisórias de tabique; Cobertura com bom comportamento; Abatimento do tecto [26, 27]

O desempenho de estruturas salientes merece especial atenção, uma vez que a queda isolada de varandas foi rara, dada a forma como foram executadas em pedras inteiras com pouco desenvolvimento em largura, bem encastradas lateralmente e repousadas em toda a espessura da parede. Relativamente às chaminés tradicionais o seu desempenho não foi tão satisfatório, devido à rotura do lintel da abertura da câmara.

Após toda esta descrição do estado de destruição presente na ilha Terceira, importa referir que alguns edifícios históricos que tinham sido sujeitos a obras de reabilitação eficazes pouco tempo antes do sismo, apresentaram um bom comportamento como é o caso do Palácio dos Bettencourts, actual Biblioteca Municipal, e da Igreja de São Pedro, Figura 3.10.



Figura 3.10 – Palácio dos Bettencourts e Igreja de São Pedro [3]

Em suma, verifica-se que, de uma forma geral, que nas construções de menor porte, as paredes ocupam áreas em planta mais significativas do que nas de maior porte, pelo que se tornam menos vulneráveis à acção sísmica. É claro que a distância ao epicentro é, sem dúvida, o principal factor que condiciona o comportamento das estruturas, traduzindo a força de acção sísmica, não menos importante é a orientação em que se desenvolve a construção, que apresenta uma contribuição muito significativa no seu desempenho, devido ao travamento das paredes resistentes.

### 3.1.3. RECONSTRUÇÃO/REABILITAÇÃO

O processo de reabilitação e reconstrução do sismo de 1980 iniciou-se com grande rapidez, motivado pela necessidade de garantir que os movimentos migratórios verificados em outras crises sísmicas semelhantes não se repetiriam. Assim o Governo Regional criou mecanismos que permitiram essa rápida reconstrução. A cedência de materiais, que se iniciou nos primeiros dias após o sismo, contribuiu significativamente para o arranque, desenvolvimento e radicação da auto-reconstrução. Muitas outras acções foram levadas a cabo pelo Governo Regional, desde logo a decisão de manter o valioso património arquitectónico e urbanístico, que corria o risco de se perder; a criação de legislação específica não só para desburocratizar e facilitar a atribuição de apoios, como também para implementar um planeamento urbanístico eficaz e capaz de responder às verdadeiras necessidades da população, relativamente à formação de novas zonas habitacionais; criação de um Gabinete de Apoio à Reconstrução (GAR) e de linhas de crédito bonificado.

As populações, sobretudo as rurais, iniciaram a reconstrução das suas habitações praticamente no dia seguinte ao abalo e como tal verificou-se a necessidade imediata de conceder o devido apoio técnico às obras, como forma de evitar erros construtivos comprometedores da arquitectura e estabilidade dos edifícios em futuras crises sísmicas [30].

As acções de desobstrução e limpeza das vias de comunicação foram fundamentais para normalizar a circulação na cidade, permitindo que os moradores conseguissem aceder às suas habitações e recuperassem os bens pessoais não destruídos. Simultaneamente, procedia-se à vistoria dos edifícios de habitação com o objectivo de determinar as suas condições de habitabilidade e de avaliar os danos, descrevendo os trabalhos de protecção, resguardo, atirantamento e escoramento, Figura 3.11, demolição ou de reforço que deveriam ser realizados.



Figura 3.11 – Escoramento de pavimento e de fachada; Atirantamento de Cunhal [28] e [32]

O trabalho de demolição era urgente e delicado, especialmente quando se tratava de prédios em banda com diferentes alturas e em que as empenas, não confinantes, ameaçavam abater-se sobre a cobertura vizinha, destruindo na queda um edifício que podia apresentar danos pouco significativos. Na primeira fase de trabalhos verificaram-se alguns exageros, nomeadamente nas demolições, que muitas vezes foram motivadas pelos donos de obra, cujos interesses se mostravam antagónicos à conservação das edificações antigas, não só por falta de meios financeiros para melhorá-las no futuro, como também pela falta de apoio técnico especializado em reabilitação. Muitas das demolições realizadas foram executadas com cuidado e com o auxílio de máquinas de grande porte, de forma a conseguir a remoção de elementos de construção únicos e que marcam, de certo modo, a construção tradicional, como é o caso das imponentes cantarias, Figura 3.12.



Figura 3.12 – Demolições [31]

A referida vistoria inicial era acompanhada pelo preenchimento de uma ficha com as quantidades dos materiais (cimento, ferro, brita e areia) necessários à realização das obras, que eram distribuídos gratuitamente porta a porta. Eram dadas indicações técnicas sobre a construção a realizar, como os traços para os betões e argamassas, localização dos elementos resistentes de betão armado a introduzir na obra, posicionamento, espaçamentos e comprimentos de amarração de estribos e cintas.

A caracterização das técnicas de reabilitação utilizadas nas construções habitacionais de menor porte e fora do limite histórico da cidade é difícil, não só devido à falta de acompanhamento dado a este tipo de obra por parte dos técnicos, como também devido à forte implantação que a auto-construção assumiu e que conduziu à utilização de técnicas pouco correctas. Assim, a generalidade das soluções propostas pelos serviços técnicos, para os edifícios alvo de vistoria, consistiam no cumprimento do Regulamento de Segurança das Construções Contra os Sismos (1958), ou seja, na realização de montantes de betão armado nos cunhais e no desenvolvimento das paredes de enchimento de 3 a 5 m, introdução de cintas sísmicas de travamento ao nível das padieiras de portas e janelas, com correcção da cornija e da platibanda, e coroamento de todo o edifício. Em função do grau de intervenção a realizar, ainda recomendavam a execução do pavimento e da cobertura em laje de betão armado, as paredes de alvenaria eram executadas com soluções mistas de blocos pré-fabricados e de pedra resultante das demolições.

Os imóveis situados no centro histórico e classificados mereceram outro tipo de preocupações por parte do Governo Regional, sendo a execução dos projectos de reabilitação da responsabilidade de um Gabinete Projectista e a fiscalização pela Direcção Regional dos Assuntos Culturais (DRAC). A filosofia que orientou todo o trabalho de elaboração dos projectos de arquitectura dos edifícios classificados teve como princípio fundamental o respeito pelas plantas originais, procurando recolher todo o tipo de documentos, cuja informação é comparada com os vestígios postos a descoberto pelo sismo. Neste sentido, as regras gerais a que um projecto desta natureza deve respeitar são [32]:

- respeitar a arquitectura original;
- refazer e reconstruir a arquitectura primitiva do edifício, corrigindo as zonas modificadas e que não apresentam qualidade arquitectónica;
- encontrar solução de consolidação que não interfiram com os elementos arquitectónicos ou estruturais originais;
- preservar e restaurar todos os elementos de carpintaria autênticos (tectos, pavimentos, portar, janelas, etc.).

Antes de descrever as soluções estruturais mais utilizadas, Tabela 3.1, é necessário ter presente que o contexto remonta a 1980 e neste últimos 30 anos muitos trabalhos de pesquisa foram realizados, muitas técnicas mais eficientes e resistentes surgiram, e muitas outras foram abandonadas e condenadas. Esta temática será abordada com maior rigor no Capítulo 5.

Tabela 3.1 – Soluções de Reabilitação Utilizadas no Sismo de 1980 [28, 32] 1/4

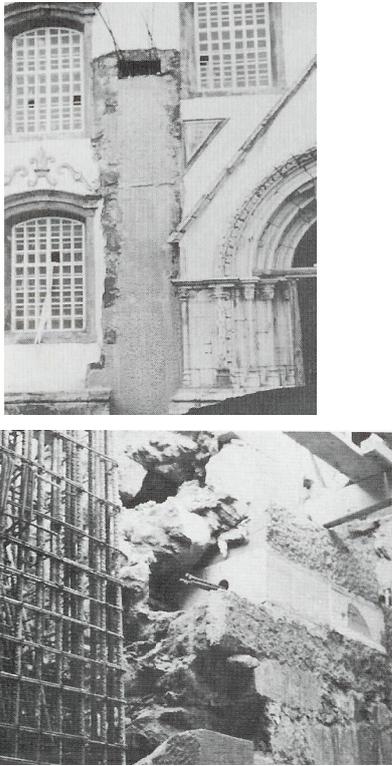
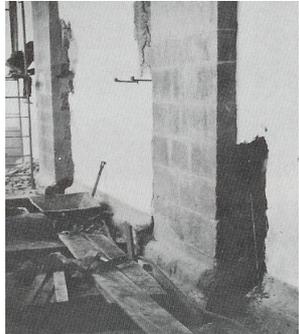
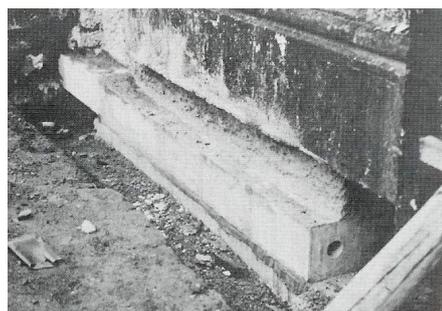
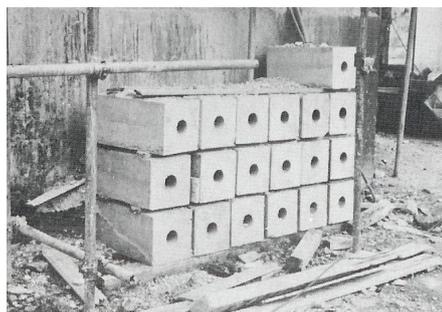
Elemento	Caracterização	Exemplo
<p data-bbox="252 712 335 741">Gerais</p>	<p data-bbox="395 510 928 947">A técnica mais utilizada foi a introdução de elementos verticais e horizontais de betão armado ou pré-esforçado, de modo a formar uma malha reticulada resistente de suporte e de contraventamento de toda a construção. A execução de estruturas porticadas em betão armado com paredes de alvenaria tradicional foi de utilização generalizada. A aplicação de pregagens também foi utilizada, mas em menor escala, dada a falta de garantias associadas à sua boa aplicação.</p>	
<p data-bbox="225 1536 360 1565">Fundações</p>	<p data-bbox="395 1167 928 1451">Os trabalhos de reforço das fundações são normalmente precedidos da recolha de informação por sondagens, através da abertura de poços junto das paredes, de forma a avaliar não só as características do terreno de fundação, como também do estado em que se encontra a infra-estrutura e a forma como foi executada.</p> <p data-bbox="395 1509 928 1906">Verificou-se a necessidade de proceder ao reforço das fundações das paredes, por estas não apresentarem profundidade e largura suficientes que garantam a degradação da carga e um funcionamento monolítico conjunto. Este processo foi realizado por troços sucessivos de aproximadamente 1 m de comprimento em que se “descalça” a fundação existente até à cota de projecto, seguindo-se o respectivo enchimento com betão ciclópico.</p>	

Tabela 3.1 – Soluções de Reabilitação Utilizadas no Sismo de 1980 [28, 32] 2/4

Fundações

Em determinados casos foi necessário introduzir vigas de fundação, por justaposição de elementos prefabricados de betão ligeiramente armado, furados longitudinalmente, que após conclusão funciona com bainha de pré-esforço, e colados com resinas epoxy. Para aumentar a área das sapatas e contenção da fundação primitiva executaram-se anéis de betão armado, envolvendo a fundação original e solidário com esta.



Alvenarias

Paredes  
Aprumadas

O primeiro trabalho realizado foi a remoção do reboco antigo, picagem e lavagem. Seguiu-se o reaperto com aplicação de argamassas hidráulicas e aditivos para evitar a retracção. Sempre que possível recorreu-se a máquinas de projectar para aumentar a eficácia no preenchimento dos vazios. Em situações em que era necessário aumentar a resistência da parede, aplicou-se reboco armado pelo exterior, como forma de englobar toda a estrutura da parede.

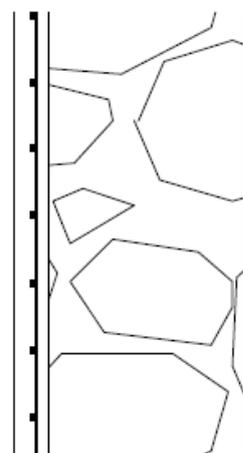
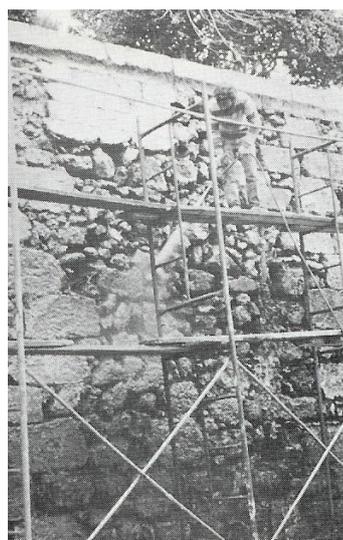
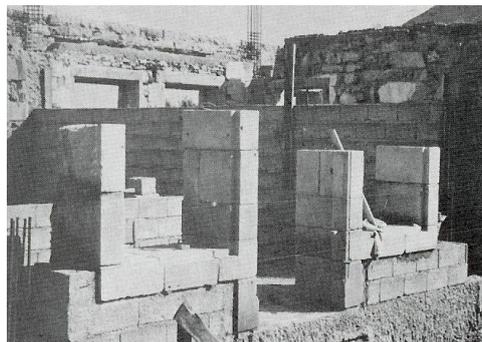


Tabela 3.1 – Soluções de Reabilitação Utilizadas no Sismo de 1980 [28, 32] 3/4

---

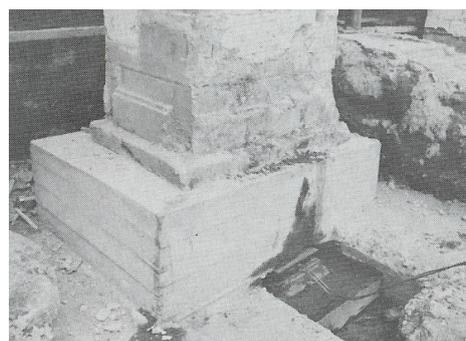
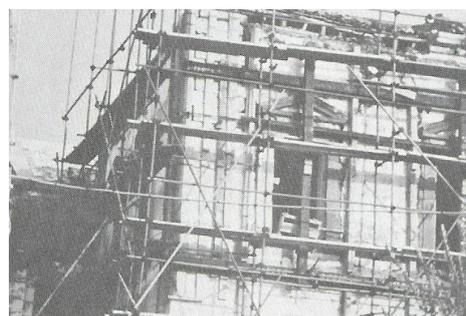
Alvenarias

Em situações em que a parede se encontrava muito danificada era demolida e reconstruída, se possível com as mesmas pedras.



Paredes Desaprumadas

Em paredes e colunas desaprumadas com valor arquitectónico procedeu-se à sua contenção e escoramento, incluindo a protecção dos vãos. Libertando as paredes das suas ligações a pavimentos e coberturas, foi possível reaproximar as paredes da sua posição inicial.



Tabiques

Substituição das paredes interiores de tabique por paredes de blocos pré-fabricados.



Tabela 3.1 – Soluções de Reabilitação Utilizadas no Sismo de 1980 [28, 32] 4/4

---

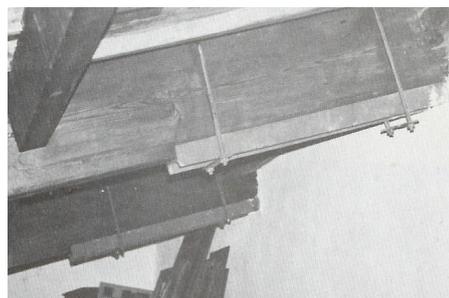
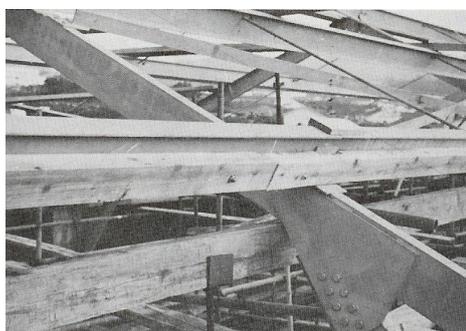
Pavimentos

Para melhorar a estabilidade dos pavimentos realizou-se o reforço com elementos metálicos acompanhados pela reparação dos apoios das vigas.



Coberturas

Aconselhou-se o emprego de lajes de betão armado para coberturas. Contudo para vãos de grandes dimensões, recorreu-se a estruturas mistas de madeira e aço. O recurso a um lintel de betão armado no coroamento de paredes foi usual como forma de absorver os impulsos horizontais transmitidos pela cobertura. Utilizaram-se braçadeiras em aço para melhorar as ligações entre peças estruturais.



Concluindo, com o objectivo de salvaguardar o património histórico e arquitectónico da cidade de Angra do Heroísmo, quase todo destruído, foram tomadas medidas no plano da normalização e mesmo de carácter legislativo com vista, não só à recuperação dos monumentos, igrejas e restantes imóveis públicos, mas também criando incentivos à reconstrução privada, abrangendo todo o parque habitacional. Passados cerca de 30 anos desde a crise sísmica que abalou fortemente a ilha Terceira e do enorme empenho e preocupação que o Governo Regional depositou na reconstrução, hoje é possível concluir que muitas das técnicas utilizadas estão completamente condenadas e que o nível de intrusão verificado foi excessivo, este assunto será abordado com maior descrição e pormenor no Capítulo 5.

### **3.2. ILHA DO FAIAL**

A ilha do Faial tem ganho nos últimos anos uma importância relativa significativa, muito direccionada para as actividades marítimo-turísticas, nomeadamente pela existência de condições de excelência para o acolhimento da navegação de recreio internacional. A procura crescente da Marina da Horta tem

permitido a esta pequena cidade crescer no que diz respeito ao turismo, com fluxos de visitantes muito expressivos no contexto Açoriano. O turismo registado nesta Ilha, à semelhança do que se verifica no restante arquipélago, está muito relacionado com a beleza natural e com preservação do meio ambiente, ainda valorizado pela envolvente formada pelas ilhas do triângulo, Faial, Pico e São Jorge.

No passado a cidade da Horta estava habituada a ser um pólo de intercâmbio de culturas, línguas e raças, nas suas diferentes fases de desenvolvimento socioeconómico, uma vez mais associadas ao seu porto, com condições excepcionais de segurança, nomeadamente nos períodos do comércio da laranja, dos grandes baleeiros, dos hidroaviões da Pan-America que amaravam na baía do Porto da Horta, dos Submarinos Ingleses e Alemães e dos rebocadores Holandeses. Uma longa história sempre ligada ao mar e às suas potencialidades, não fosse esta a maior vantagem de ser ilhéu.

Infelizmente a história sísmica e vulcanológica destas ilhas não se resume ao contemporâneo sismo de 1998, muitos outros o antecederam, como o Vulcão dos Capelinhos, certamente a mais dolorosa e devastadora de todas as crises registadas no Arquipélago. Embora este sismo de 9 de Julho de 1998 tenha ficado conhecido pelo sismo do Faial, a verdade é que outras ilhas foram afectadas, como Pico e São Jorge, mas com um nível de destruição significativamente menor.

### 3.2.1. O SISMO

Um terramoto de magnitude 5.9 atingiu fortemente o Grupo Central do Arquipélago dos Açores às 5horas 19minutos do dia 9 de Julho de 1998, com epicentro no sector Norte do Canal Faial-Pico, a cerca de 15 km da Nordeste da cidade da Horta. O sismo foi sentido em todo o Arquipélago com excepção das ilhas das Flores, do Corvo e de Santa Maria. Provocou cerca de 8 mortos, 150 feridos e 2900 sinistrados. A ilha mais afectada, tal como já foi referido, foi o Faial com uma intensidade máxima de VIII na zona da Ribeirinha, Figura 3.13. A orientação predominante do movimento do abalo foi de Norte-Sul e teve uma duração aproximada de 24 segundos. Os fenómenos sísmicos desta natureza geralmente são precedidos de alguma actividade tectónica anómala, contudo a sismicidade observada durante o mês anterior encontrava-se dentro dos padrões normais. Assim, após o abalo principal e destruidor registou-se uma longa crise sísmica de quatro anos, com uma frequência em que só no primeiro mês foram registados cerca de 7600 microcrossismos, dos quais 325 foram sentidos pelas populações.

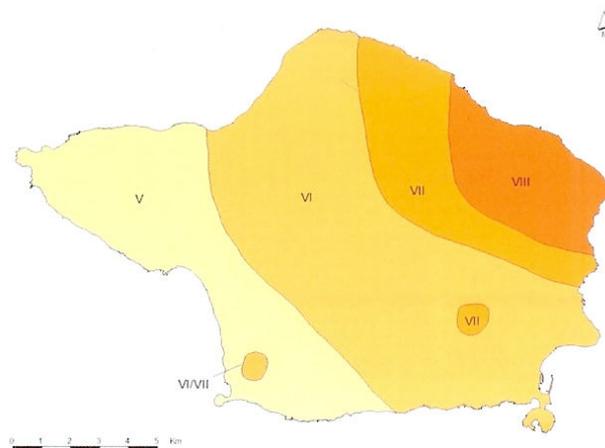


Figura 3.13 – Carta de isossistas do sismo das Ilhas Faial [33]

### 3.2.2. DESTRUIÇÃO

O nível de destruição verificado neste sismo foi completamente devastador, provocou danos de grande gravidade tanto em edifícios como em infra-estruturas e redes de abastecimento das ilhas do Faial e Pico, Figura 3.14. Os edifícios que apresentaram maior nível de destruição foram os de construção tradicional, na ilha mais afectada, o Faial, cerca de 70% parque habitacional ficou destruído, 5000 edifícios danificados, 2100 destruídos e perto de 1600 famílias desalojadas.



Figura 3.14 – Destruição presente na Ilha do Faial [34, 38]

A construção existente nestas ilhas é semelhante à caracterizada anteriormente como construção tradicional, associada à simplicidade construtiva baseada na utilização de madeira e alvenaria de pedra regional. A frequência da actividade sísmica verificada nestas ilhas, tem implicado ao longo dos anos, novas obras, o que resulta em reconstruções, reforços e alterações dos edifícios, contribuindo para uma grande variedade de tipologias e soluções construtivas. Contudo, os sismos de baixa ou moderada intensidade provocam também danos, muitos destes não visíveis a olho nu, mas que condicionam fortemente o desempenho das construções ao movimento do sismo. Alguns dos danos permanentes verificados relacionam-se com fissuras, desconexões e desaprumos. Estes quando combinados com a acção de elementos naturais, como variações de temperatura e acção da água, conduzem a incrementos de tensões, tanto em elementos estruturais como não estruturais, provocando um aumento da sua vulnerabilidade ao efeito dos sismos.

De acordo com estudos desenvolvidos pelo Departamento de Geociências da Universidade dos Açores, o grau de destruição verificado no parque habitacional deveu-se sobretudo à localização de casas em zonas de elevado risco, ao incumprimento de regulamentos e normas para construções sísmo-resistentes e a diversas características geotécnicas de algumas formações geológicas e aterros [35].

A primeira acção a realizar foi a inspecção ao estado das construções, como forma de possibilitar o acesso às habitações em segurança, dado o grande número de réplicas que se fizeram sentir. Assim a análise dos danos foi realizada numa perspectiva da avaliação de viabilidade e dos custos de reabilitação dos edifícios. O levantamento dos danos ocorridos foi realizado com base numa ficha elaborada pelo Laboratório Regional de Engenharia Civil (LREC), Tabela 3.2. Esta ficha permitia realizar não só o levantamento das dimensões gerais do imóvel, mas também a quantificação, em

termos percentuais, das áreas consideradas recuperáveis e irrecuperáveis por cada grupo de componentes estruturais: paredes exteriores; paredes interiores; cobertura e pavimentos. Para tratamento das informações recolhidas nestas fichas, foram criados dois programas informáticos de cálculo automático, “PREDAN” e “DANCUS”, o que permitiu efectuar com facilidade e rapidez a análise de danos, obtendo-se um valor para o índice de danos e o cálculo duma estimativa dos custos de reparação/reabilitação de cada imóvel.

Tabela 3.2 – Ficha de Quantificação dos Danos [13]

Classe dos Danos	Descrição geral dos danos	Acções pós-sismo
I Não-estruturais	Fendilhação ligeira em reboco. Queda de reboco em zonas limitadas.	Não é necessária a evacuação. Reparações em acabamentos.
II Estruturais ligeiros	Pequenas fendas em paredes. Queda de rebocos em áreas com dimensões importantes. Danos em elementos não-estruturais como chaminés, cornijas, beirais, etc. A capacidade resistente da estrutura não é reduzida apreciavelmente.	Não é necessária a evacuação. Reparações em acabamentos providenciando a boa conservação do edifício.
III Danos estruturais	Fendilhação generalizada, larga e profunda em paredes. Fendilhação em pilares. Queda de chaminés. A capacidade resistente da estrutura é parcialmente reduzida.	É necessária a evacuação. Torna-se necessário a recuperação e o reforço estrutural, seguindo-se a reparação dos acabamentos.
IV Estruturais Severos	Brechas nas paredes. Queda de panos de parede. Rotura de elementos de ligação de partes do edifício. Cerca de 50% dos elementos estruturais atingiram a rotura. A situação do edifício é perigosa.	A evacuação é imperiosa. Torna-se necessário decidir entre a demolição ou a reparação e reforço em profundidade do edifício.
V Colapso	Uma grande parte ou a totalidade do edifício em ruína	Demolição, remoção dos destroços e reconstrução de raiz.

Neste sentido, a observação do parque habitacional permitiu verificar, excluindo os edifícios em ruínas, os seguintes danos nas construções [35]:

- colapso generalizado de paredes de alvenaria de junta seca ou com argamassa de má qualidade, onde a resistência das paredes se baseia, essencialmente, no atrito entre as pedras;
- separação das folhas e do núcleo menos resistente em paredes de dois panos, com destacamento e destruição da folha exterior, sobretudo devido à falta de elementos transversais de interligação;
- fendilhação extensa nas paredes exteriores e interiores, sendo o comportamento pior quando estas eram constituídas por blocos irregulares de pedra solta, com pouco ligante ou de fraca qualidade;

- queda de grandes áreas de reboco;
- abertura de grandes fendas e movimentação relativa das pedras de cunhal, provocando a separação das paredes ortogonais, com maior incidência em construções altas;
- deslocamento das paredes exteriores, atingindo dezenas de centímetros [15], por falta de funcionamento em conjunto, isto é, deficiência nas ligações com as paredes interiores, com as próprias paredes exteriores nas zonas de cunhal e com a estrutura da cobertura;
- comportamento muito satisfatório das paredes interiores em madeira, proporcionando muitas vezes a manutenção do suporte da cobertura, mesmo com o colapso total das paredes exteriores;
- movimentação e queda de elementos salientes ou de beiral nas zonas altas dos edifícios, sobretudo ao nível da cobertura;
- desaprumo de paredes, em que estas, em geral, foram “puxadas” para fora do plano, como resultado de alvenarias de pedra irregular;
- estruturas de coberturas muito deformadas, devido ao mau estado de conservação destas;
- queda de zonas extensas de tectos estucados e de ripado de madeira.



Figura 3.15 – Destacamento das paredes exteriores com parede interiores em madeira de suporte à cobertura; Queda de reboco exterior; Colapso da zona de canto [34, 38]

Relativamente a edifícios de carácter monumental, foi realizada uma análise sobre as patologias mais frequentes verificadas ao nível dos edifícios de índole religiosa. Neste sentido, importa referir os danos que se consideram praticamente exclusivos deste tipo de estruturas, como o movimento longitudinal ou transversal dos arcos nas igrejas com mais de uma nave, rotura das cúpulas na zona do altar, rotura dos frontões da fachada, abertura de fendas e deslocamentos consideráveis nas torres sineiras e a queda de elementos decorativos da fachada, que embora não tenham carácter estrutural conduziram ao colapso de algumas estruturas de cobertura, Figura 3.16.



Figura 3.16 – Danos ocorridos em arcos; Rotura do frontão da fachada; Danos em torre sineira [40, 42];

O movimento provocado pelo sismo conduziu a patologias não estruturais que embora não sejam consideradas danos directos do abalo, importa referir devido à sua natureza tipicamente Insular, como o deslizamento de telhas de canudo apenas assente, sem qualquer tipo de sistema de fixação da telha à estrutura da cobertura, resultando quer no perigo de queda dessas telhas para a via pública, quer na necessidade de reparar esses telhados.

Após a observação de todos os danos verificados nas construções de carácter tradicional aquando do sismo de 1998, pode-se sintetizar que a falta de resistência sísmica deveu-se aos seguintes problemas construtivos [36]:

- falta de rigidez, resistência e homogeneidade das paredes de alvenaria resistentes, o que associado ao tipo de sismo característico nos Açores, epicentro próximo com grande componente vertical e alta frequência, conduz a problemas acrescidos;
- deficiente travamento das paredes;
- falta de apoios ao longo da altura dos edifícios;
- pouca rigidez das estruturas em madeira, quer ao nível dos pavimentos como das coberturas, não travando as paredes, originando forças horizontais na zona mais crítica da parede;
- existência de descontinuidades horizontais e verticais, que originam forças sísmicas maiores nas zonas de ligação.

### 3.2.3. RECONSTRUÇÃO/REABILITAÇÃO

A inevitabilidade da ocorrência de sismos neste Arquipélago deverá implicar uma preocupação acrescida na utilização de técnicas de reforço que assegurem as exigências de segurança sísmo-resistente, como forma de acautelar a salvaguarda de pessoas e bens e a preservação da memória do parque edificado para as gerações futuras. Contudo, estas acções de reforço têm que resultar do compromisso entre as exigências de segurança e não descaracterização do conceito original da

construção. Neste sentido e com base no levantamento e tratamento dos dados realizados, foram estabelecidas algumas prioridades, em função das orientações políticas do Centro de Promoção da Reconstrução (CPR), como forma de facilitar e acelerar todo o processo de reabilitação [37]:

*“1. Em primeiro lugar deveriam ser intervencionados os edifícios com danos ligeiros, para assegurar o realojamento célere dos seus ocupantes e libertar alojamentos temporários. O tipo de intervenção não deveria corresponder a obras de grande vulto, embora devesse melhorar a resistência sísmica para eventos futuros, mas sem necessidade absoluta de lhes conferir a resistência de uma construção nova.*

*2. Depois, deveriam ser intervencionados os edifícios com danificação moderada, em que as obras seriam mais demoradas e cuja recuperação se considera possível e justificável. (...) Do ponto de vista estrutural (...), os objectivos nestas situações é o de realizar obras que não só reparem os danos verificados nos edifícios, mas que também melhorem claramente a resistência sísmica para eventos futuros, aproximando-os da resistência de uma construção nova.*

*3. Finalmente, os edifícios com danificação elevada, que não se justifica serem reparados deveriam ser demolidos e construídos de novo. Nestes casos a reconstrução deveria cumprir a regulamentação em vigor para edifícios novos.”*

Relativamente à reabilitação do edificado afectado pelo sismo, o LREC/LNEC teve um papel fundamental para a sua correcta execução, com a definição de directivas e recomendações técnicas. Este trabalho permitiu apresentar recomendações integradas dos princípios gerais para elaboração de projectos de reabilitação de edifícios de médio porte, com indicações sobre a concepção das soluções estruturais de reabilitação e reforço, definição da acção sísmica a adoptar e respectivo coeficiente de comportamento e recomendações para os valores de resistência a adoptar nas verificações de segurança. Estas publicações distinguem-se pelo seu carácter específico, apresentando soluções adequadas às características intrínsecas destas ilhas.

As acções de reabilitação e restauro apresentam grandes desvantagens comparativamente com a construção nova, por um lado o necessário estudo exaustivo dos materiais adequados a cada tipo de solução, por outro a minúcia e os cuidados exigidos na execução de um trabalho de qualidade. Este tipo de obra requer a utilização de materiais especiais, ou a associação destes com materiais frequentemente adoptados nas construções novas. Para melhor compreender os aspectos tecnológicos das soluções utilizadas, importa conhecer as características dos materiais. Assim o uso de resina epoxídica é comum, sobretudo em trabalhos de injeção de fendas, para melhorar a ligação de betões e argamassas com diferentes idades, ou como base para a realização de argamassas especiais. Como forma de garantir a permanente ligação entre os materiais a reparar recorre-se com frequência a argamassas prontas, micro-betões com baixa retracção ou expansivos e de alta resistência. Quando as estruturas apresentam deficiências em termos de secções de armadura são, geralmente, reforçadas com base na utilização de perfis metálicos, lâminas, malhas de aço ou aço em varão.

A condição essencial para que este tipo de construção não exhiba grande vulnerabilidade à acção dos sismos são as boas ligações entre os elementos estruturais principais da construção, para assegurar que se mantenham solidários e funcionem em conjunto quando actuados pelo movimento sísmico. De uma forma geral, o tipo de intervenções a realizar para concretizar essas medidas são assegurar a continuidade dos diversos elementos estruturais, como paredes, pisos e coberturas, e garantir as conexões entre todos estes elementos. Na Tabela 3.3 estão descritas e ilustradas com maior pormenor as soluções adoptadas.

Tabela 3.3 – Soluções de Reabilitação Utilizadas no Sismo de 1998 [36 - 42] 1/5

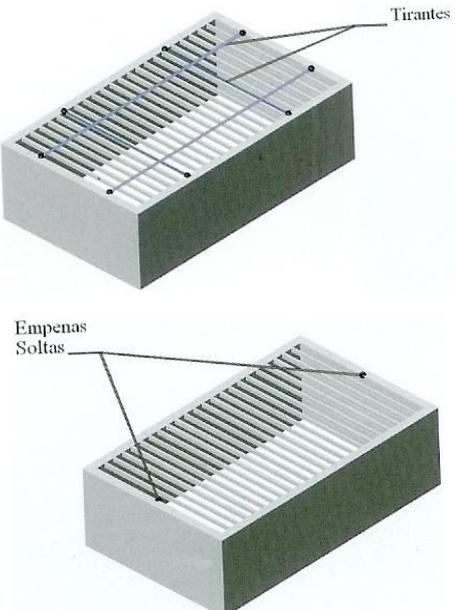
Solução	Caracterização	Exemplo
<p>Introdução de tirantes ao nível dos pisos</p>	<p>Permite ligar panos de parede de alvenaria opostos, sendo fundamentais para as empenas orientadas na direcção dos vigamentos de apoio ao soalho. Estes tirantes devem ser bem ancorados na cinta periférica de coroamento ou em elementos metálicos de distribuição no paramento exterior da parede.</p>	
<p>Introdução de treliças metálicas ao nível do pavimento</p>	<p>Esta técnica permite não só a ligação de todas as paredes resistentes, como a consolidação e reforço da estrutura do pavimento.</p>	

Tabela 3.3 – Soluções de Reabilitação Utilizadas no Sismo de 1998 [36 - 42] 2/5

---

Reforço das ligações das paredes aos pavimentos e coberturas

Funcionamento da estrutura como conjunto, pode ser realizado com a utilização de cantoneiras que ligam os pisos às paredes, com a rigidificação dos pisos de madeira no seu plano, recurso a peças diagonais de madeira ligadas por chapas metálicas e com a colocação de peças metálicas a ligar as vigas de madeira às paredes. Estas peças metálicas devem ser devidamente protegidos contra a corrosão.



Reforço das intersecções entre paredes

Introdução de elementos metálicos, chapas, cantoneiras e varões roscados, para garantir o reforço das zonas de intersecção de paredes ortogonais.



Tabela 3.3 – Soluções de Reabilitação Utilizadas no Sismo de 1998 [36 - 42] 3/5

Reforço da alvenaria

Pode ser realizado com recurso a betão projectado armado ou por reboco armado. A primeira técnica é direccionada para zonas extensas, onde o betão é projectado sob pressão em continuo e a armadura utilizada é aço em varão. O reboco armado consiste na aplicação de redes de aço inox em ambas as faces da parede desde a fundação (40 cm), sendo estas ligadas por conectores metálicos. Implica a limpeza das juntas e o seu refechamento. O reboco deve ter pelo menos 3 cm de espessura. Nas zonas em que seja necessário realizar emendas, estes devem garantir um mínimo de 15 cm de sobreposição. Estas técnicas têm o inconveniente de não serem aplicáveis em zonas de alvenaria à vista.



Caldas de injeção

Injecção de resinas epoxídicas ou de caldas de cimento paredes de alvenaria de pano duplo e triplo para preencher os vazios internos e homogeneizar o material do núcleo. Esta técnica de injeção é sempre uma incógnita, devido à dificuldade em quantificar os vazios existentes “à priori”.

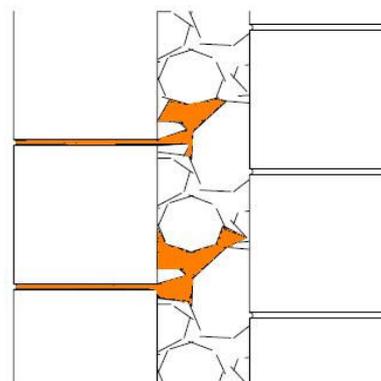
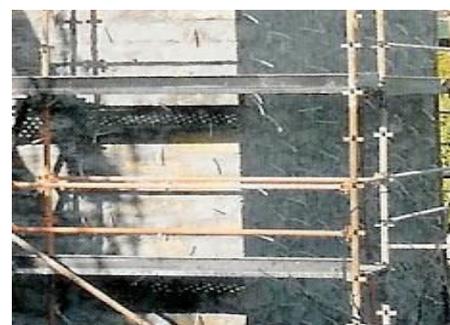
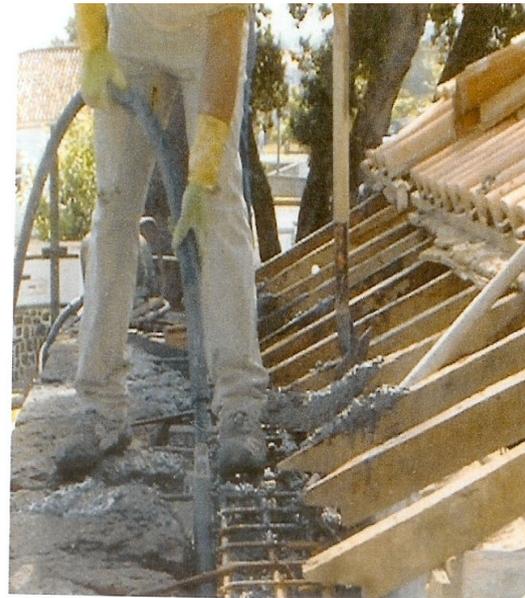


Tabela 3.3 – Soluções de Reabilitação Utilizadas no Sismo de 1998 [36 - 42] 4/5

---

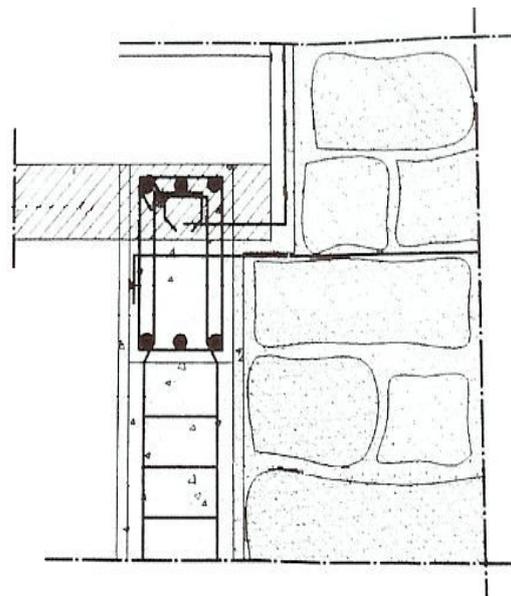
Cinta de solidarização ao nível do coroamento das paredes

Execução de uma cinta de betão armado no coroamento das paredes exteriores, devidamente ligada à parede e à estrutura de madeira da cobertura. Em alternativa, nas construções de melhor qualidade e de apenas um piso pode-se optar pela duplicação da malha incorporada no reboco armado.



Montantes de solidarização

Surgem nas zonas de reconstrução integral das paredes, devem ser colocados nos cantos dos edifícios sempre que se execute laje em betão armado.



Eliminação de deformações

Supressão de desaprumos, desalinhamentos ou enfolamentos localizados com a recolocação das pedras movimentadas nas suas posições originais, com recurso a forças perpendiculares à parede por meio de cabos, “tirefonds” ou macacos hidráulicos.

Tabela 3.3 – Soluções de Reabilitação Utilizadas no Sismo de 1998 [36 - 42] 5/5

Fundações

Consolidação do solo de fundação; aumento da largura e do monolitismo das fundações; aumento da capacidade resistente através da utilização de elementos auxiliares de suporte como micro-estacas ou estacas.



Em edifícios monumentais a introdução de algumas técnicas de reabilitação estão condicionadas por envolver problemas estéticos e arquitectónicos que descaracterizam o edifício. Assim, cada conflito tem de ser equacionado e estudado de forma única e pontual, um exemplo disto é a Figura 3.17 onde é possível verificar a realização de um tirante na própria asna de cobertura.



Figura 3.17 – Cobertura de uma igreja, tirante realizado através da asna [43]

### 3.3. NOTAS FINAIS

As obras de reabilitação e restauro apresentam duas grandes desvantagens comparativamente à construção nova, por um lado os prazos que se estabelecem para a conclusão dos trabalhos, que obrigam a imprimir ritmos e métodos de laboração que não se compadecem com a minúcia e os cuidados exigidos na execução de um trabalho de qualidade, e por outro a falta de sensibilidade por parte do pessoal de obra para o aparecimento frequente de novos elementos arquitectónicos e estruturais, que fazem parte do código genético da construção tradicional e não podem ser ignorados. Estas alterações podem exigir correcções significativas aos projectos e condicionar todo o planeamento previsto da obra.

A realidade inexorável da recorrência sísmica que se verifica no Arquipélago dos Açores afecta predominantemente o parque edificado, com maior incidência nas construções de alvenarias de pedra de pior qualidade. Ao contrário daquilo que se possa pensar as construções não são apenas atingidas pelos sismos de grande intensidade, os abalos de pequena e média escala afectam significativamente o comportamento das construções, comprometendo-as no futuro, uma vez que provocam patologias quase imperceptíveis, como desconexões, fissuras e desaprumos. A origem destes danos permanentes deve-se sobretudo à duração do sismo, ao número de réplicas e à existência de uma importante componente vertical. Neste sentido, verificou-se que muitos edifícios tinham deficiências provocadas por sismos anteriores e que as reparações realizadas na altura não terão sido tão profundas e adequadas como seriam desejáveis, condicionando fortemente o seu desempenho nas crises sísmicas estudadas. A análise comparativa das técnicas de reabilitação utilizadas nas crises sísmicas aqui referidas será realizada no Capítulo 5, após uma descrição das técnicas de reabilitação utilizadas presentemente.

# 4

## CASOS DE ESTUDO

### 4.1. INTRODUÇÃO

Para que a síntese do trabalho realizado anteriormente seja possível é necessário, sem dúvida, a análise de alguns casos práticos, isto é, o estudo de alguns projectos de reabilitação realizados, num passado recente, no Arquipélago dos Açores. Esta parte do estudo tem como objectivo perceber o modo como a forte sismicidade que atinge a região tem contribuído para a mudança das práticas da construção tradicional, designadamente a melhoria estrutural das construções tradicionais, perceber a verdadeira dimensão das preocupações anti-sísmicas nas reabilitações recentemente realizadas, caracterizando as técnicas e as soluções de reforço utilizadas. Outro aspecto que merece algum destaque resulta do compromisso existente entre a garantia de segurança estrutural das soluções de reabilitação e a incompatibilidade e descaracterização dos elementos arquitectónicos presentes na construção tradicional. Um bom projecto de reabilitação consiste na conciliação entre a segurança estrutural e a preservação dos elementos característicos da construção tradicional, sendo necessário enquadrar o objectivo da obra no contexto do edifício. O nível de intervenção de uma obra de reabilitação resulta sobretudo do tipo de utilização futura e da natureza do edifício, ou seja, por um lado a necessidade de garantir maior segurança em edifícios de índole pública e por outro a obrigatoriedade de preservar o património. Para além destes factores preponderantes na qualidade da obra, a disponibilidade económica do dono de obra para investir em segurança anti-sísmica e os conhecimentos técnicos dos agentes de fileira construção, donos de obra, projectistas e empreiteiros, condicionam significativamente o nível de intrusão.

Neste capítulo apresentam-se alguns casos de estudo de intervenções consideradas de interesse. Para o efeito efectuaram-se contactos junto de entidades públicas e de particulares. Percebeu-se que existe alguma falta de preocupação na organização dos projectos terminados, a informação encontra-se dispersa e pouco sistematizada, tanto junto dos donos de obra como dos fiscais e empreiteiros. Os projectos analisados abordam várias tipologias desde edifícios de habitação unifamiliar a edifícios públicos, como escolas e bibliotecas, como forma de obter uma amostra alargada e diversificada. Para concretizar objectivamente os pressupostos deste capítulo, privilegia-se a descrição da função, dimensão e valor arquitectónico dos imóveis reabilitados, em detrimento da descrição pormenorizada do edifício e da sua história. No que respeita à caracterização das soluções tecnológicas, esta é realizada apenas aquando da descrição da primeira obra que inclua essa técnica, como forma de tornar o trabalho menos repetitivo.

## 4.2. PROJECTOS

Como objecto de estudo foram analisados cerca de seis projectos de reabilitação, em que todos tiveram como base a construção tradicional açoriana anteriormente descrita, sendo de destacar: duas moradias unifamiliares em que numa destas se optou por uma construção totalmente nova; dois edifícios públicos de pequeno porte e três de maior porte.

Tabela 4.1 – Síntese dos casos de estudo

Caso de estudo	Tipologia	Uso	Local	Data de Reabilitação	Nível de Informação
1	Moradia Unifamiliar	Habitação	Ponta Delgada, Ilha de São Miguel	2007	Descrição do engenheiro e proprietário, incluindo visita
2	Edifício Público	Ecoteca	Vila do Porto, Ilha de Santa Maria	2008	Memória descritiva e projecto completo
3	Edifício Público	Escola	Ponta Delgada, Ilha de São Miguel	2005	Projecto e descrição da fiscalização, com visita
4	Edifício Religioso	Igreja	Ponta Delgada, Ilha de São Miguel	1995	Memória descritiva e informações do empreiteiro, incluindo visita
5	Edifício Público	Biblioteca	Ponta Delgada, Ilha de São Miguel	1986	Memória Descritiva e informações da fiscalização
6	Moradia Unifamiliar	Habitação	Ponta Delgada, Ilha de São Miguel	2005	Projecto completo e descrição do arquitecto, incluindo visita

#### 4.2.1. MORADIA UNIFAMILIAR A

Trata-se de uma moradia unifamiliar localizada da Rua do Peru nº 55, Ponta Delgada, ilha de São Miguel, que foi alvo de uma profunda obra de reabilitação, completamente terminada, mantendo apenas as paredes de alvenaria resistente, Figura 4.1.



Figura 4.1 – Moradia Unifamiliar A

A solução realizada teve como objectivo não descaracterizar o existente, mantendo o aspecto exterior inalterado, nomeadamente com a cobertura em telha regional e com a cantaria regional à vista, ombreiras, padieiras, varandas e cornija. Relativamente ao interior, foram preservados todos os elementos característicos da casa, desde as escadas em pedra para o primeiro andar até aos pavimentos de algumas divisões em “lajes” de pedra maciças.

Para além da demolição de todo recheio, pavimentos, paredes divisórias e cobertura, a solução de reabilitação adoptada inclui a introdução de uma estrutura metálica na cobertura, a cintagem das paredes exteriores com recurso a uma viga de betão armado e a execução de reboco armado nas duas faces das paredes existentes.

A cobertura foi realizada em estrutura metálica, com perfis HEB160 e com uma solução integrada da “Onduline”, painéis tipo *sandwich* e sub-telha asfáltica, com recobrimento em telha regional de canudo, apenas com funções estéticas. A solução adoptada para a cinta de coroamento, de secção  $40 \times 30 \text{ cm}^2$ , inclui 5 varões de 12mm, com estribos de 8mm espaçados de 0.20m, esta solução embora pareça de execução bastante simples apresenta alguns inconvenientes, devido à existência de uma cornija na parede da fachada. As pedras que constituem a cornija apresentam desenvolvimentos diferentes para o interior o que muitas vezes obriga ao corte ou à furação da pedra, para um melhor envolvimento e segurança da cornija, Figura 4.2.

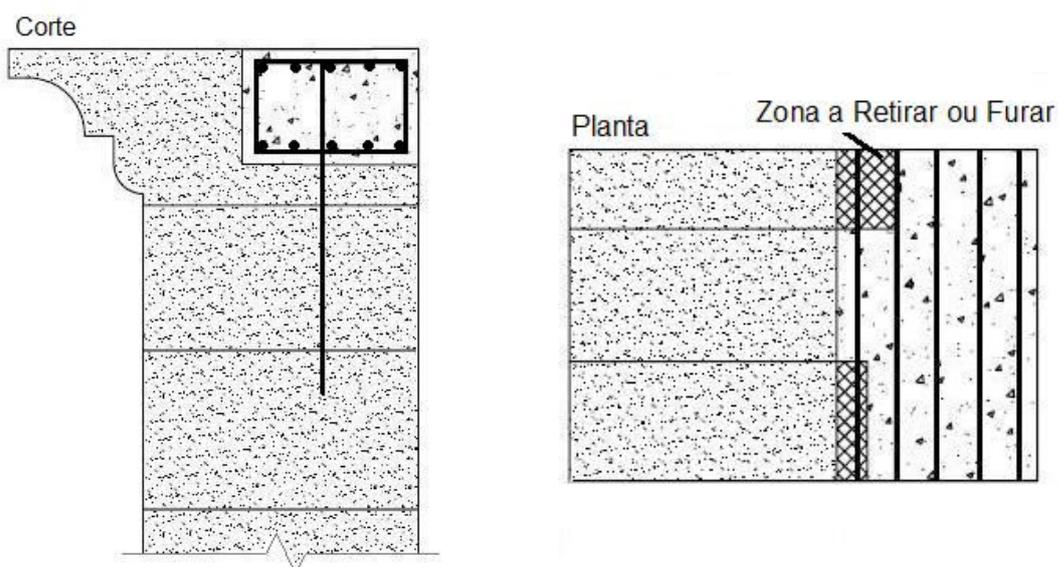


Figura 4.2 – Cinta de coroamento e vista em corte e planta da parede na zona da cornija

A consolidação das paredes de alvenaria resistente com reboco armado apresenta-se como uma solução praticamente generalizada em todas as obras, pelo que merece algum destaque e pormenor na sua descrição. A preparação da parede é uma das principais fases desta técnica, uma vez que é necessário remover convenientemente todo o reboco existente. Esta técnica foi realizada de acordo com os seguintes passos:

1. picagem do reboco de barro e limpeza das juntas removendo a argamassa na profundidade possível com recurso a jacto de água;
2. a ligação entre as duas faces da parede foi realizada com varões de aço de 10mm, protegidos com “zarcão” contra a oxidação. Estes elementos metálicos transversais ao plano da parede foram espaçados de 1m na vertical e na horizontal, em quincôncio. Colocação de tubos plásticos junto aos ligadores para posterior selagem com calda de cimento, Figura 4.3;

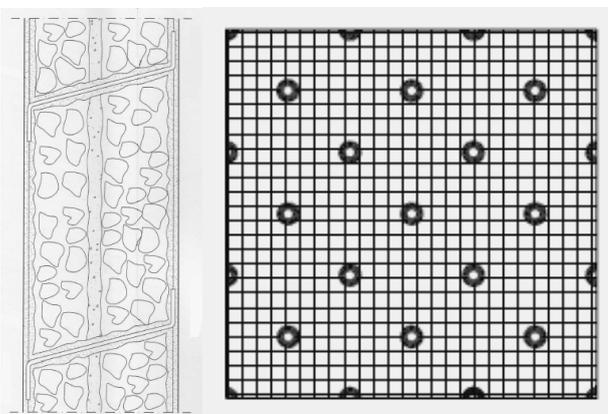


Figura 4.3 – Corte esquemático da parede com reboco armado e esquema de ligadores em quincôncio

3. reboco da parede com uma argamassa de cimento e areia ao traço 1:2, com as paredes devidamente humedecidas;
4. colocação da rede sintética (Sika GT275) nos paramentos interiores e exteriores das paredes. Nas zonas de emenda da rede, a sobreposição mínima de 15cm. A malha desenvolveu-se até 40cm de profundidade desde o nível do piso térreo;
5. dobragem dos varões de ligação com 15cm de comprimento no exterior;
6. selagem dos ligadores com calda de cimento introduzida por gravidade;
7. reboco da parede com garantia de que não ficaram vazios no tardo da malha. O traço da argamassa desta camada foi de 1:3 com incorporação de aditivo hidrófugo;
8. a terceira e última camada de reboco foi realizada com argamassa bastarda de cimento, cal e areia ao traço de 1:1:6 e com 1cm espessura.

Importa referir que nesta obra os cuidados com a corrosão das armaduras foram salvaguardados, nomeadamente com a utilização de uma rede sintética e com a não utilização de areia do mar, devido à grande concentração de sais e cloretos que apresenta, mesmo após várias lavagens. No arquipélago, devido à proximidade das construções ao mar, existem graves problemas associados à corrosão das armaduras e consequente destacamento do reboco.

Geralmente, um dos problemas das reabilitações reside no tipo de solução a adoptar relativamente ao pavimento, uma vez que as soluções de laje maciça representam um grande peso no sistema estrutural global. Nesta obra recorreu-se a uma laje aligeirada com cerca de 20cm de espessura e apoiada nas paredes de alvenaria resistente primitivas.

#### 4.2.2. ECOTECA DE VILA DO PORTO

A Ecoteca de Vila do Porto é um equipamento colectivo que tem por objectivo constituir um espaço didáctico e pedagógico privilegiando a sensibilização, formação e informação sobre o ambiente. Este edifício localiza-se na Rua Teófilo de Braga nº 10, 12 e 14, a principal artéria de Vila do Porto – ilha de Santa Maria, Figura 4.4. Trata-se de um edifício de construção tradicional e cujas soluções de reabilitação são praticamente idênticas às da obra anteriormente descrita, onde a única diferença resulta na solução adoptada para o pavimento.



Figura 4.4 – Ecoteca de Vila do Porto

Assim, a solução estrutural adoptada recorre também a uma estrutura de cobertura metálica constituída por vigas principais SHS 120x6.3 e madres SHS 70x5 espaçadas de 1m para apoio das telhas, Figura 4.5. O reforço das paredes de alvenaria resistente apresenta uma solução idêntica à do projecto anterior, reboco armado nas duas faces, embora neste caso tenha sido utilizada uma rede de aço inox com ligadores em quincôncio de 16mm, protegidos com primário e esmalte epoxídico, Figura 4.6. e cintagem das paredes exteriores com viga em betão armado.



Figura 4.5 – Estrutura de cobertura “antiga” e nova metálica



Figura 4.6 – Reboco Armado com ligadores de chapa em quincôncio

O aspecto mais importante da obra reside na solução executada no pavimento do 1º andar em que foram utilizadas duas técnicas de forma a aproveitar o mais possível o existente. Neste sentido, parte do pavimento que era laje de betão foi reforçada com uma lâmina de 5cm de betão armado com malha de 10mm e a parte do pavimento de soalho apoiado em barrotes de madeira foi substituído por perfis metálicos HEB100, afastados de 0,40m, que descarregam nas paredes resistentes existentes, onde apoia o novo soalho do tipo “Viroc”. A laje térrea foi executada sobre uma película de PVC de 200g/m<sup>2</sup>, por uma laje de betão armado com uma armadura dupla com varões de 6mm espaçados 0,15m, com uma espessura mínima de 15cm, Figura 4.7.

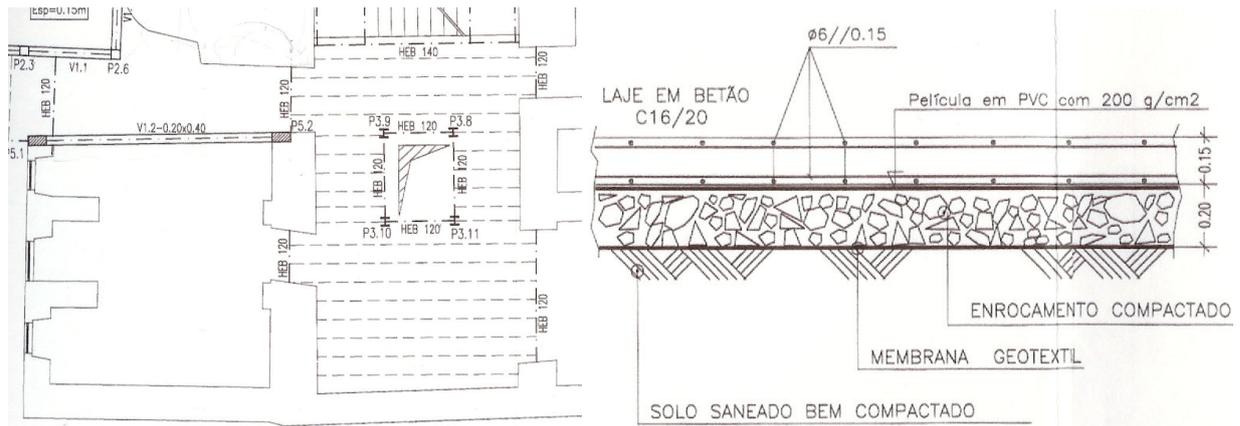


Figura 4.7 – Planta Estrutural do tecto do piso 0 e corte da laje térrea

#### 4.2.3. ESCOLA ROBERTO IVENS

As instalações da Escola Roberto Ivens fazem parte do património classificado na Região, trata-se de um edifício de grandes dimensões com cerca de 2000m<sup>2</sup> de área de implantação e construído de acordo com as técnicas de construção tradicional, Figura 4.8. Localiza-se no coração da cidade de Ponta Delgada, em pleno centro histórico, na Rua do Mercado nº 5 – São Pedro, Ilha de São Miguel.



Figura 4.8 – Fachada da Escola Roberto Ivens

Dada a natureza excepcional deste edifício, a solução executada inclui técnicas de reabilitação que ainda não foram abordadas, como a execução de uma vala de fundação em todo o contorno interior do edifício com preenchimento a betão, o atirantamento das paredes ortogonais nas zonas de cunhal e a solução de pavimento em laje colaborante. As restantes técnicas estão de acordo com o referido anteriormente, nomeadamente o reboco armado nas duas faces com inclusão de rede sintética (Sika GT275) e cinta de coroamento em betão armado nas paredes exteriores.

A vala de fundação consiste numa técnica pouco intrusiva de reforçar as fundações, que nos edifícios de construção tradicional são inexistentes ou de pequena dimensão. Assim, esta técnica resulta da escavação de uma vala pelo interior das paredes exteriores, que depois da colocação da rede do reboco armado até à base da vala, é preenchida com betão, Figura 4.9. Nesta obra, a vala apresenta uma dimensão de 40x40cm<sup>2</sup>, embora em alguns locais de difícil execução a sua dimensão tenha sido reduzida.

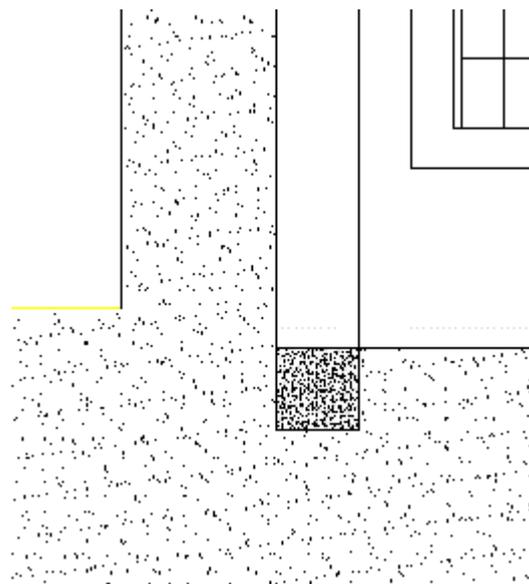


Figura 4.9 – Corte da vala de fundação

A solução que demonstra melhor o nível de preocupações presentes neste projecto resulta na realização de pregagens das paredes ortogonais na zona de cunhal. Esta técnica consiste na colocação pelo interior das paredes de uns varões de aço que permitem uma maior consolidação dos cunhais, com a fixação das pedras de paredes distintas. Esta tarefa foi realizada com grandes preocupações estéticas, uma vez que as cantarias foram furadas e novamente preenchidas, não alterando o seu aspecto exterior, Figura 4.10. Os pavimentos dos pisos superiores foram realizadas com lajes colaborantes, com altura máxima de 12cm, como forma de aliviar o seu peso para a restante estrutura.

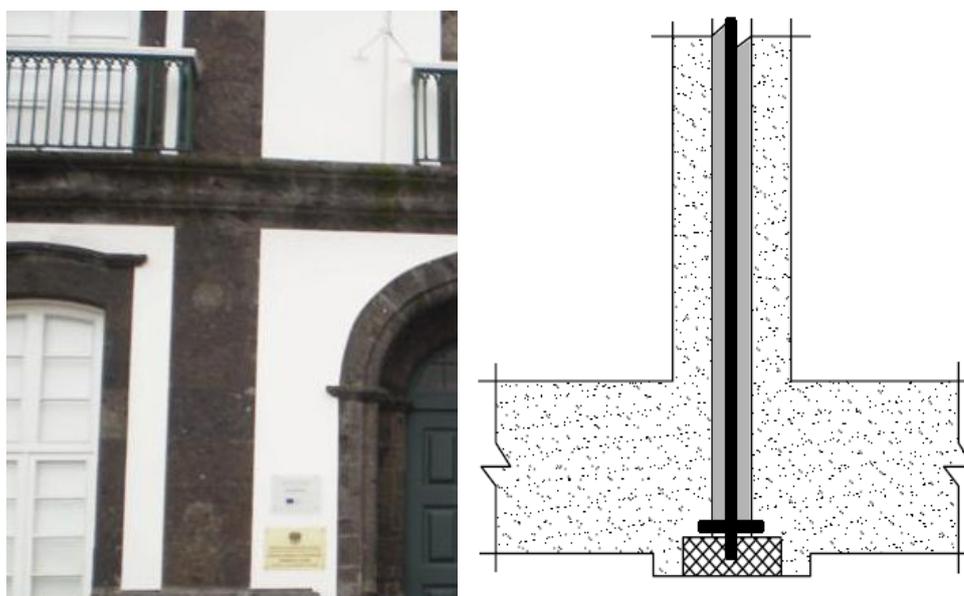


Figura 4.10 – Esquema das pregagens nas paredes ortogonais e aspecto exterior da fachada nas zonas de furação

A estrutura da cobertura foi realizada com perfis metálicos, embora a solução realizada inclui-se a integração de umas asnas já existentes em betão armado, fruto de obras de reabilitação executadas anteriormente, e que foram mantidas. A cobertura foi realizada com painéis do tipo *sandwich* com subtelha, sendo revestida a telha regional.

#### 4.2.4. IGREJA DO COLÉGIO

A Igreja do Colégio dos Jesuítas situa-se na Ilha de São Miguel, Ponta Delgada, e está igualmente incluída no centro histórico da cidade. Trata-se de um edifício de construção marcante no património arquitectónico da Região, devido não só ao seu carácter religioso como também à imponência da sua fachada, que apresenta um minucioso trabalho de cantaria em estilo Barroco, muito invulgar no Arquipélago, Figura 4.11.



Figura 4.11 – Fachada da Igreja do Colégio

Embora este edifício apresente uma solução construtiva que se enquadra no tipificado para a construção tradicional, é importante descrever a sua forma e sua estrutura com o intuito de enquadrar as soluções reabilitação realizadas [44]:

“Igreja de nave única, que se desenvolve ao longo do eixo longitudinal, sem transepto marcado, com uma espécie de vestíbulo interior formado por duas colunas revestidas de madeira entalhada, que suportam o coro, e por dupla divisória lateral, baixa e azulejada, antecedendo o acesso à nave, comunicando o coro com o corredor superior, ao longo da nave, e com a torre sineira”, Figura 4.12.

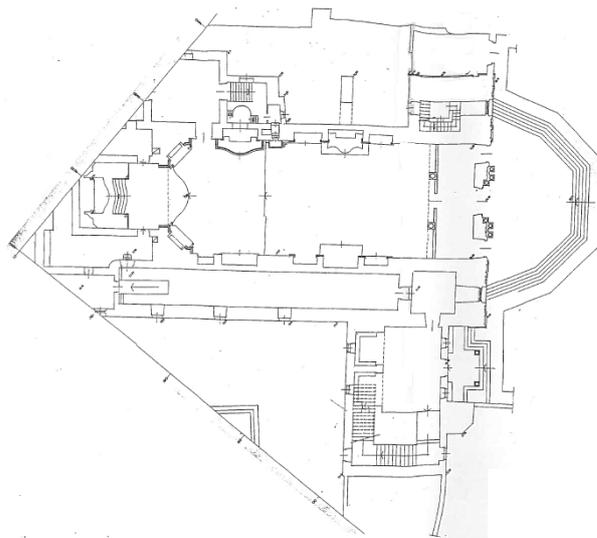


Figura 4.12 – Planta Igreja do Colégio

Dos aspectos estruturais, importa referir a solução para a cobertura da nave central que é originalmente constituída por uma abobada de berço de alvenaria de pedra miúda, embora tenha sido sobreposta uma estrutura em madeira com revestimento a telha regional. A empena nascente de grande desenvolvimento, cerca de 17m, apresenta de um reforço composto pela única torre sineira e por dois contrafortes, que no seu conjunto, equilibram os impulsos transmitidos pela cobertura às paredes, Figura 4.13.



Figura 4.13 – Alçado nascente evidenciando os contrafortes

As técnicas de reabilitação realizadas nesta obra estão de acordo com as referidas nas obras anteriores, contudo existem algumas diferenças, sobretudo motivadas pela presença dos elementos estruturais descritos. Assim, a consolidação estrutural das fundações foi realizada com base no seu alargamento,

com a execução de uma vala junto das paredes pelo interior preenchida com betão. Esta vala apresenta uma dimensão muito superior à referida anteriormente, atingindo cerca de 1m de largura. O reforço geral das paredes envolveu reboco armado com uma malha de aço distendido e galvanizado no exterior e interior, com ligadores de *Dywidag* e o reforço local das paredes em zonas fissuradas, com seu preenchimento por injeção de calda de cimento, figura 4.14.

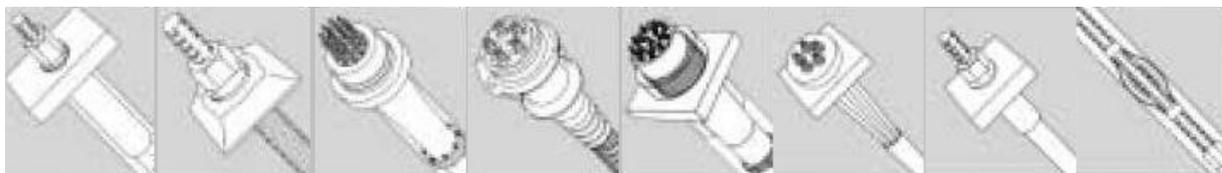


Figura 4.14 – Ligadores de *Dywidag*

Os contrafortes foram reforçados por encamisamento em betão armado e foram realizadas ligações com a introdução de tirantes passivos entre paredes e entre os contrafortes e a parede nascente. A intervenção na cobertura envolveu dois tipos de solução, uma direccionada para a consolidação da abobada da nave e outra que visava o reforço da estrutura de madeira. Assim, entre a parte superior da abobada da nave e a estrutura de madeira foi projectada uma solução idêntica ao reboco armado, onde seria distendida uma malha de aço galvanizada e posteriormente projectado betão. Contudo, foram sentidas grandes dificuldades no reforço da abóbada, optando-se por estabelecer a ligação entre paredes ao nível da cobertura. A solução introduzida incluiu uma estrutura de cobertura em madeira com lâmina superior em argamassa armada com malha de aço distendido e galvanizado, sobre a qual serão colocadas as ripas e as telhas da cobertura.

#### 4.2.5. BIBLIOTECA PÚBLICA E ARQUIVO REGIONAL DE PONTA DELGADA

O edifício da Biblioteca Pública de Ponta Delgada localiza-se junto à Igreja do Colégio dos Jesuítas e correspondia à parte onde funcionava o referido Colégio, correspondendo a edifícios completamente independentes e autónomos, Figura 4.15. Embora este projecto tenha sido realizado na década de 80, a sua inclusão no presente trabalho tem como objectivo perceber a evolução das técnicas de reabilitação e clarificar que muitas das soluções tomadas aquando dos sismos eram praticas comuns e que não foram influenciadas pelo desespero e pela necessidade de reconstruir. Devido ao tempo decorrido desde a execução do projecto, foram encontradas grandes dificuldades na sua descrição, sobretudo na obtenção de desenhos e imagens, mesmo assim optou-se pela sua análise.



Figura 4.15 – Biblioteca Pública e Arquivo Regional de Ponta Delgada

Este projecto de execução de adaptação inclui uma profunda reabilitação do existente, cerca de 4000m<sup>2</sup> de área de construção, e um acréscimo de áreas muito significativo, 7000m<sup>2</sup> em construção nova, que não será alvo de qualquer estudo. Assim, a área a reabilitar está repartida por dois edifícios distintos e cujas soluções de reabilitação estrutural foram diferentes. Importa reforçar que estes edifícios não apresentam qualquer ligação física à obra anteriormente descrita, sendo a sua história o único factor que os aproxima.

Para um dos edifícios o reforço estrutural realizado incluiu uma laje maciça de betão armado, com 0,15cm de espessura, que descarrega sobre as paredes de alvenaria resistente e uma cinta de betão armado na parte superior das paredes, onde apoia a estrutura da cobertura. No outro edifício o reforço estrutural apresentou-se mais pesado e intrusivo, optando-se pela construção de uma nova estrutura porticada de betão armado, de laje maciça com pilares e cintada na parte superior das paredes.

A execução da laje maciça obrigou a cuidados especiais, uma vez que se pretendia manter toda a aparência original, nomeadamente: o levantamento, reparação e escolha do sobrado dos pisos superiores; toda a estrutura do pavimento, vigas, barrotes e traves, foi desmontada e rebaixada de 0,20m; sobre esta estrutura montou-se uma cofragem perdida de tábuas de madeira que recebeu a laje de betão armado; sobre a laje executou-se uma caixa-de-ar com barrotes, onde foi remontado o sobrado anteriormente desmontado.

Dado o estado de conservação da estrutura da cobertura e à necessidade de substituição, optou-se pela sua reconstrução com asnas metálicas, que apoiam na cinta de coroamento. Sobre as asnas metálicas assentam chapas de fibrocimento, que recebe as telhas de canudo regionais.

#### 4.2.6. MORADIA UNIFAMILIAR B

O projecto inicial desta moradia tinha como objectivo reabilitar uma estrutura existente onde se pretendia apenas alterar o interior, que está totalmente devoluto, e manter todo o aspecto exterior do edifício antigo. Contudo, ao efectuar uma análise mais pormenorizada das condições da alvenaria e de avaliar a viabilidade económica do projecto, seria mais seguro e mais vantajoso demolir e construir de novo, com o aproveitamento das cantarias exteriores, Figura 4.16.



Figura 4.16 – Aspecto da moradia antes da obra

Embora esta obra não tenha sido uma obra de reabilitação, a verdade é que a ideia de preservar o existente, não descaracterizando o seu aspecto, está bem presente, Figura 4.17. Inclusivamente, a cantaria exterior foi retirada, limpa e recolocada na nova fachada. Este tipo de obra está cada vez a ser mais utilizada, pois garante níveis de eficiência energética e de conforto higrotérmico e acústico elevados, próprios de uma construção nova e que dificilmente são atingidos por uma obra reabilitação. Dada a importância destes aspectos na construção presentemente, serão abordados com maior profundidade posteriormente. Nesta obra não serão estudadas as soluções construtivas da obra, pois não se trata de uma obra de reabilitação, mas sim de uma construção nova porticada em betão armado.



Figura 4.17 – Moradia após obra

### **4.3. NOTAS FINAIS**

Esta parte do trabalho pretende sintetizar todas as técnicas de reabilitação realizadas nos projectos anteriormente descritos, num quadro comparativo, como forma de perceber claramente quais as suas diferenças. Para além deste objectivo, esta parte final do capítulo pretende analisar os aspectos positivos e negativos de cada técnica, bem como realizar algumas considerações tecnológicas que podem melhorar a durabilidade e a eficácia das soluções, com o intuito final de reunir um conjunto de boas práticas anti-sísmicas nas intervenções de reabilitação e compreender de que forma estão a ser aplicadas na Região.

A síntese das técnicas anti-sísmicas por elemento estrutural está esquematizada na Tabela 4.2, o que possibilita uma percepção simplificada do nível de intervenção existente em cada obra e uma noção do nível de preocupação anti-sísmica presente na Região. Assim, verifica-se que as obras de menor porte apresentam menos preocupações ao nível das fundações, enquanto os edifícios de maior dimensão apresentam intervenções em todos os elementos, com excepção da Obra da Biblioteca Pública em que as paredes não sofreram qualquer tipo de reforço. Importa referir que a Obra de Igreja do Colégio apresenta apenas o piso do Rés-do-chão, pelo que não há qualquer tipo de intervenção a registar ao nível do pavimento.

Tabela 4.2 – Síntese das técnicas anti-sísmicas por elementos estruturais

Obra	Fundação	Paredes	Pavimento	Cobertura
Moradia A	N	I	I	I
Ecoteca	N	I	I	I
Roberto Ivens	I	I	I	I
Igreja Colégio	I	I	Não aplicável	I
Biblioteca	I	N	I	I
Moradia B	I	I	I	I

Legenda:

I – intervencionado

N – não  
intervencionado

Para realizar a análise crítica das soluções adoptadas e referir alguns dos aspectos que podem melhorar o comportamento e a durabilidade dessas soluções, é importante realizar uma tabela com a descrição de todas as técnicas executadas em cada obra, Tabela 4.3. O interesse, mais que pormenorizar novamente as técnicas, prende-se sobretudo com a realização de uma listagem, por tipo de estrutura, simples e de fácil consulta. Na análise desta tabela importa destacar a última obra, que de acordo com o referido anteriormente, realizou uma reconstrução completamente nova, mantendo a volumetria e o aspecto exterior.

No conjunto dos casos de estudo apresentados, a obra da Biblioteca Publica apresenta um conjunto de soluções completamente diferentes das restantes e cujas técnicas utilizadas se encontram, de algum modo, condenadas, devido ao seu mau comportamento sísmico. A solução de realizar uma laje maciça apoiada nas paredes de alvenaria resistente primitivas, reúne muitas fragilidades, uma vez que a massa da laje representa um peso muito significativo, comparativamente à restante estrutura, o que condiciona fortemente o seu desempenho sísmico. A estrutura porticada em betão armado e preenchimento com alvenaria existente, tem algumas desvantagens, nomeadamente a falta de compatibilidade entre os dois elementos, betão e alvenaria, e um elevado grau de intrusão na estrutura primitiva, o que oculta a história de um sistema construtivo de séculos.

As técnicas apresentadas nas restantes obras são, de uma forma geral, transversais a qualquer projecto de reabilitação anti-sísmica. Contudo, o reforço das fundações é apenas abordado por dois projectos, os únicos que apresentam uma dimensão e um valor arquitectónico de interesse. Esta técnica consiste no aumento da dimensão das fundações, com recurso à execução de uma vala preenchida com betão ciclópico junto às fundações. O objectivo desta solução consiste no aumento do comportamento monolítico da estrutura e uma eficaz degradação das cargas até ao solo. A solução de reboco armado apresenta um uso generalizado nas obras analisadas, embora existam algumas variações, nomeadamente no tipo de armadura aplicada e na solução dos ligadores. O reboco armado efectivamente confere à alvenaria resistente uma solidez e um carácter monolítico, primordiais para sua resistência sísmica, contudo esta técnica oculta a forma de aparelhamento da alvenaria, uma marca da construção tradicional deste arquipélago. Esta solução abarca também aspectos menos positivos, como

a baixa permeabilidade ao vapor e a dificuldade de compatibilidade química do cimento, pedra e argamassa primitiva. Devido à dimensão das ilhas e à grande proximidade que os edifícios apresentam relativamente ao mar, a opção da rede sintética constitui uma melhoria muito significativa na prevenção da corrosão das armaduras e consequente destacamento do reboco. Esta patologia pode ser ainda agravada pela presença dos ligadores, que muitas vezes, apresentam um recobrimento menor, o que provoca uma corrosão mais rápida. O ideal seria realizar na alvenaria uma ligeira concavidade para que o ligador não ficasse saliente e com recobrimento insuficiente.

Outra técnica que está presente em grande parte das obras analisadas consiste na cintagem do edifício ao nível superior das paredes exteriores, que se revela uma solução bastante eficaz em termos de segurança sísmica. Esta solução, para além de permitir a consolidação das paredes exteriores na zona mais frágil, confere à estrutura da cobertura um apoio fundamental para a sua segurança. Ainda ao nível das paredes, a colmatação de fissuras e a selagem dos ligadores é realizada através da injeção de caldas de cimento, o que permite um preenchimento dos vazios da alvenaria. Contudo esta técnica apresenta duas desvantagens, por um lado a falta de garantia de que o preenchimento é regular e homogéneo e por outro a dificuldade existente na quantificação da quantidade necessária. Este facto é ingrato para o empreiteiro e para o dono de obra/fiscalização. A execução de pregagens é apenas abordada numa obra, razão que pode ser imputada ao seu elevado custo e à data recente do projecto. Esta técnica permite “coser” as paredes ortogonais, conferindo maior resistência e solidarização da zona de cunhal às paredes.

Ao nível dos pavimentos existe uma grande diversidade de soluções em termos de reabilitação anti-sísmica. De acordo com o referido anteriormente, as soluções que minimizem o peso para a estrutura de alvenaria resistente serão as que melhor comportamento apresentam aos sismos. Neste sentido, o reforço misto realizado na Ecoteca será a melhor solução, uma vez que mantêm a solução tradicional de soalho de madeira. A introdução de perfis metálicos melhora significativamente o travamento da estrutura e elimina as patologias associadas ao apodrecimento dos apoios nas paredes. Contudo, a sua utilização não é recomendável para zonas de águas e obriga a adopção de um isolamento acústico e térmico. Em suma, poderá ser de interesse privilegiar soluções leves ou semi-leves, desde que se resolva adequadamente as exigências de isolamento térmico, acústico e de estanqueidade à água.

A generalidade das soluções de cobertura expostas recorre a elementos metálicos, conferindo uma maior durabilidade e resistência à estrutura. Esta opção deve-se às elevadas necessidades de manutenção e de conservação que as estruturas de madeira apresentam, para além de que presentemente os Açores estão a ser afectados por uma praga de térmitas, que tem atingido sobretudo os centros históricos e que exige um enorme investimento, tanto em prevenção como em reabilitação das estruturas de madeira. Outra característica das estruturas apresentadas é as suas soluções de isolamento térmico, com revestimento a telha regional, como forma de não descaracterizar o exterior, garantindo bons níveis de conforto e de eficiência. Verifica-se que nos projectos mais antigos existem menos preocupações de índole térmica, motivada essencialmente pela ausência do novo Regulamento Térmico (RCCTE), nomeadamente no projecto da Biblioteca a solução para a cobertura é de fibrocimento, não contendo qualquer tipo de isolamento térmico. Embora este assunto não esteja directamente relacionado com a temática do trabalho, é um tema da maior importância e que no futuro será, certamente, alvo de preocupações ainda maiores, com solução mais eficientes e económicas.

Tabela 4.3 - Comparativo das técnicas anti-sísmicas

Obra	Cobertura				Técnicas de Reforço Anti-sísmico					Fundações	
	Estrutura	Revestimento	Estrutura	Cinta Coroamento	Reboco Armado	Injecções	Pregagens	Estrutura Metálica	Laje	Valas de Fundação	
Moradia A	Metálica	Sandwich com telha regional	Alvenaria resistente	Sim	Rede sintética (2 faces) com ligadores	Calda de cimento na selagem dos ligadores	-	-	Aljjeirada	-	
Ecoteca	Metálica	Telha Regional	Alvenaria resistente	Sim	Malha aço (2 faces) com ligadores	Calda de cimento na selagem dos ligadores	-	Perfis HEB100 a apoiar o soalho	Reforço da laje existente, maciça armada	-	
Roberto Ivens	Mista de betão armado e metálica	Sandwich com telha regional	Alvenaria resistente	Sim	Rede sintética (2 faces) com ligadores	Calda de cimento na selagem dos ligadores	Paredes ortogonais	-	Colaborante	Pequena dimensão (40cm),	
Igreja do Colégio	Madeira	Telha Regional	Alvenaria resistente	-	Malha aço (2 faces quando possível) com ligadores	Calda de cimento na selagem dos ligadores e em fissuras	-	-	-	Grande dimensão (1m)	
Biblioteca	Metálica	Fibrocimento com telha regional	Porticada e de alvenaria resistente	Sim	-	-	-	-	Maciça Armada	-	
Moradia B	Laje de betão armado	Cobertura Plana	Porticada em betão armado	-	-	-	-	-	Maciça em betão armado	-	

# 5

## CONCLUSÕES

### 5.1. CONCLUSÕES GERAIS

Neste último capítulo são enumerados os aspectos fundamentais e apresentadas as conclusões retiradas da elaboração do trabalho. O objectivo principal era perceber de que forma as crises sísmicas, que atingiram o Arquipélago dos Açores, condicionam o nível de preocupações anti-sísmicas dos projectos realizados presentemente. Além disso, a caracterização das técnicas executadas nos casos de estudo analisados permite perceber a evolução das soluções de reabilitação anti-sísmica, desde a década de 80.

De acordo com as especificidades regionais, o enquadramento do Arquipélago assume algum protagonismo, com a caracterização do clima, dos recursos naturais, da sismologia e sobretudo da construção tradicional. Como forma de perceber a verdadeira necessidade de reabilitar com recurso a técnicas anti-sísmicas, descreve-se os Sismos da Terceira e do Faial, nomeadamente o grau de destruição verificado, com especial pormenor nas patologias estruturais.

A reabilitação e reconstrução do Sismo da Ilha Terceira em 1980, merece algum destaque nas conclusões, uma vez que muitas das técnicas utilizadas caíram em desuso e apresentam, à luz do conhecimento presente, um fraco desempenho sísmico. À semelhança do verificado na reabilitação do edifício da Biblioteca Pública, caso de estudo 5, a introdução de estruturas porticadas de betão armado em edifícios de alvenaria resistente apresenta incompatibilidades na solidarização dos dois elementos, alvenaria/betão. Outra solução que merece referência, relaciona-se com a elevada massa das lajes de betão armado, tanto em pavimento como em cobertura, que quando apoiadas em paredes de alvenaria primitivas representam um elevado peso para o conjunto.

Relativamente à reabilitação realizada no Sismo da Ilha do Faial em 1998, as soluções apresentadas estão de acordo com o realizado presentemente, embora a necessidade de realizar uma reconstrução rápida e eficaz conduziu a um menor cuidado arquitectónico. De referir o reforço das paredes nas zonas ortogonais, com a introdução de varões pelo interior da parede e de chapas no exterior e a utilização generalizada de reboco armado com malha de aço inox, o que representa uma maior probabilidade de corrosão das armaduras, Tabela 3.3.

Neste sentido, verificou-se uma evolução muito significativa das técnicas de reabilitação anti-sísmicas nos últimos trinta anos, fruto da inevitabilidade da ocorrência de fenómenos sísmicos nesta região. Efectivamente, muitos erros foram cometidos no passado, mas provavelmente serviram de base experimental para a validação das soluções e para a sua evolução e melhoria. Infelizmente, muitos foram os monumentos e edifícios de elevado valor patrimonial e arquitectónico alvo destas soluções, completamente irreversíveis e que não garantem eficientemente segurança sísmica. Inicialmente, persistiu a dúvida de que muitas soluções poderiam ter sido influenciadas pela urgência em realojar a

população afectada, pelo que a análise dos casos de estudo permitiu clarificar essa ideia e concluir que tais práticas eram comuns na época.

A reabilitação anti-sísmica vai sendo incorporada na construção. No entanto uma coordenação entre estas preocupações e outros aspectos, como o conforto térmico e acústico, precisam de ser melhor explorados e pormenorizados. A especificidade do clima dos Açores e a aplicação do RCCTE no Arquipélago justifica o estudo e detalhe de soluções diferentes das praticadas na realidade continental. Há investigação aplicada a desenvolver nos Açores, no sentido de disponibilizar ao meio soluções estudadas, sobretudo para edifícios de habitação que conciliem as preocupações de resistência sísmica com as referidas exigências de conforto.

Por outro lado, na reabilitação mais vernacular, a conciliação da necessidade de reforço, com a inclusão de elementos activos (betão, reboco resistente) precisa de ser melhor estudada, pois algumas destas medidas são muito intrusivas e podem ter efeitos na durabilidade dos monumentos.

A importância e dimensão que o segmento da reabilitação tem assumido exigem uma preocupação especial no âmbito de aplicação dos regulamentos. Surge a necessidade de adaptar as exigências presentes nos regulamentos, à especificidade e dificuldade das obras de reabilitação. No contexto Açoriano, a necessidade de reabilitar destaca-se, não só pela necessidade de incorporar soluções anti-sísmicas, como pelas características climáticas.

Embora todo o trabalho desenvolvido esteja assente na realidade Açoriana e nas suas especificidades, importa referir que existem inúmeras técnicas de reabilitação estrutural de índole anti-sísmica mais sofisticadas e desenvolvidas. Estas soluções mais eficientes consistem, por exemplo, na introdução de elementos de dessolidarização entre as fundações e a estrutura, o que permite que os esforços provocados pelos sismos não sejam transmitidos ao edifício. O aspecto mais significativo destas soluções resulta do elevado custo associado, exigindo conhecimentos específicos dos intervenientes.

Em suma, para o autor, natural dos Açores, é fundamental verificar que os projectos de reabilitação realizados no Arquipélago têm em conta aspectos relacionados com a segurança sísmica das construções.

## **5.2. DIFICULDADES SENTIDAS NA DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO**

Na realização do presente trabalho a maior dificuldade sentida consistiu na falta de experiência. Os trabalhos de reabilitação e reconstrução obrigam a uma compreensão profunda do sistema construtivo, o que não é possível apenas com consulta dos projectos. Assim, o contacto directo com os intervenientes nas obras foi fundamental para uma melhor compreensão das técnicas e das dificuldades inerentes a cada tarefa. Outro condicionante relaciona-se com a obtenção dos projectos e das memórias descritivas, verificando-se alguma falta de organização e sistematização da informação. Os anos já passados desde a década de 80, dificultaram a obtenção e ilustração com fotografias, obrigando ao recurso a desenhos esquemáticos.

## **5.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS**

Neste trabalho foram abordados alguns dos aspectos mais relevantes da reabilitação anti-sísmica nos Açores; contudo a informação recolhida dos casos de estudo e do trabalho desenvolvido deixa em aberto algumas oportunidades de investigação e aplicação.

Assim, na sequência da análise desenvolvida, enumeram-se em seguida alguns aspectos abordados, sobre os quais seria interessante aprofundar o estudo e o conhecimento.

- Analisar a incompatibilidade química existente entre o cimento, pedra regional e argamassa primitiva;
- Desenvolver soluções que permitam aumentar a permeabilidade ao vapor do reboco armado, tendo presente os condicionantes climáticos dos Açores, nomeadamente os elevados índices de humidade relativa;
- Elaborar um manual de boas práticas de reabilitação nos Açores, que reúna um conjunto de técnicas e soluções integradas, que abordem preocupações de natureza estrutural, térmica e acústica como um todo e devidamente adaptadas à realidade regional.



## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] [http://pierre.inazores.com/img/mapa\\_acores.gif](http://pierre.inazores.com/img/mapa_acores.gif). Setembro de 2009.
- [2] Leite, L.E.M. *Concepção de um Sistema de Alvenaria à Base de Blocos de Betão com Bagacina Vocacionado para a Construção nos Açores*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2008.
- [3] [www.azores.gov.pt](http://www.azores.gov.pt). Outubro de 2009.
- [4] França, Z., Cruz, J.V., Nunes, J.C., Forjaz, V.H. *Geologia dos Açores: uma perspectiva actual*. Interreg III B, Ponta Delgada, 2005.
- [5] Ferreira, A.B. *Geodinâmica e Perigosidade Natural nas Ilhas dos Açores*. Finisterra, Ponta Delgada, 2005.
- [6] Carvalho, E.C.; Oliveira, C. S. *Construção Anti-Sísmica: Edifícios de Pequeno Porte*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1997.
- [7] Serra, J. B.; Antão, A.; Brito, A.C. *Caracterização das ocorrências e dos Movimentos Sísmicos em Sismologia*. Departamento de Engenharia civil, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2005.
- [8] Nunes, J.C., Forjaz, V.H., França, Z. *Principais sismos destrutivos no arquipélago dos Açores – uma revisão*. In *SÍSMICA 2001, 5º Encontro Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica*, página 119, Laboratório Regional de Engenharia Civil, Ponta Delgada, 2001.
- [9] Nunes, J.C. *Caracterização Sumária da Sismicidade da Região dos Açores*. In *Sismo 1998 – Açores. Uma década depois*, página 59, C. Sousa Oliveira, Aníbal Costa, João C. Nunes, Horta, 2008.
- [10] Forjaz, V.H., Rocha, F.M., Medeiros, J.M., Meneses, L.F, Sousa, C. *Vulcão da Serreta. Notícias sobre o Vulcão Oceânico da Serreta, Ilha Terceira dos Açores*. Observatório Vulcanológico e Geotérmico dos Açores, Ponta Delgada, 2000.
- [11] Forjaz, V.H., França, Z., Nunes, J.C. *Serretian: a new type of submarine eruptions*. In *Cities on Volcanoes 2. Abstracts book*, pagina 39, Auckland, 2001.
- [12] Guedes, J.H.C., Oliveira, C.S. *Caracterização da edificação de alvenaria tradicional. Elementos para o estudo do comportamento e recuperação do parque habitacional aquando do sismo 1/1/80 nos Açores*. In *10 Anos após o sismo dos Açores de 1 de Janeiro de 1980*, página 357, Governo Regional dos Açores e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1990.
- [13] Fraga, C.A.F. *Intervenções do Laboratório Regional de Engenharia Civil na sequência do Sismos de 9 de Julho de 1998 no Faial e Pico*. In *Sismo 1998 – Açores. Uma década depois*, página 263, C. Sousa Oliveira, Aníbal Costa, João C. Nunes, Horta, 2008.
- [14] Farinha, J. S. B.; Farinha, M. B.; Farinha, J. P. B. *RSA Anotado, Regulamento de Segurança e Acções para Edifícios e Pontes*, Edições Gustave Eiffel, 2ª Edição, Lisboa, 2006.
- [15] Eurocódigo 8: Disposições para Projecto de Estruturas Sismo-Resistentes, 2000.
- [16] Regulamento de Segurança das Construções Contra os Sismos, Lisboa, 1958.
- [17] Bagorro, M.B. *Avaliação do comportamento sísmico de um edifício do campus da FCT/UNL*; Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2009.
- [18] Azevedo, E.B. *Modelação do clima insular à escala local. Modelo CIELO aplicado à ilha Terceira*. Dissertação de Doutoramento, Universidade dos Açores, 1996.

- [19] Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, 2006.
- [20] Forjaz, V.H. *Geologia económica e aplicada da ilha de S.Miguel – Recursos vulcanogotérmicos*. Dissertação de Doutoramento, Universidade dos Açores, 1994.
- [21] – Costa, A., Oliveira, C. S., Neves, F. *Caracterização do parque habitacional das ilhas do Faial e Pico. Elementos de estudo sobre o comportamento relativo à crise sísmica de 9 de Julho de 1998 nos Açores*. In *Sismo 1998 – Açores. Uma década depois*, página 385, C. Sousa Oliveira, Aníbal Costa, João C. Nunes, Horta, 2008
- [22] <http://www.inventario.iacultura.pt/> Inventário do Património Imóvel do Arquipélago dos Açores, Novembro 2009.
- [23] <http://estatistica.azores.gov.pt/> Janeiro de 2010.
- [24] Rita, M.M. *O Tsunami do Sismo dos Açores de 1.1.80*. In *10 Anos após o sismo dos Açores de 1 de Janeiro de 1980*, página 135, Governo Regional dos Açores e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1990.
- [25] Oliveira, C.S. *Quantificação do Movimento Sísmico Aquando do Sismo de 1 de Janeiro de 1980*. In *10 Anos após o sismo dos Açores de 1 de Janeiro de 1980*, página 83, Governo Regional dos Açores e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1990.
- [26] [http://jcarquitectura.blogspot.com/2009\\_02\\_01\\_archive.html/](http://jcarquitectura.blogspot.com/2009_02_01_archive.html/) Outubro de 2009
- [27] Leão, R.S.O. *Recuperação Urbana da Cidade de Angra do Heroísmo Após o Sismo de 1 de Janeiro de 1980*. In *10 Anos após o sismo dos Açores de 1 de Janeiro de 1980*, página 55, Governo Regional dos Açores e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1990.
- [28] Lucas, A., Oliveira, C.S., Guedes, J.H.C. *Quantificação dos Danos Observados no Parque Habitacional e do Processo de Reconstrução*. In *10 Anos após o sismo dos Açores de 1 de Janeiro de 1980*, página 667, Governo Regional dos Açores e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1990.
- [29] Ortins, J.P. *O Parque Habitacional e as Igrejas Paroquiais após o Sismo de 1/1/80 na ilha Terceira. Primeiros Levantamentos*. In *10 Anos após o sismo dos Açores de 1 de Janeiro de 1980*, página 299, Governo Regional dos Açores e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1990.
- [30] Manaças, E. *O sismo de 1 de Janeiro de 1980 visto 43 horas após, notas e comentários* In *10 Anos após o sismo dos Açores de 1 de Janeiro de 1980*, página 223, Governo Regional dos Açores e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1990.
- [31] Guedes, J.H.C. *Acções de apoio à reconstrução. Demolições Especiais*. In *10 Anos após o sismo dos Açores de 1 de Janeiro de 1980*, página 279, Governo Regional dos Açores e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1990.
- [32] Andrade, A.R. *Metodologia da Intervenção para a recuperação do parque monumental*. In *10 Anos após o sismo dos Açores de 1 de Janeiro de 1980*, página 535, Governo Regional dos Açores e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 1990.
- [33] Senos, M.L., Alves, P.M., Vales, D., Cruz, J., Silva, M., Carrilho, F. *O sismo de 9 de Julho de 1998 nos Açores e a crise sísmica associada – dez anos depois*. In *Sismo 1998 – Açores. Uma década depois*, página 73, C. Sousa Oliveira, Aníbal Costa, João C. Nunes, Horta, 2008.

- [34] Ferreira, M.A., Mota de Sá, F., Oliveira, C.S., Nunes, J.S., Neves, F., Costa, A. *Comparação de Danos Ocorridos nas Freguesias Mais Danificadas Pelo Sismo de 9 de Julho de 1998 com Modelos Analíticos de Simulação*. SISMICA 2007, 7º Congresso de Sismologia e Engenharia Sísmica, 2007.
- [35] Costa, A., Arêde, A., Costa, A. *Técnicas de Reforço Sísmico*. In *Sismo 1998 – Açores. Uma década depois*, página 445, C. Sousa Oliveira, Aníbal Costa, João C. Nunes, Horta, 2008.
- [36] Sousa, M.L., Rodrigues, J., Coelho, E., Carvalho, E.C., Salta, M., Eusébio, M.I., Viegas, J. *A intervenção do LNEC na sequencia da crise sísmica dos Açores iniciado pelo sismo de 9 de Julho de 1998*. In *Sismo 1998 – Açores. Uma década depois*, página 269, C. Sousa Oliveira, Aníbal Costa, João C. Nunes, Horta, 2008.
- [37] Cunha, D.M., *O papel da direcção regional das obras públicas e dos transportes terrestres da secretaria regional da habitação e equipamentos*. In *Sismo 1998 – Açores. Uma década depois*, página 315, C. Sousa Oliveira, Aníbal Costa, João C. Nunes, Horta, 2008.
- [38] Neves, F., Costa, A., Oliveira, C. S., *Vulnerabilidade sísmica do parque habitacional das ilhas do Faial e Pico*. In *Sismo 1998 – Açores. Uma década depois*, página 481, C. Sousa Oliveira, Aníbal Costa, João C. Nunes, Horta, 2008.
- [39] Proença, J. M., Ferreira, M. A., *Danos em instalações escolares da ilha do Faial. Uma análise retrospectiva e prospectiva*. In *Sismo 1998 – Açores. Uma década depois*, página 285, C. Sousa Oliveira, Aníbal Costa, João C. Nunes, Horta, 2008.
- [40] Azevedo, J., Guerreiro, L., *Danos verificados nas Igrejas: uma primeira avaliação*. In *Sismo 1998 – Açores. Uma década depois*, página 297, C. Sousa Oliveira, Aníbal Costa, João C. Nunes, Horta, 2008.
- [41] Guedes, J. H. C., *Caracterização e reabilitação do património monumental na sequencia do sismo dos Açores de 1998*. In *Sismo 1998 – Açores. Uma década depois*, página 575, C. Sousa Oliveira, Aníbal Costa, João C. Nunes, Horta, 2008.
- [42] Arêde, A., Costa, A., Moreira, D., Neves, N., *Análise e reforço sísmico de Igrejas da ilha do Pico – SISMO 1998*. In *Sismo 1998 – Açores. Uma década depois*, página 625, C. Sousa Oliveira, Aníbal Costa, João C. Nunes, Horta, 2008.
- [43] Lopes, M., *Sismos e Edifícios*. Edições Orion, Lisboa, 2008.