

REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES
SECRETARIA REGIONAL DA HABITAÇÃO, OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E COMUNICAÇÕES
Laboratório Regional de Engenharia Civil

**REGRAS GERAIS DE REABILITAÇÃO E RECONSTRUÇÃO
DE EDIFÍCIOS CORRENTES AFECTADOS PELA CRISE
SÍSMICA DO FAIAL, PICO E S. JORGE INICIADA PELO
SISMO DE 9 DE JULHO DE 1998**

Documento elaborado pelo Grupo de Trabalho:

Eduardo Cansado Carvalho (LNEC)
Carlos Sousa Oliveira (IST)
Mário Rouxinol Fragoso (LREC)
Vidália Miranda (LREC)

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E ESTRUTURAS
RELATÓRIO 100/98

REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES
SECRETARIA REGIONAL DA HABITAÇÃO E EQUIPAMENTOS
LABORATÓRIO REGIONAL DE ENGENHARIA CIVIL
DIVISÃO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO E ESTRUTURAS

**REGRAS GERAIS DE REABILITAÇÃO E RECONSTRUÇÃO
DE EDIFÍCIOS CORRENTES AFECTADOS PELA CRISE
SÍSMICA DO FAIAL, PICO E S. JORGE INICIADA PELO
SISMO DE 9 DE JULHO DE 1998**

Documento elaborado pelo Grupo de Trabalho:

Eduardo Cansado Carvalho (LNEC)
Carlos Sousa Oliveira (IST)
Mário Rouxinol Fragoso (LREC)
Vidália Miranda (LREC)

Trabalho elaborado para a Secretaria Regional da Habitação e Equipamentos

Ponta Delgada, Novembro de 1998

624.01
C322.2

REGRAS GERAIS DE REABILITAÇÃO E RECONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS CORRENTES AFECTADOS PELA CRISE SÍSMICA DO FAIAL, PICO E S. JORGE INICIADA PELO SISMO DE 9 DE JULHO DE 1998

ÍNDICE

1. Introdução	3
2. Conceitos e pressupostos básicos nas operações de reabilitação e reconstrução	5
3. Medidas de reabilitação e reconstrução	8
3.1 Comportamento sísmico de edifícios tradicionais de alvenaria	8
3.2 Consolidação e solidarização entre elementos da construção	10
3.2.1 Eliminação de deformações	10
3.2.2 Consolidação de paredes de alvenaria	11
3.2.3 Consolidação de estruturas de madeira	12
3.2.4 Cintas de solidarização no coroamento das paredes	13
3.2.5 Cintas de solidarização entre elementos novos e existentes	13
3.2.6 Montantes de solidarização	13
3.2.7 Reforço de paredes no coroamento através de bandas	14
3.2.8 Tirantes de travamento de paredes	15
3.2.9 Contraventamento de pavimentos ou de coberturas	15
4. Princípios gerais para a elaboração de projectos de reabilitação de edifícios de médio porte	16
4.1 Concepção	16
4.2 Acção sísmica	16
4.3 Verificação de segurança	17
5. Nota final	17
Bibliografia	18

REGRAS GERAIS DE REABILITAÇÃO E RECONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS CORRENTES AFECTADOS PELA CRISE SÍSMICA DO FAIAL, PICO E S. JORGE INICIADA PELO SISMO DE 9 DE JULHO DE 1998

1. INTRODUÇÃO

O presente documento destina-se a apoiar, em termos técnicos, os trabalhos de reabilitação e reconstrução dos edifícios afectados pela crise sísmica do Faial, Pico e S. Jorge, iniciada pelo sismo de 9 de Julho de 1998.

Este documento foi elaborado por um grupo de trabalho constituído por técnicos do Laboratório Regional de Engenharia Civil dos Açores, do Laboratório Nacional de Engenharia Civil e do Instituto Superior Técnico. Para além das visitas efectuadas pelos vários membros do grupo de trabalho às zonas afectadas em ocasiões anteriores, o grupo visitou em Setembro de 1998 as Ilhas do Faial e do Pico, acompanhado por técnicos do Centro de Promoção de Reconstrução (CPR). Este texto, elaborado durante essa estadia e revisto posteriormente, deverá necessariamente ser sujeito a ajustes que a experiência da sua aplicação no terreno venha a aconselhar.

Deve notar-se que as presentes recomendações, embora preparadas especificamente no contexto da crise sísmica de 1998, têm como pano de fundo a experiência do sismo de 1980 e, em particular, as recomendações que constam do relatório do LNEC – *Estudos sobre a acção do sismo dos Açores de 1/1/1980*, 2º relatório, Março de 1980.

Para além deste documento, e no que se refere especificamente a edifícios de pequeno porte, são relevantes, com as adaptações ditadas pela especificidade duma situação de recuperação pós-sismo e pela modificação da regulamentação estrutural entretanto ocorrida, outros dois documentos: a) *Segurança de edifícios de pequeno porte de*

alvenaria confinada em relação à acção dos sismos – Regras práticas, LNEC, 1990 e;
b) *Manual de construção anti-sísmica. Edifícios de pequeno porte*, LNEC, 1983.

De uma forma geral, face às tipologias construtivas existentes nas zonas afectadas pelo sismo, pode-se considerar que os edifícios, quanto aos problemas técnicos associados à sua reabilitação e reconstrução, se distribuem pelos seguintes quatro tipos:

- Edifícios de construção tradicional nas zonas rurais;
- Edifícios de construção tradicional nas zonas urbanas (essencialmente na Horta);
- Edifícios públicos ou monumentais de construção tradicional;
- Edifícios de construção moderna.

Dos levantamentos expeditos realizados imediatamente após o sismo aos edifícios danificados e disponíveis através das fichas designadas por “Auto de Vistoria”, decorre uma situação que, muito sinteticamente, se caracteriza do seguinte modo:

- Nas zonas rurais afectadas a construção tradicional apresenta alguma homogeneidade construtiva, com um ou dois pisos, áreas em planta da ordem de 100 m² por piso, com paredes exteriores de alvenaria de duas folhas de muito baixa resistência e pavimentos e coberturas de madeira. O grau de danificação é extremamente variado, indo da destruição total, em locais claramente de maior intensidade sísmica, a danificações relativamente ligeiras, em zonas de menor intensidade, normalmente mais afastadas da região epicentral. Faz-se notar que foram também observadas diversas bolsas, mesmo em zonas afastadas da região epicentral, com acentuados agravamentos de danos. Este panorama de grande variedade de danos decorre naturalmente das características da acção sísmica cuja severidade variou de local para local, atenuando na generalidade com a distância epicentral, e que, em algumas zonas, terá tido características de amplificação dinâmica e direcionalidade importantes (afectando assim diferentemente as construções em função das características geológicas e topográficas do local de implantação, bem como da orientação da construção), mas também da própria natureza frágil deste tipo de construção que origina uma grande dispersão de comportamentos, mesmo em situações de excitação relativamente uniforme.

- Nas zonas urbanas (essencialmente na Horta), os edifícios tradicionais, geralmente de médio porte, apresentam uma maior diversidade nos aspectos tipológicos e estruturais. A tecnologia construtiva não é muito diferente da tecnologia das zonas rurais mas a sua qualidade é genericamente superior, embora com vários níveis de qualidade. O porte dos

edifícios é bastante variado com alturas desde um piso até quatro pisos. Os edifícios dispõem-se em banda, com paredes “meeiras”, ocorrendo por vezes descontinuidades de altura significativas entre edifícios adjacentes. Em alguns casos são patentes algumas intervenções de reforço ou reparação antigas, nomeadamente em relação com os sismos de 1926 e de 1973. Na sequência do sismo de 1926 foi vulgar a utilização de técnicas de reforço associadas à aplicação de esticadores metálicos e de pregagens. Estas técnicas vieram a mostrar-se agora como eficientes em face dos danos observados. Em relação ao sismo de 1973, que afectou de forma menos significativa a cidade da Horta, utilizaram-se técnicas de cintagem parcial das paredes e que vieram a revelar-se com menor eficácia. Os danos nestes edifícios urbanos tradicionais são relativamente menores do que nas zonas rurais, não sendo muito aparentes pelo exterior e ocorrendo sobretudo no seu interior e nas coberturas. Os danos consistem, essencialmente, em deslocamentos horizontais das paredes exteriores no sentido do exterior das mesmas, originando fendas entre as paredes divisórias interiores e a parede exterior associada e que chegam a atingir, nas situações mais gravosas, a dezena de centímetros.

Para os outros dois tipos de edifícios mencionados anteriormente, o grau de danificação é muito variado, sendo genericamente muito pequeno ou inexistente nos edifícios de construção moderna e bastante diversificado nos edifícios tradicionais de maior porte ou importância (públicos ou monumentais). Considera-se que o presente documento, pelo seu carácter genérico, não se lhes aplica devendo estes edifícios serem alvo, quando necessário, de um projecto detalhado de reparação ou reforço a executar especificamente por entidade habilitada para o efeito.

2. CONCEITOS E PRESSUPOSTOS BÁSICOS NAS OPERAÇÕES DE REABILITAÇÃO E RECONSTRUÇÃO

Embora em alguns aspectos as recomendações ou regras constantes no presente documento possam ter aplicação em operações de reforço sísmico de carácter mais geral e prévias à ocorrência de um sismo, elas são destinadas, primordialmente, a apoiar as operações de reabilitação e de reconstrução das zonas afectadas pela crise sísmica do Faial, do Pico e S. Jorge, iniciada pelo sismo de 98.07.09.

De acordo com as orientações políticas estabelecidas pelo Centro de Promoção de Reconstrução (CPR), a acção de intervenção deverá ser conduzida considerando três situações definidas em função do grau de danificação dos edifícios:

a) Edifícios com danificação ligeira (“pequena reparação” permitindo o “realojamento” rápido⁽¹⁾)

Trata-se de edifícios com danos relativamente pequenos e que se considera dever merecer prioridade nas obras de reparação dado que permitirão, a curto prazo, o realojamento dos seus ocupantes iniciais, diminuindo a “pressão” sobre os alojamentos provisórios. O objectivo nestas situações é o de realizar, essencialmente, obras de reparação dos danos verificados e de, desde que tal não corresponda a obras de grande vulto, melhorar a resistência sísmica para eventos futuros mas sem uma necessidade absoluta de lhes conferir a resistência de uma construção nova.

b) Edifícios com danificação moderada (“reparação moderada” ou “reabilitação”⁽¹⁾)

Trata-se de edifícios com danos já significativos face ao seu valor mas cuja recuperação se considera ainda possível e justificável. Os trabalhos de recuperação poderão merecer uma prioridade um pouco inferior à das obras de “realojamento” de modo a melhor distribuir a “procura” dos trabalhos de construção civil nas zonas afectadas. O avanço dos trabalhos desta natureza, com alguma “decalage” em relação aos trabalhos relacionados com “realojamentos”, é coerente com o facto de nesses casos a avaliação e definição das obras de recuperação necessitarem um pouco mais de tempo de modo a, em cada caso, melhor se atender às respectivas especificidades e assim otimizar o binómio economia-segurança. Do ponto de vista estrutural, e em particular no que se refere à segurança sísmica, o objectivo 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. A maior exigência do ponto de vista da resistência sísmica que se recomenda para esta situação, onde se pretende atingir níveis de segurança para o futuro

¹ Designação atribuída pelo CPR

já bastante próximos dos níveis que são exigidos para os edifícios novos, justifica-se em face dos investimentos de reabilitação envolvidos.

c) Edifícios com danificação elevada (“reconstrução” ou “nova construção”⁽¹⁾)

Trata-se de edifícios com danos elevados, com um valor residual muito reduzido e para os quais não se encontram razões para o seu aproveitamento. O objectivo nestas situações é o de proceder à demolição integral do edifício e à sua reconstrução no mesmo local ou em outro local se por outras razões (por exemplo de natureza urbanística, de risco geológico ou tectónico ou por interesse do locatário) se vier a verificar a sua imposição. Nestes casos, as condições estruturais a respeitar são de definição simples uma vez que correspondem, naturalmente, ao respeito da regulamentação em vigor para edifícios novos.

É importante salientar que a esquematização de situações que se acaba de apresentar, deve ser entendida numa forma global e não pode dispensar o julgamento de cada situação considerada individualmente.

Na realidade, muitos factores de natureza não estritamente estrutural, poderão impor a necessidade de ajustar os conceitos descritos em cada situação. Sem se pretender ser exaustivo, descrevem-se alguns factores que poderão influenciar tal julgamento:

- No caso de edifícios com valor patrimonial poder-se-á justificar um sobrecusto na sua recuperação, ou na sua reabilitação, mesmo em situações de danificação elevada. Por outro lado, nesses casos poderá tornar-se necessária a realização de um projecto de recuperação mais pormenorizado tendente a melhor conciliar as necessidades de natureza estrutural com os valores patrimoniais.

- Pelo contrário, em casos de muito más condições de habitabilidade pré-existentes, poder-se-á justificar a demolição, mesmo em situações de danos moderados. De facto, em tais casos, o pequeno valor inicial da construção, diminuído ainda pela danificação sísmica, não justifica o investimento de montantes consideráveis no seu aproveitamento, sendo preferível a reconstrução integral.

- As consequências de eventuais colapsos futuros da construção relativamente a terceiros poderão também justificar o ajuste dos níveis de intervenção. É o caso de construções cujo colapso possa afectar construções vizinhas ou zonas de circulação de pessoas. Nesses casos justificar-se-á uma maior profundidade de intervenção, indo-se para além da mera reparação ou pequena reabilitação que se preconizou para as situações de “realojamento”.

- Em sentido contrário, teremos as construções com pequena presença humana, como por exemplo construções de apoio à actividade agrícola, em que, sendo aceitável uma menor segurança sísmica, as operações de recuperação poderão ser aligeiradas.

A informação recolhida nos “Autos de Vistoria” resultantes do levantamento efectuado imediatamente após o início da crise sísmica constitui, por um lado, um primeiro instrumento para a avaliação global dos danos sofridos pelo parque habitacional e assim estabelecer as bases gerais da intervenção e, por outro lado, serve para a avaliação preliminar da situação de cada edifício. Esta avaliação preliminar poderá servir de base à aplicação dos conceitos indicados acima mas, conforme se referiu, a decisão final e concreta sobre cada caso, terá que ser tomada em função da estimativa de custo da solução técnica que decorra das recomendações que se descrevem nas secções seguintes.

3. MEDIDAS DE REABILITAÇÃO E RECONSTRUÇÃO

3.1 - Comportamento sísmico de edifícios tradicionais de alvenaria

De modo a melhor compreender os objectivos das intervenções de natureza estrutural para a melhoria das condições de segurança sísmica das construções, torna-se importante tomar consciência dos aspectos típicos do comportamento sísmico deste tipo de construção e das suas principais vulnerabilidades.

A observação dos danos nestes edifícios revela:

- a) Grandes danos em paredes de alvenaria, construídas em pedra solta geralmente com pouco aparelhamento (nos casos mais pobres apenas existem algumas pedras aparelhadas nos cunhais) e sem argamassa de ligação ou com argamassa muito fraca e/ou deteriorada. Os danos são geralmente maiores nas zonas elevadas dos edifícios

reflectindo a sua maior vulnerabilidade às forças sísmicas que actuam transversalmente aos planos das paredes. Os danos são também maiores nos casos em que as paredes apresentam duas folhas independentes, sem quaisquer elementos transversais de interligação. Nesses casos é muito frequente a separação das folhas, com destacamento e destruição sobretudo da folha exterior. Salienta-se que este tipo de parede é sensível às acelerações verticais que contrariam o seu funcionamento essencialmente gravítico. Provavelmente, também por este facto, e dado que para este sismo a componente vertical apresentou valores muito significativos, os danos são mais acentuados nas zonas superiores onde, à partida, as tensões de compressão verticais de origem gravítica são mais baixas sendo mais facilmente anuladas pela acção sísmica vertical.

- b) Separação das paredes ortogonais principais nas zonas de cunhal com abertura de grandes fendas e movimentação relativa de pedras aparelhadas de cunhal ou desagregação completa das paredes com “escorregamentos” semelhantes aos de materiais granulares.
- c) Separação entre as paredes periféricas de alvenaria e as paredes interiores, geralmente em tabique. Esta separação agrava-se normalmente para as zonas mais elevadas dos edifícios e decorre da inexistência de elementos de efectiva ligação entre as duas paredes. O agravamento em altura deste tipo de danificação é consistente com o afastamento da parede exterior para o seu lado de fora pela actuação do sismo perpendicularmente ao seu plano (como já foi referido em a)). Por outro lado foi também observado que nos edifícios que possuíam ao nível dos pavimentos esticadores metálicos, as deformações das paredes periféricas foram minimizadas.
- d) Separação entre as paredes periféricas e as estruturas de madeira (normalmente asnas) das coberturas levando em muitos casos à retirada do suporte desses elementos de cobertura. Esta separação decorre do funcionamento apresentado em c) mas, em alguns casos, é agravada pelo impulso horizontal aplicado por vigas inclinadas de cobertura que não dispõem de linhas de atirantamento.
- e) Danificação e queda de elementos de beiral das coberturas e de outros elementos salientes colocados em pontos elevados dos edifícios. Este deficiente comportamento resulta das maiores acelerações que ocorrem nestas zonas dos edifícios pelo efeito de

amplificação dinâmica e, também, pelo facto de, em muitos casos, os dispositivos de fixação serem inadequados ou encontrarem-se deteriorados.

- f) Em muitos casos, sobretudo em edifícios pequenos, verifica-se que os seus elementos interiores em madeira, embora com deformações acentuadas, mantiveram-se solidarizados proporcionando a manutenção do suporte da cobertura mesmo com grande danificação das paredes exteriores. Este funcionamento favorável do “miolo” de madeira destas construções, decorre da pequena massa das estruturas de madeira e pode materializar-se desde que todos os seus elementos estejam bem travados entre si. Nas intervenções de reparação ou reforço deverá procurar-se salvaguardar tal funcionamento.

3.2 - Consolidação e solidarização entre os elementos da construção

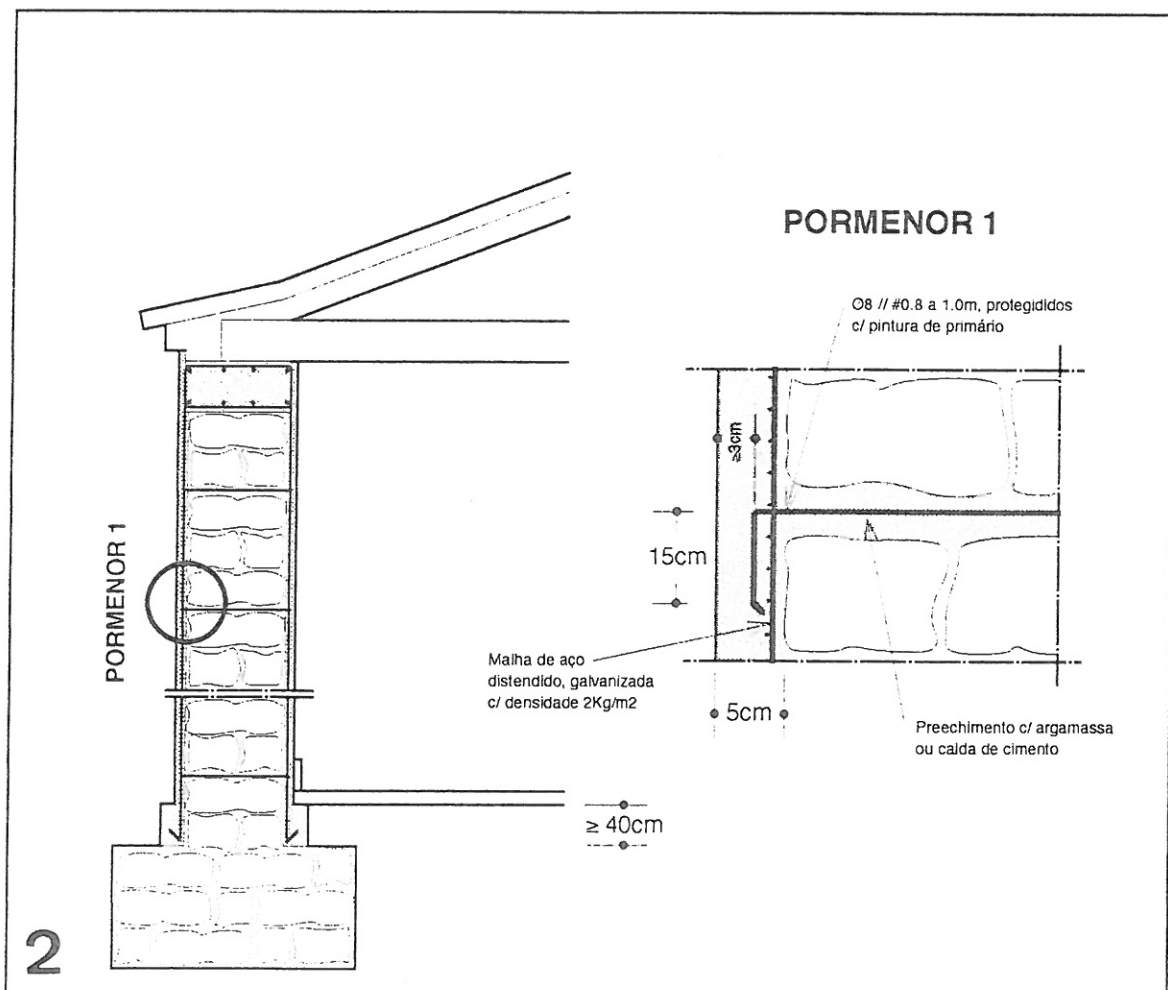
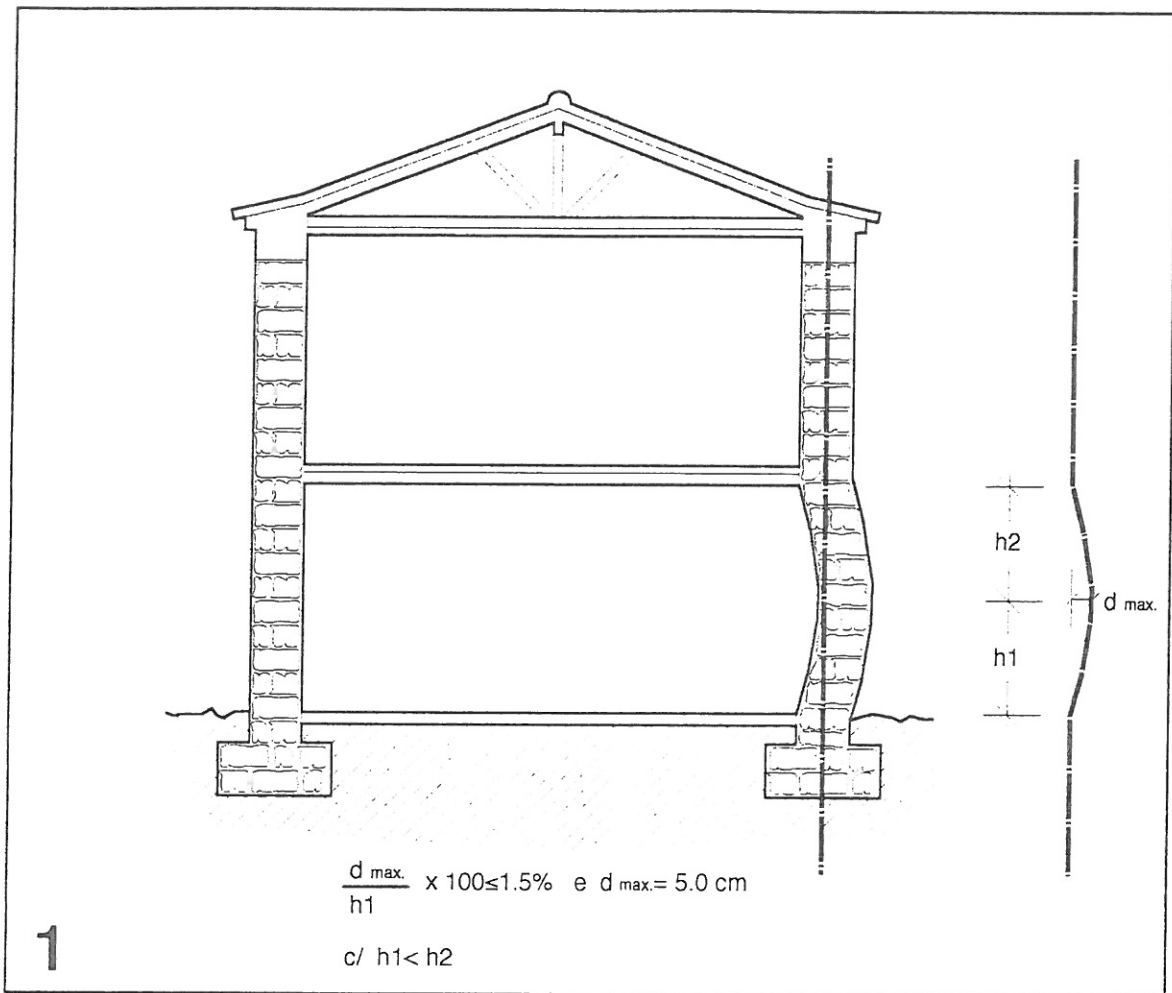
Nas obras a realizar sobre os edifícios afectados deve proceder-se à consolidação de todos os seus elementos constitutivos e à sua total interligação para se obter uma solidarização global da construção.

As medidas de consolidação e solidarização devem também decorrer dos danos observados e dos elementos construtivos em causa, dentro dos conceitos definidos na secção 2. Descrevem-se abaixo várias medidas desta natureza. Para além das recomendações do presente documento, poderão ser tidas em conta as recomendações constantes dos documentos referidos na “Introdução”.

Indicam-se nas secções 3.2.1 a 3.2.3 algumas medidas para a consolidação de elementos de construção e, nas secções 3.2.4 a 3.2.9 as medidas de solidarização a aplicar cumulativamente ou alternativamente em função da gravidade dos danos, da viabilidade da sua execução e do maior ou menor porte do edifício, quer em altura quer em planta.

3.2.1 - Eliminação de deformações

Em paredes de alvenaria de pedra não muito danificadas deve proceder-se à eliminação de desaprumos ou enfolamentos localizados com recolocação das pedras deslocadas nas suas posições originais. Para a correcção de desaprumos poderá recorrer-se à aplicação

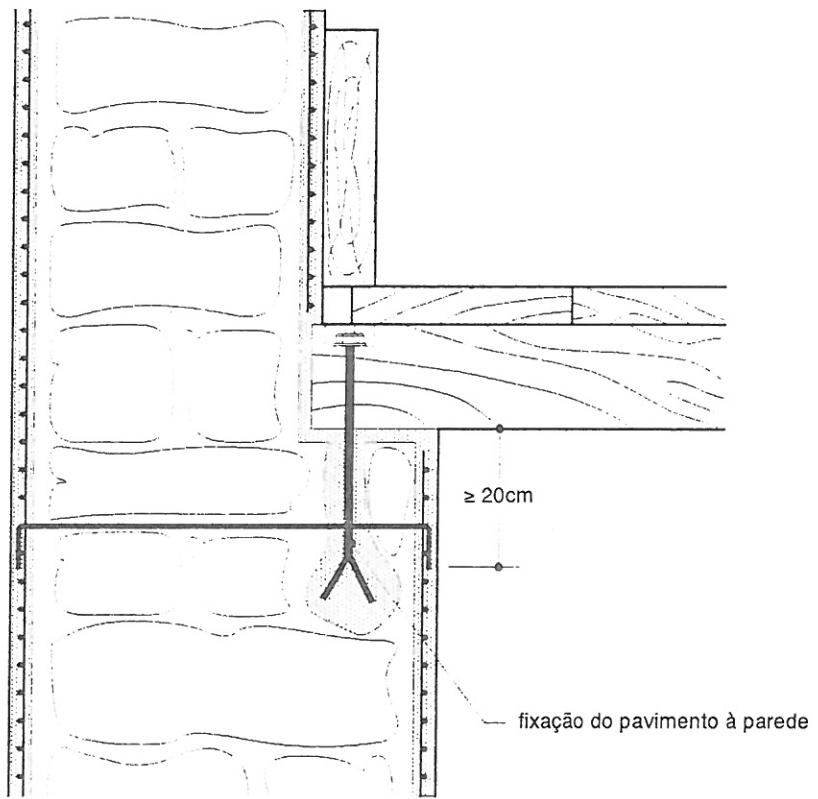
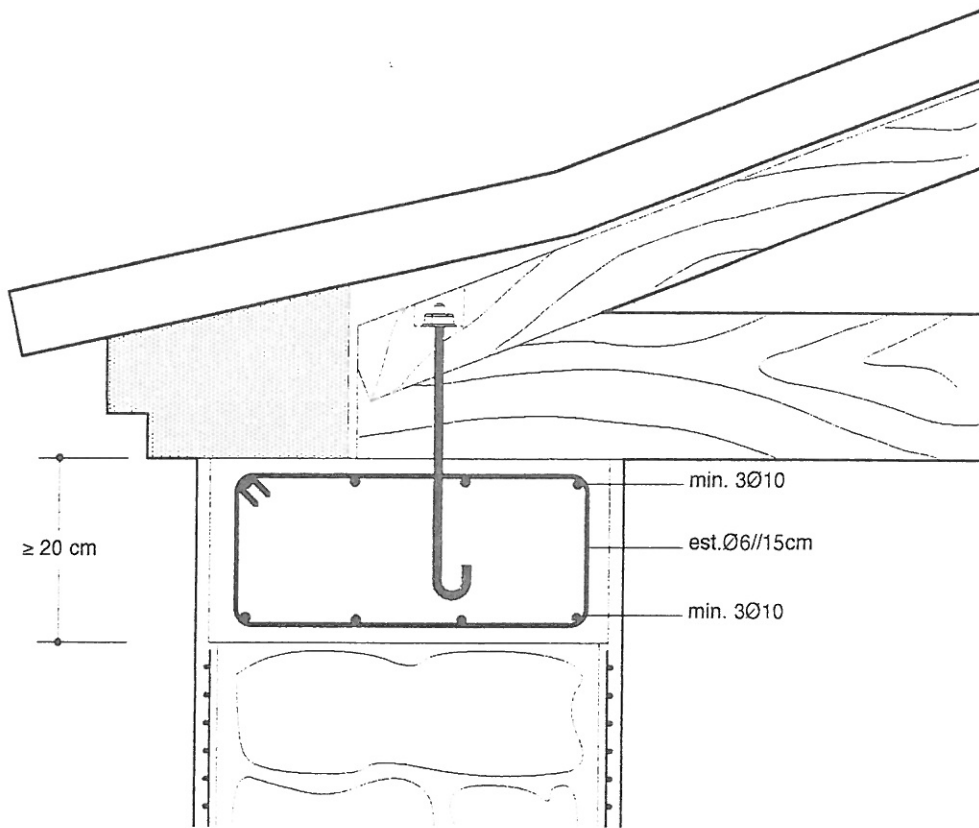


de forças perpendiculares à parede por meio de cabos, tirefonds ou macacos hidráulicos mas sempre com elementos de distribuição das forças nos paramentos. Admite-se que este tipo de intervenção só se justificará desde que os enfolamentos ocorram numa parte localizada da parede, da ordem dos 10% a 15% da área. Em situações de maior extensão da danificação, a parede deverá ser apeada para posterior reconstrução. Por outro lado, e como resultado deste tipo de intervenções deverá ser assegurado que os enfolamentos ou desaprumos que eventualmente persistam sejam inferiores a 1,5% ¹ (aceitando-se localmente valores um pouco maiores) com um máximo de 5 cm (aceitando-se valores um pouco superiores para desaprumos em paredes desde que estas apresentem travamento eficaz a toda a sua espessura e sejam alvo de medidas de ligação efectiva transversal para paredes e/ou pavimentos interiores) - (fig.1).

3.2.2 - Consolidação de paredes de alvenaria

Em paredes de alvenaria de pedra seca ou fracamente argamassada deverá proceder-se à limpeza das juntas (removendo detritos ou a argamassa pré-existente na maior profundidade possível) e ao seu refechamento com argamassa de cimento (ou betão de granulometria fina para o preenchimento de volumes maiores). A limpeza deverá ser terminada com a aplicação de um jacto de água nas juntas e o seu refechamento deve ser feito com estas humedecidas. Após o refechamento das juntas deverá ser executado um reboco de argamassa de cimento incorporando uma rede metálica de aço galvanizado (por exemplo rede de metal distendido) - (fig.2). Estes trabalhos devem ser feitos desde o nível da fundação das paredes (ou pelo menos até 40 cm de profundidade abaixo do nível de terreno adjacente) e em ambos os paramentos (exterior e interior) das paredes, admitindo-se, em casos de maior dificuldade, a omissão da rede metálica no paramento interior desde que esse paramento esteja razoavelmente travado pela compartimentação interior. Como ordem de grandeza, em edifícios até dois pisos, recomenda-se a utilização de malhas metálicas de aço macio com uma densidade de 2 kg/m² de paramento de parede. No caso de aplicação apenas pela face exterior, a densidade anterior deverá ser duplicada. Para edifícios de maior altura justificar-se-á a que se proceda ao dimensionamento da malha a aplicar. Salienta-se que a rede deverá ter abertura suficiente para assegurar a sua perfeita integração no reboco com total preenchimento por

¹ Deslocamento transversal máximo dividido pela distância entre o ponto de deslocamento máximo e o ponto mais próximo sem deslocamento transversal.



argamassa nas suas duas faces. Para o efeito, uma abertura da malha da ordem dos 3 a 5 cm será adequada.

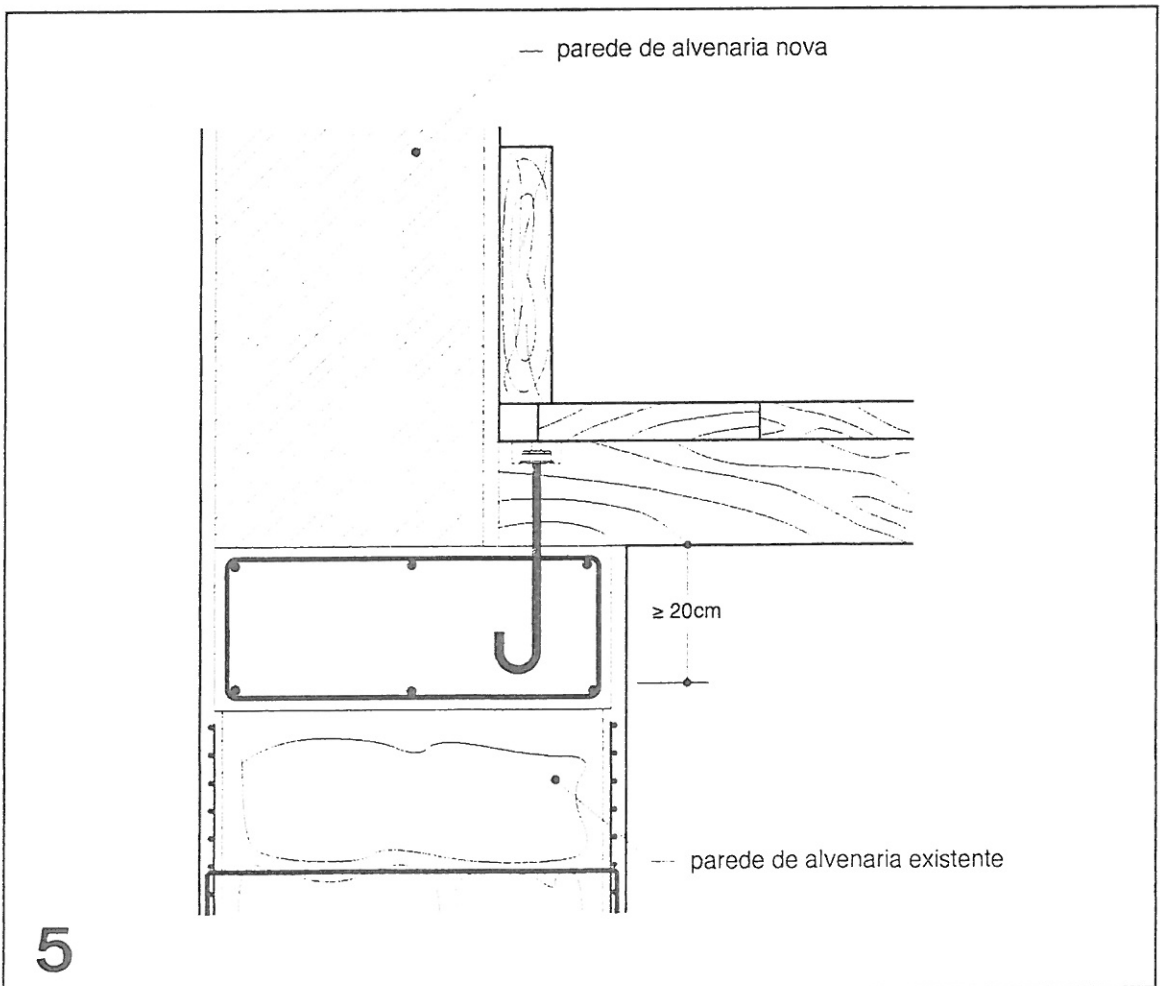
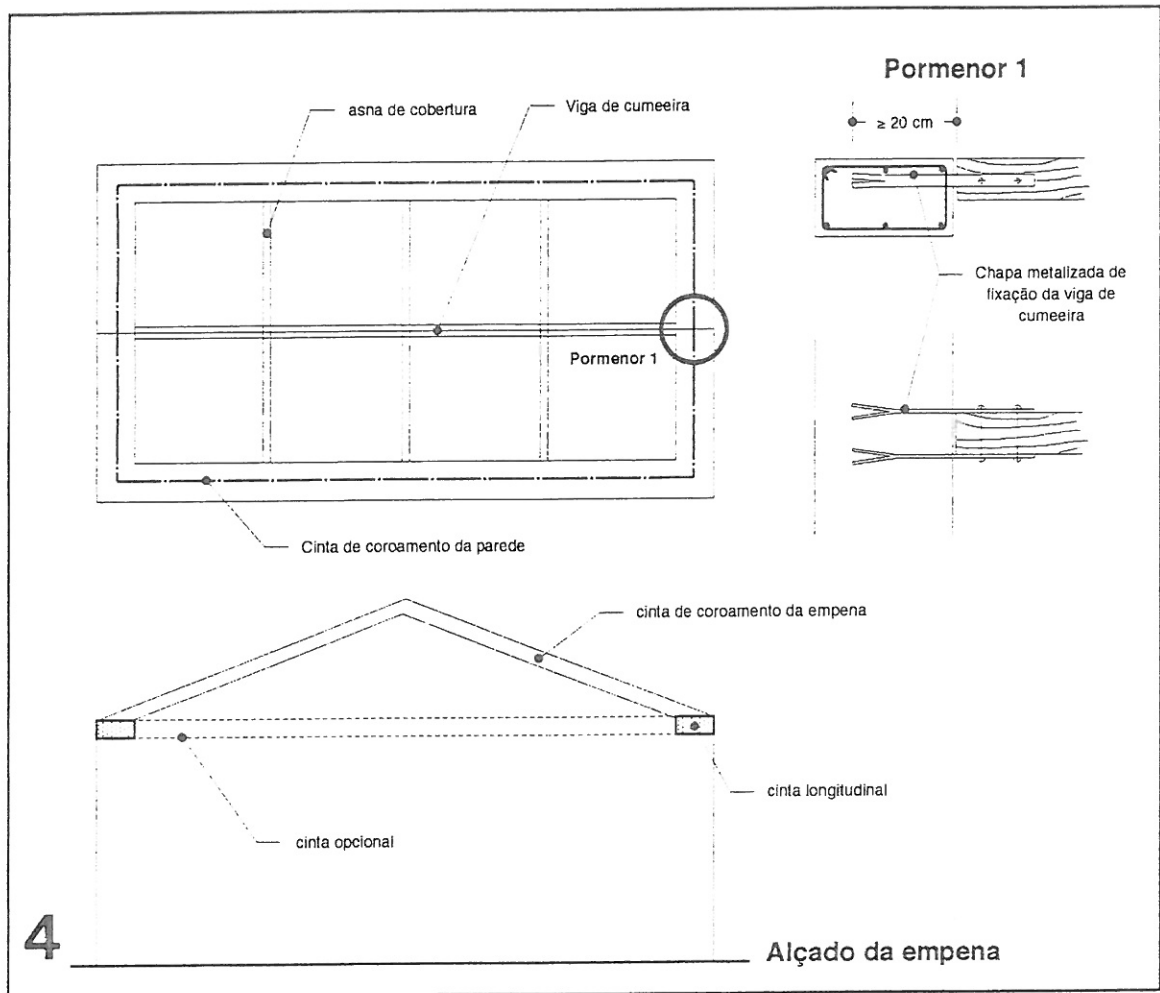
Adicionalmente, a consolidação das paredes de alvenaria de duas folhas deve incluir a colocação de elementos metálicos transversais à parede, ancorados nos rebocos por meio de ganchos ou cotovelos, abraçando pelo exterior a respectiva malha metálica. Tipicamente, estes elementos transversais deverão ter uma distribuição equivalente a varões de 8 mm de diâmetro afastados cerca de 0.8 a 1 m (na horizontal e vertical). Os varões devem ser protegidos contra a corrosão com uma pintura de primário e bem argamassados ou envolvidos por calda de cimento. Este reboco de consolidação deverá ter cerca de 5 cm de espessura devendo haver grande preocupação em assegurar a efectiva protecção anti-corrosiva da malha metálica. Para o efeito o recobrimento mínimo aceitável é de 3 cm e a argamassa deve ser aplicada cuidadosamente para assegurar a sua compacidade e uniformidade. Adicionalmente, para melhorar a durabilidade recomenda-se que na argamassa seja incorporado um aditivo hidrófugo e/ou que seja feito o acabamento do paramento exterior com tinta plástica. Nas zonas enterradas o reboco deverá ser um pouco sobre-espessado ou arrancar de elementos de fundação em betão, corridos ao longo da parede. Por razões de protecção contra a corrosão, não é aceitável a utilização de areia do mar nestes rebocos a menos que previamente seja submetida a uma lavagem eficaz com água doce.

Para reduzir os efeitos de subida das águas por capilaridade junto às fundações, recomenda-se a colocação de tubos de drenagem perfurando a base das paredes.

3.2.3 - Consolidação de estruturas de madeira

Em coberturas ou pavimentos de madeira deverão ser reconstituídas as ligações danificadas pelo sismo ou deterioradas pela humidade. Nas asnas sem linha deve ser colocada uma linha em varão ou em madeira. Em princípio, nestas reconstituições poderão utilizar-se os processos tradicionais, eventualmente complementados com elementos metálicos adicionais (devidamente protegidos contra a corrosão).

Para além das medidas de consolidação que se acabam de descrever, todas as partes da construção devem ser solidarizadas entre si de forma a assegurar um funcionamento sísmico em conjunto - (fig. 3).



3.2.4 - Cintas de solidarização no coroamento das paredes

Deverá ser colocada uma cinta de betão armado no coroamento das paredes exteriores, em toda a periferia do edifício - (fig. 3). Em princípio, a largura da cinta deverá ser igual à espessura da parede contribuindo para a ligação das duas folhas das paredes. A cinta deve ser interligada aos elementos da cobertura por meio de elementos metálicos (chapas ou cantoneiras) convenientemente amarrados no interior da sua armadura - (fig.4). Nos casos de bicos de empena, a cinta deverá correr ao longo do coroamento, mesmo que exista outra cinta ao nível do pavimento próximo. Esta cinta deverá ser ligada à estrutura de madeira da cobertura, nomeadamente no seu elemento de cumeeira. Esta ligação deverá ser feita nos dois extremos da cumeeira (em telhados de duas águas) interligando-se assim os dois bicos de empena - (fig.4).

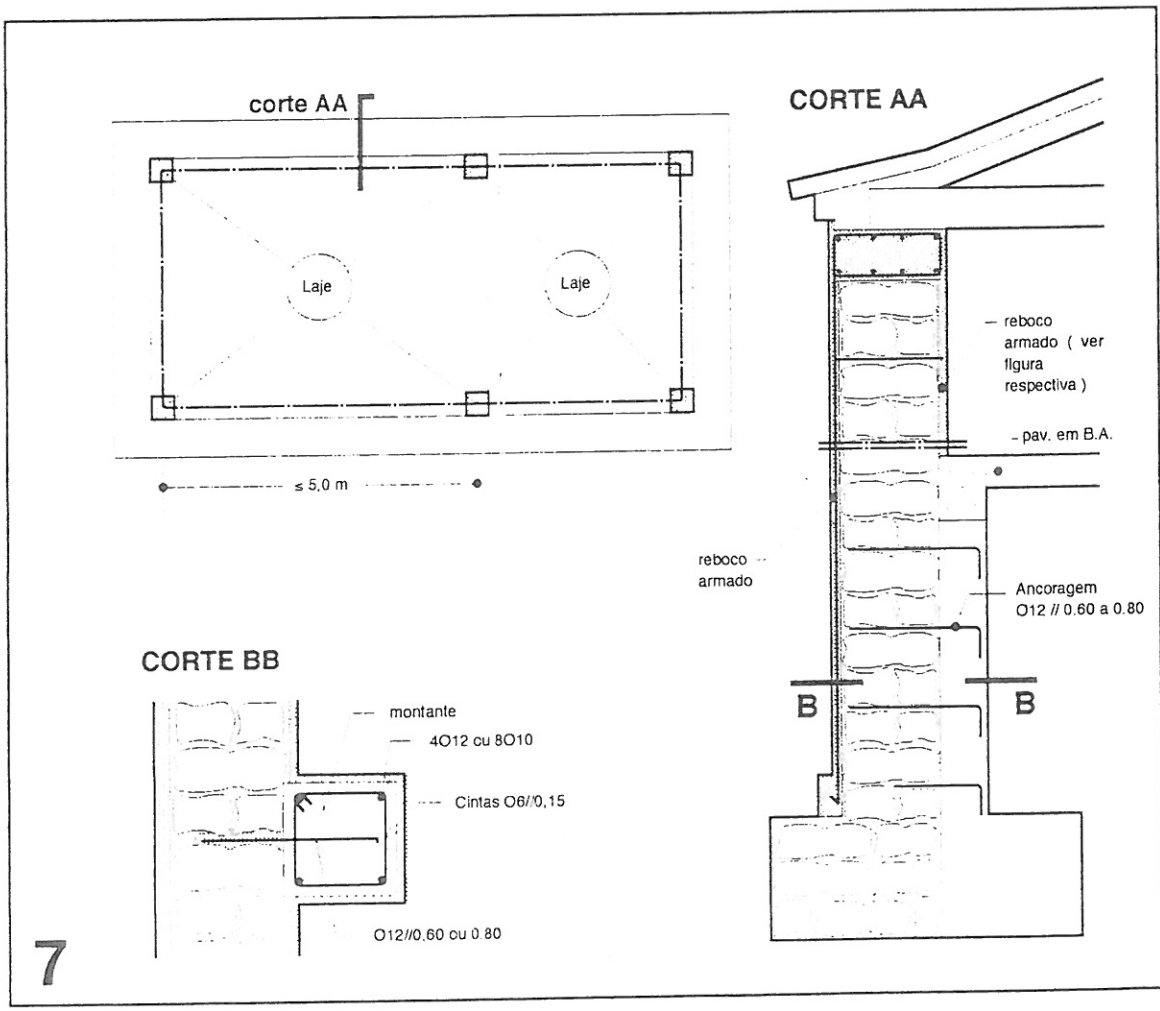
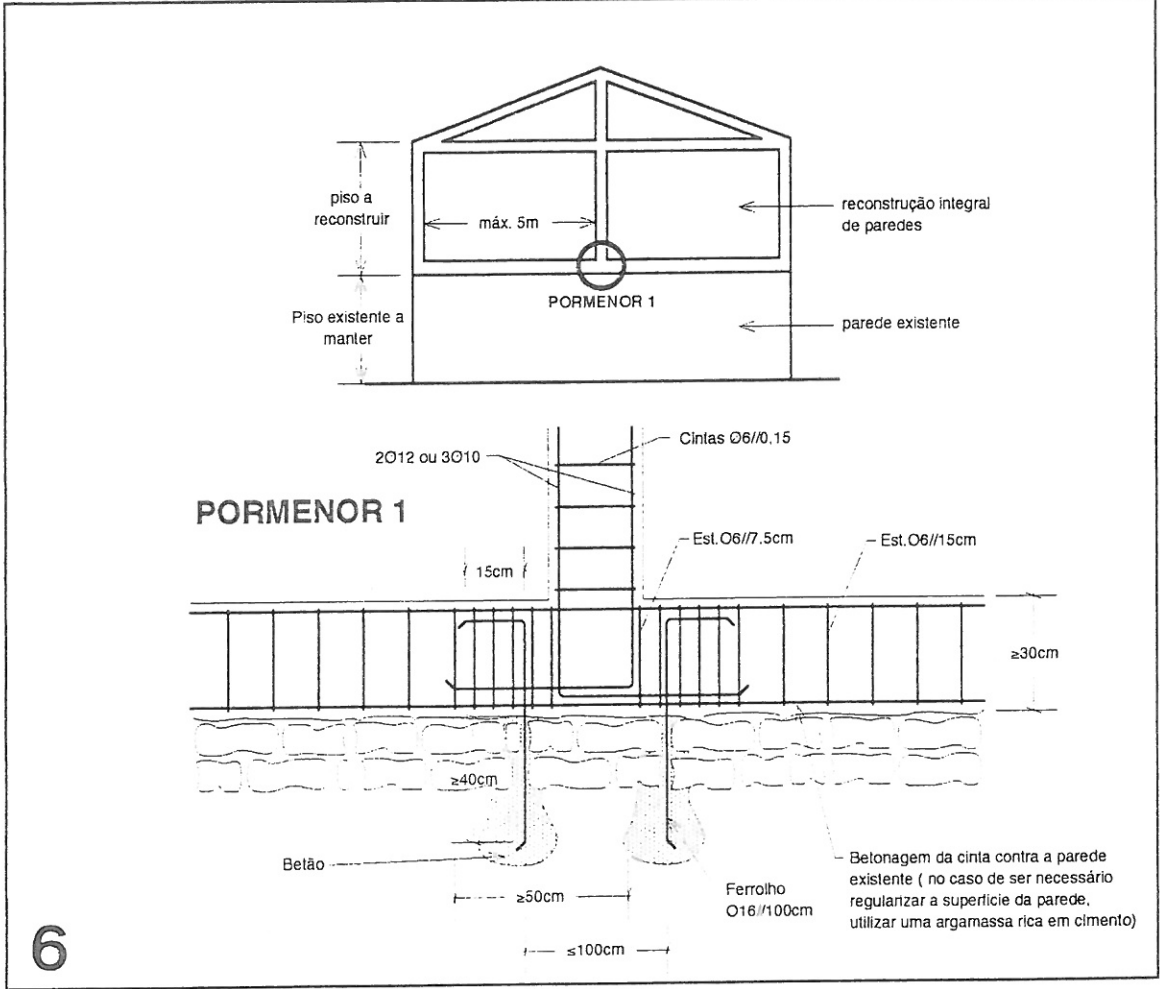
A altura da cinta deve ser, no mínimo, de 20 cm e a sua armadura longitudinal constituída por seis varões de 10 mm em aço A400 e estribos de 6 mm afastados de 15 cm. Particular cuidado deve ser posto nas ligações das armaduras, respeitando-se os comprimentos de amarração regulamentares de modo a assegurar o funcionamento de conjunto de todos os elementos de solidarização.

3.2.5 - Cintas de solidarização entre elementos novos e existentes

Deverá ser colocada uma cinta de betão armado na base dos panos de parede a reconstruir, de modo a confinar o novo pano e a estabelecer a ligação à parede pré-existente que se manterá. Esta ligação deve ser sempre feita ao nível dos pavimentos e a cinta deverá ter a largura da parede inferior e ser interligada com elementos metálicos à estrutura de madeira do pavimento. Estas cintas terão, genericamente, as mesmas características que as descritas no ponto anterior - (fig. 5).

3.2.6 - Montantes de solidarização

Nas zonas de reconstrução integral de paredes, deverão ser colocados montantes de betão armado nos cantos dos edifícios, nas zonas de ligação às paredes a manter ou com



afastamentos não excedendo 5 m. As ligações entre a estrutura nova e as paredes de alvenaria existentes, deverão ser efectuadas de acordo com a pormenorização da fig. 6.

Cuidados especiais deverão ser tomados em relação à interface que estabelece as ligações entre a cinta de apoio dos novos montantes e as paredes de alvenaria existentes. Para esta situação a cinta de transição deverá ter uma altura mínima de 30 cm, as armaduras longitudinais definidas de acordo com a secção 3.2.4 devendo as armaduras transversais terem um espaçamento de 7.5 cm nas zonas de amarração das armaduras longitudinais dos montantes - (fig.6).

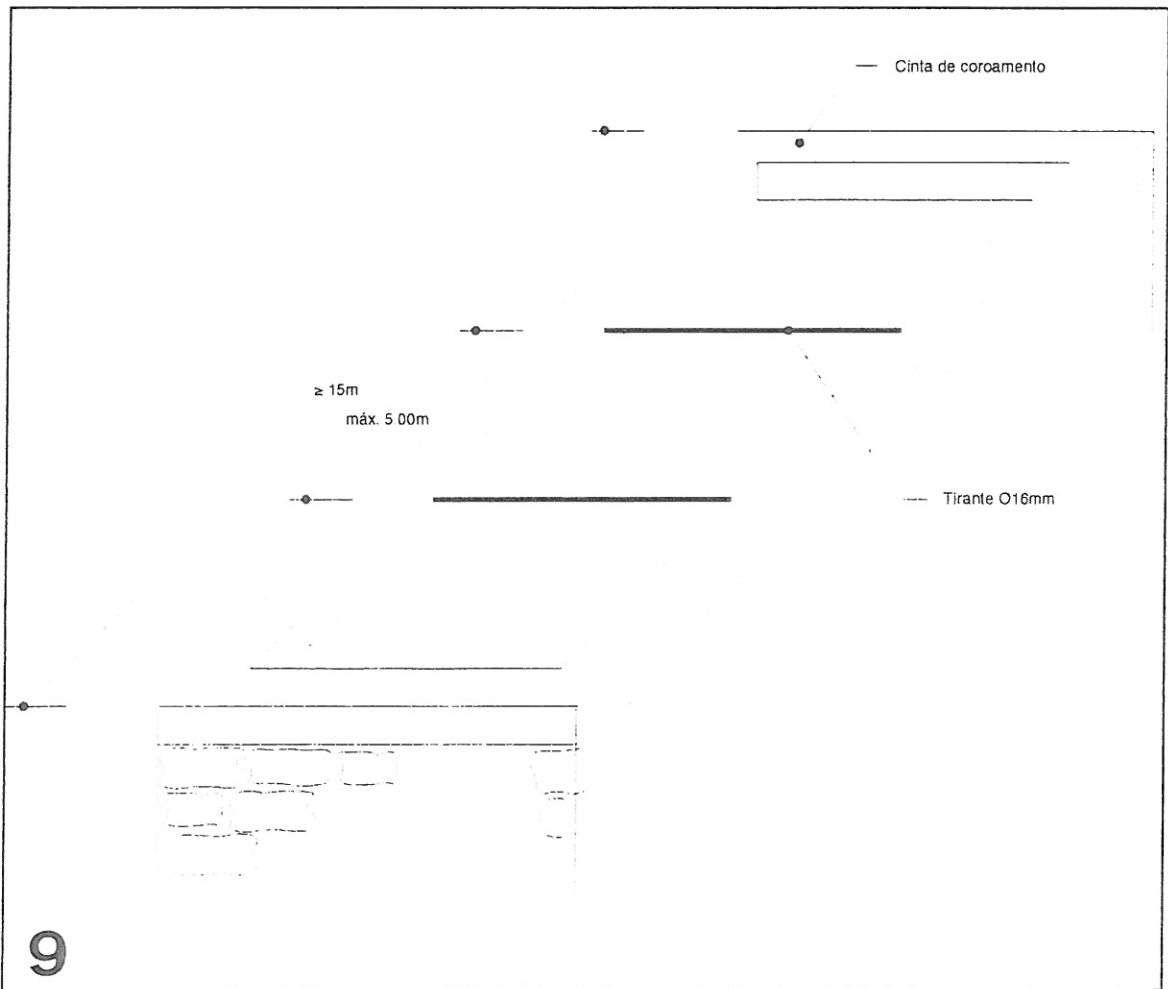
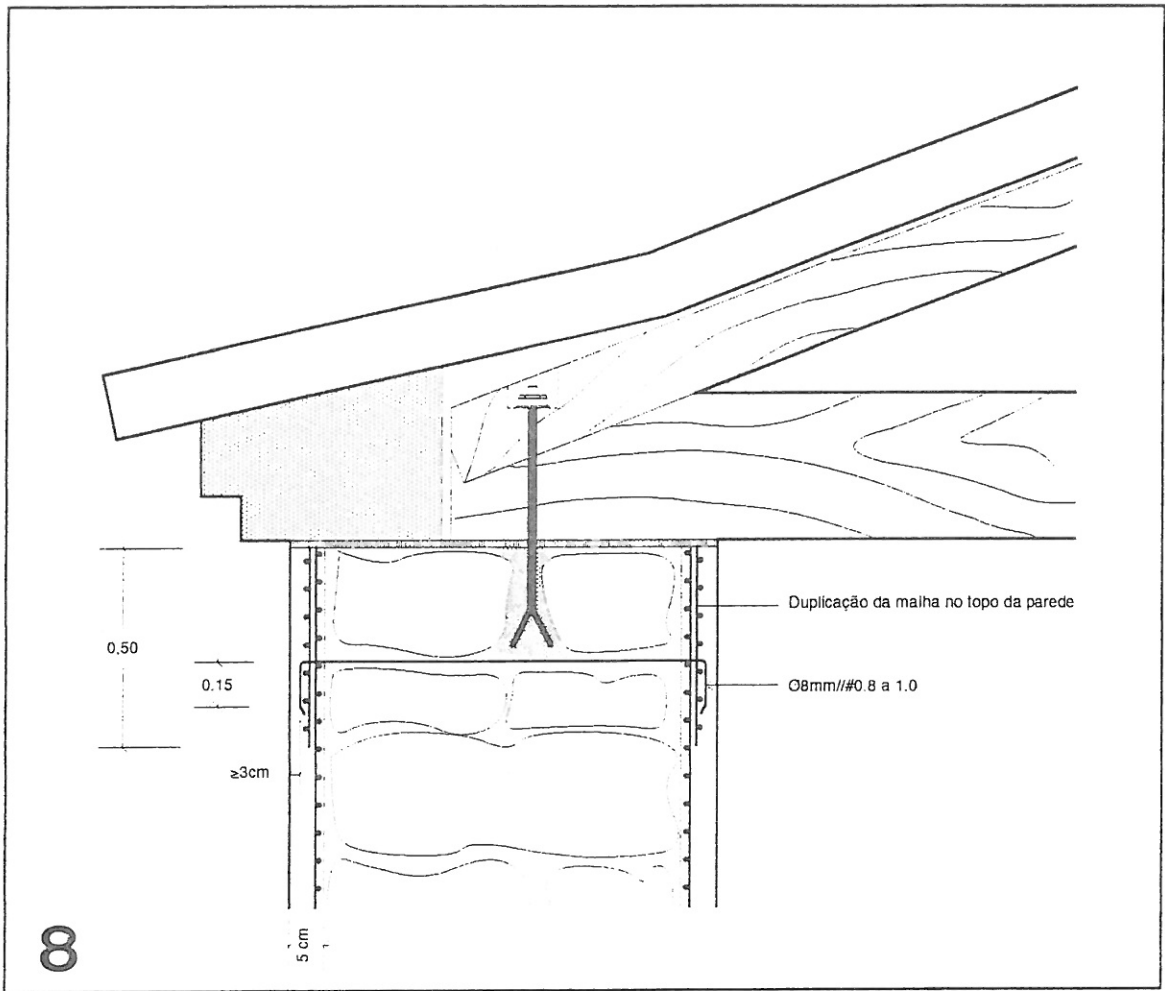
Ao longo da cinta de transição e com espaçamentos inferiores ou iguais a 1.0 m, deverão ser colocados ferrolhos constituídos por varões de 16 mm de diâmetro que terão de ser chumbados na parede existente com uma profundidade mínima de 40 cm.

Nos casos de construção de um novo pavimento em betão armado sobre paredes existentes, a menos que seja assegurada a realização da sua consolidação com o reboco armado descrito anteriormente, é obrigatório a colocação de montantes de acompanhamento das paredes abaixo desse novo pavimento. Nesses casos, dada a dificuldade de incorporar os montantes na espessura da parede, admite-se que possam ser colocados por fora desta (para o interior ou para o exterior do edifício, consoante mais apropriado por razões arquitectónicas ou de outra natureza) desde que se estabeleça uma ligação efectiva entre a armadura dos montantes e das cintas - (fig. 7). As armaduras do novo pavimento devem ser bem ligadas às cintas periféricas.

As armaduras dos montantes deverão ser, no mínimo, equivalentes às preconizadas para as cintas e deve ser assegurado uma ligação eficaz entre o montante e a própria parede. No caso de montantes não embebidos nas paredes tal poderá ser feito por meio de ferrolhos de 12 mm de diâmetro, afastados cerca de 60 a 80 cm, chumbados profundamente na parede com argamassa e incorporados na betonagem do montante. Estes montantes deverão ser convenientemente fundados.

3.2.7 - Reforço de paredes no coroamento através de bandas

Em edifícios de melhor qualidade, não excedendo um piso e que tenham sofrido menor danificação, admite-se a dispensa da colocação da cinta se tal for manifestamente difícil.



Nesses casos essa ausência deverá ser suprida pela colocação de uma banda junto ao topo das paredes no seu paramento exterior com duplicação da malha incorporada no reboco armado - (fig. 8). Essa banda deve correr ao longo de toda a periferia do edifício sem interrupções e com pelo menos 50 cm de altura. Particular atenção deve ser dada às zonas de canto em que a malha metálica deve ser dobrada em torno da aresta sem emendas nessa zona. Nas zonas em que seja necessário emendar a malha metálica, tal deverá ser feito por sobreposição com pelo menos 15 cm e com pregagem para o interior da parede.

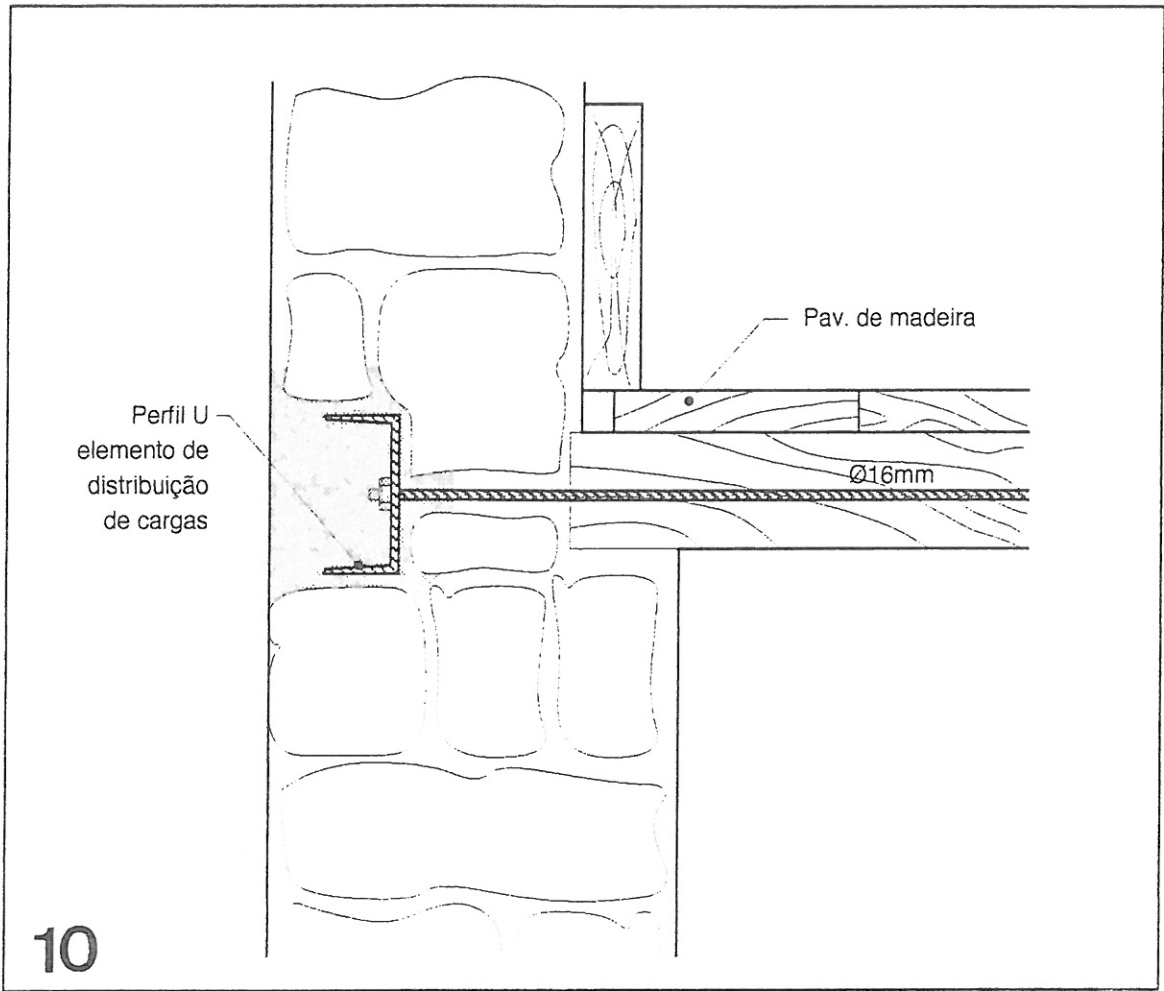
3.2.8 - Tirantes de travamento de paredes

No caso de paredes muito longas (comprimento superior a 15 m) sobretudo quando não se tenham incorporados montantes, ou em edifícios de mais de um piso, deverão ser colocados tirantes de aço de pelo menos 16 mm de diâmetro, interligando as paredes exteriores opostas e com afastamento não superior a 5 m - (fig. 9). Estes tirantes deverão ser bem ancorados na cinta periférica de coroamento ou em elementos metálicos de distribuição no paramento exterior da parede. Para além do nível da cobertura, deverão dispor-se tirantes ao nível dos pavimentos - (fig. 10).

3.2.9 - Contraventamentos de pavimentos ou de coberturas

Nas coberturas em que seja inexistente o forro de apoio da telha e, nos pavimentos de madeira com ausência de compartimentação interior, recomenda-se a introdução de contraventamentos nos respectivos planos por meio de elementos diagonais de madeira ou, preferivelmente, por meio de varões de aço de 16 mm convenientemente protegidos contra a corrosão pelo menos dispostos nas diagonais de alguns dos painéis definidos pela malha estrutural dos elementos de madeira. Estes elementos destinam-se a proporcionar aos pavimentos e coberturas um melhor funcionamento de distribuição das forças sísmicas.

Na disposição destes elementos deverá ser tida em atenção a necessidade da sua efectiva ligação às paredes (directamente ou através dos elementos de madeira desde que estes estejam bem ligados às paredes) pelo facto dos varões só funcionarem à tracção.



A aplicação das medidas de solidarização acima referidas, deverá ser calibrada em função da experiência que o processo de intervenção venha a revelar.

4. PRINCÍPIOS GERAIS PARA A ELABORAÇÃO DE PROJECTOS DE REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS DE MÉDIO PORTE

4.1 - Concepção

À semelhança do que foi referido nas secções anteriores em relação aos edifícios de pequeno porte, nos edifícios de médio porte (edifícios com mais de 2 pisos, com uma dimensão em planta superior a 15 m ou com uma área de construção superior a 500 m²), a concepção das soluções estruturais de reabilitação e reforço deverão assegurar a consolidação dos diversos elementos estruturais e a sua solidarização global. Na medida do possível, deverão manter-se os sistemas estruturais pré-existentes, devidamente melhorados. Quando tal não seja suficiente para satisfazer os requisitos de segurança pretendidos, admite-se a introdução de novos elementos estruturais com comportamento compatível com o sistema pré-existente.

4.2 - Acção Sísmica

Do ponto de vista da acção sísmica deverá utilizar-se a definição constante do RSA - *Regulamento de Segurança e Acções para Edifícios e Pontes*. Relativamente a este ponto é de salvaguardar as situações alvo de estudos detalhados quer sobre a casualidade sísmica (“hazard”) quer de microzonagem que venham propor alterações fundamentadas ao zonamento e aos valores especificados no RSA.

Admite-se também uma diminuição, até 15 %, da severidade da acção sísmica na resposta estrutural quando o cumprimento estrito do percheituado regulamentar possa corresponder a custos de reabilitação incomportáveis.

O coeficiente de comportamento a adoptar deverá ser compatível com a solução estrutural adoptada nas estruturas e que na ausência duma justificação detalhada, não se tome um valor superior a 1.5 .

4.3 - Verificações de Segurança

Os valores das resistências a adoptar nas verificações de segurança deverão ser convenientemente justificados por comprovação experimental, por recurso a bibliografia da especialidade ou a regulamentação internacional.

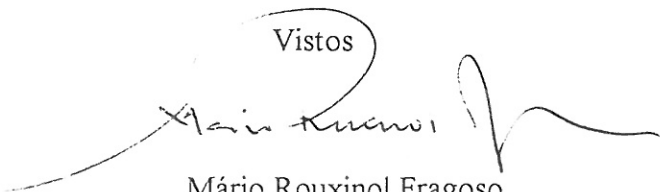
5. NOTA FINAL

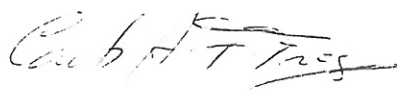
Em face de todos os condicionalismos envolvidos na elaboração da presente versão deste relatório, poderão alguns assuntos descritos ao longo deste trabalho serem alvo de clarificação mais detalhada num futuro próximo.

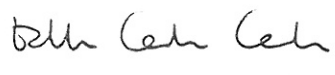
Horta e Laboratório Regional de Engenharia Civil, Novembro de 1998.

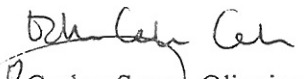
Autorias

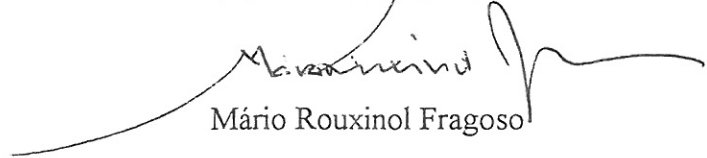
Vistos

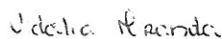

Mário Rouxinol Fragoso
Chefe da Divisão de
Materiais de Construção e Estruturas


Carlos Frazão Fraga
Director do LREC


Eduardo Cansado Carvalho


Carlos Sousa Oliveira


Mário Rouxinol Fragoso


Vidália Miranda

Vidália Miranda

BIBLIOGRAFIA

Centro de Promoção de Reconstrução - CPR, "Autos de Vistoria - Levantamento Sobre Danos Ocorridos no Sismo de 9 de Julho de 1998, nas Ilhas do Faial, Pico e São Jorge", Faial, Set. 1998.

"Segurança de Edifícios de Pequeno Porte de Alvenaria Confinada em Relação à Acção dos Sismos - Regras Práticas", LNEC, 1990.

Carvalho, E. C.; Oliveira, C. S., "Manual de construção anti-sísmica. Edifícios de pequeno porte", LNEC, 1983.

Oliveira, C. S.; Lucas, A.; Guedes, J. C., "Monografia sobre os 10 Anos Após o Sismo dos Açores de 1 de Janeiro de 1989", Edição SRHOP/LNEC, Lisboa.

Ravara, A., "Estudos sobre a Acção do Sismo dos Açores de 1/1/1980", 2º Relatório LNEC, Março de 1980.

RSA - "Regulamento de Segurança e Acções em Estruturas de Edifícios e Pontes", Decreto-Lei nº 235 de 31 de Maio de 1983.

