

4.3 Comparação das Características dos Três Tipos de Reabilitação Estrutural

Com vista ao apoio na tomada de decisão quanto ao tipo de intervenção a fazer, elaborou-se um quadro comparativo das características de cada uma das soluções indicadas.

Sinopse das Características dos Três Tipos Estruturais

Quadro I - Fundações

Reforço da Estrutura Existente	Estrutura Mista Aço-Betão	Estrutura Betão armado
Reduzido acréscimo de cargas.	Leveza estrutural 40 a 80 Kg/m ² (vigas e pilares).	Grande peso estrutural 250 a 350 Kg/m ² (vigas e pilares).
Fundações com reduzido acréscimo de solicitação.	Fundações pouco solicitadas.	Fundações muito solicitadas.
Reduzido volume de obra.	Pequeno volume de obra.	Grande volume de obra.
Solução muito económica.	Solução económica.	Solução dispendiosa.

Quadro II - Paredes Exteriores

Estruturais - reabilitadas na envolvente.	De preenchimento da envolvente.	De preenchimento da envolvente
Variação dimensional e irregularidade de esquadrias e prumadas.	Medidas precisas e esquadrias exactas.	Variação dimensional e irregularidade de esquadrias e prumadas.
Mão-de-obra especializada.	Economia de mão-de-obra.	Custos de correcção de imperfeições e demolições.
Eventualidade de futuras patologias por incompatibilidade de materiais.	Possibilidade de substituição.	Possibilidade de substituição.

Quadro III - Lajes

Dispensa de cofragem.	Dispensa de cofragem.	Necessidade de cofragem.
Rigor de nivelamento.	Grande rigor de nivelamento.	Dificuldade de nivelamento.
Disponibilização quase imediata dos pavimentos para outras funções.	Disponibilização quase imediata dos pavimentos para outras funções.	Impedimento de uso devido aos escoramentos.
Reconstrução lenta e vagarosa.	Grande velocidade de construção.	Velocidade dependente da cura do betão.

Quadro IV - Revestimentos

Capacidades resistentes díspares entre suportes e revestimentos.	Possibilidade de recurso a técnicas de dessolidarização.	Possibilidade de recurso a técnicas de dessolidarização.
Exigência de rigor na execução e manutenção de espessuras finais consideráveis.	Possibilidade de aplicação de técnicas e materiais mais recentes.	Possibilidade de aplicação de técnicas e materiais mais recentes.
Necessidade de aplicação de elementos de regularização antes da fixação de revestimentos.	Facilidade de fixação de materiais complementares pré-fabricados (painéis, forros, etc.).	Necessidade de aplicação de elementos de regularização antes da fixação de revestimentos.

Quadro V - Instalações Hidráulicas e Eléctricas

Dificuldade de execução de furos.	Pilares e vigas podem ser furados na fábrica ou em obra.	Dificuldade de execução de furos.
Planeamento rigoroso; dificuldade de alterar.	Permite alterar as instalações em obra; facilidade de passagem de tubagens.	Planeamento rigoroso; dificuldade de alterar.

Quadro VI - Protecção Contra o Fogo e Sismo

Necessita de protecção contra o fogo.	Necessita de protecção mais sofisticada (fogo e erosão).	O recobrimento normal da armadura é suficiente.
Reduzida protecção de sismo.	Verificação regulamentar com rotura dúctil.	Verificação regulamentar com rotura frágil.

Quadro VII - Gestão da Obra

Execução total no estaleiro.	Execução em fábrica; apenas montagem no estaleiro.	Execução predominantemente no estaleiro.
Mobilização de equipamento especial.	Equipamento de montagem.	Equipamento tradicional e especial em fundações.
Precisão dimensional.	Grande precisão dimensional.	Menor precisão dimensional.
Grande diversidade de material (cimento, areia, brita, água, adjuvantes, varões, madeira, etc.).	Pouca diversidade de materiais (aço, parafusos, eléctrodos, tintas).	Maior diversidade de materiais (cimento, areia, brita, água, adjuvantes, cofragens, varões, etc.).
Mão-de-obra altamente qualificada.	Mão-de-obra especializada.	Mão-de-obra indiferenciada.
Fabrico em ambiente controlado - requer uma fiscalização permanente. Dificuldade em obter qualidade.	Garantia de qualidade dos elementos pré-fabricados (controlo de fábrica).	Fabrico em ambiente pouco controlado - dificuldade em garantir qualidade.
Grande variedade de matérias	Uniformidade de matérias primas.	Variedade dependente da

primas e artesãos		necessidade de utilização.
Grande diversidade de técnicas para executar.	Uniformidade de técnicas a executar.	Variedade de técnicas a executar.
Grande necessidade de mão-de-obra.	Reduzida mão-de-obra.	Maior necessidade de mão-de-obra.
Estaleiro para matérias primas e manuseamento.	Estaleiro diminuto (material chega é aplicado à medida que vai chegando).	Estaleiro de maior dimensão para matérias primas e manuseamento.
Grande aproveitamento de materiais.	Reduzido aproveitamento de materiais.	Reduzido aproveitamento de materiais.
Medidas de segurança e higiene no trabalho diversos quanto a especialidades.	Reduzidas medida de segurança e higiene no trabalho.	Medidas de segurança e higiene no trabalho, diversas quanto a especialidades.
Obra com uso de água.	Obra seca.	Obra com muito uso de água.
Exigência de muita fiscalização.	Facilidade de fiscalização	Exigência de fiscalização.

Quadro VIII - Prazos de Execução

Simultaneidade de execução da estrutura, fundações e outros elementos.	Simultaneidade de execução da estrutura, fundações e outros elementos.	Dependência de conclusão das fundações para iniciar a estrutura.
Execução parcelar.	Montagem simultânea dos diferentes pisos.	Avanço piso a piso
Prazos finais demorados.	Prazos finais reduzidos.	Prazos finais alargados.

Existem ainda vantagens não comparáveis na opção pela execução de uma estrutura mista Aço-Betão, nomeadamente:

- Aumento da área líquida - (importante face ao valor da localização).
- Maior redução de espessura das paredes - (importante face ao valor da localização).
- Maior pé direito livre para a mesma altura de edifício - (importante para sistemas de ventilação e ar condicionado).
- Maior facilidade de manutenção e monitorização da vida útil do edifício, e de eventuais patologias.
- Maior valor residual numa perspectiva de sustentabilidade e reciclagem.

Como desvantagem regista-se a fraca resistência ao fogo e a necessidade de tomar medidas cautelares adicionais na protecção dos perfis de aço.

As estruturas de aço não protegidas são particularmente vulneráveis ao fogo. Esta vulnerabilidade do aço, não protegido, ao aumentar da temperatura, provoca uma diminuição do

seu modo de elasticidade (a partir dos 600°C) e fenómenos de fluência acima dos 450°C, independentemente da espessura do perfil. Estes motivos tornam perigosa a utilização de estruturas de aço a grande altura, se não forem rigorosamente seguidas as medidas de protecção.

Exigível à estrutura do edifício não é que resista ao fogo ou que o estanque mas que permita a evacuação segura dos ocupantes. No betão armado, o recobrimento das armaduras garante que estas não sejam facilmente expostas a grandes temperaturas.

Na estrutura de aço tal recobrimento, obviamente, não existe estando os perfis expostos ao aumento da temperatura.

Torna-se fundamental proteger estas estruturas de modo a reduzir a taxa de aquecimento dos elementos.

É possível esta redução do aquecimento com recurso a materiais de protecção térmica.

Com estes materiais podem obter-se resistências ao fogo de mais quatro horas. Como nos incêndios vulgares se atingem temperaturas da ordem dos 650°C, basta que os processos de protecção não permitam que a temperatura do aço não ultrapasse os 400°C.

Estas medidas de protecção podem ser:

- Protecção envolvendo o elemento: pintura intumescente, materiais projectados ou protecção em caixão.
- Protecção com resguardos.
- Irrigação do aço.

O mais fácil de realizar é sem dúvida pintura intumescente, semelhante à pintura vulgar, no entanto, contém agentes especiais que sofrem expansão a cerca de 150-300°C, formando uma camada de bolhas de gás cuja espessura pode atingir alguns centímetros e que funciona como escudo protector do calor.

Além desta protecção directa dos elementos metálicos, também a construção das paredes interiores em gesso cartonado, pladur, funciona como medida de segurança.

O gesso é um material excepcionalmente isolante, quando perante temperaturas altas, liberta moléculas de água que permite baixar a temperatura até valores próximos dos 400°C; a partir

daí transforma-se em material hidráulico. É assim mais difícil atingir as temperaturas críticas do aço.

Igualmente a lã de rocha no interior das paredes interiores se constitui como uma excelente barreira de propagação ao fogo.

V - ESTIMATIVA DE CUSTOS DIRECTOS DA ESTRUTURA

5.1. Comparação de Estimativa de Custos Para os Três Tipos de Intervenção

5.1.1. Reforço da Estrutura Existente

⇒ Injecção de calda de cimento e encamisamento das paredes.	12 500,00 €
⇒ Projecção de betão B 40 por via húmida (preço STAP/ 1998-corrigido).	60 500,00 €
⇒ Reabilitação e relocalização de pavimentos em vigamento de madeira, execução de vigas de apoio perimetral em betão armado.	22 500,00 €
⇒ Núcleo de escadas e elevador em betão armado.	13 000,00 €
⇒ Diversos pórticos em aço laminado.	12 500,00 €
⇒ Reabilitação da estrutura de cobertura.	6 250,00 €
Total =	127 250,00 €

5.1.2. Estrutura e Pavimentos em Betão Armado (Construção Tradicional)

- Demolições	3 000,00 €
- Fundações	48 000,00 €
- Pilares	13 500,00 €
- Vigas	18 000,00 €
- Lages	38 100,00 €
- Cobertura	4 500,00 €
Total =	125 100,00 €

⇒ Agravamento de 30% dado tratar-se

de uma reconstrução	37 530,00 €
---------------------	-------------

Total =	<hr/> 162 630,00 €
----------------	--------------------

5.1.3. Estrutura Mista Aço-Betão

⇒ Área de construção acumulada	584.00m ²
⇒ Peso estrutural médio estimado/m ²	60 Kg/m ²
⇒ Peso total em perfis de aço	35.040 kg
⇒ Custo de aço € 0.5 /Kg	17 520,00 €
⇒ Mão-de-obra - fabrico	17 520,00 €
⇒ Mão-de-obra - aplicação	17 520,00 €
⇒ Lajes	26 705,00 €
⇒ Núcleo de escadas e elevador em betão armado	13 000,00 €
⇒ Fundações	24 000,00 €
⇒ Cobertura	6 250,00 €

Total Parcial =	<hr/> 122 515,00 €
------------------------	--------------------

⇒ Agravamento de 20% por se tratar de uma reabilitação	24 503,00 €
---	-------------

Total =	<hr/> 147 018,00 €
----------------	--------------------

5.2. Monotorização / Manutenção

Na indústria de construção civil, os investimentos financeiros resultam em valores patrimoniais tão elevados, que muito antes de se falar ou pensar em reabilitar, deve-se dar particular atenção e importância à manutenção.

Para uma manutenção eficaz, é fundamental a previsão de um sistema de monotorização dos "pontos fracos" sempre existentes em cada componente construtiva, seja estrutural ou não estrutural.

Assim dever-se-á a partir do registo dos diferentes projectos, especificações dos materiais usados e do conhecimento registado da obra, estabelecer planos de inventariação do estado de conservação e proceder na presença de patologias sempre a uma inspecção, diagnóstico, reparação das causas e reabilitação desses elementos, tão breve quanto desejável.

As estruturas mistas aço-betão necessitam ainda mais de uma manutenção activa, com particular incidência em possíveis pontos de corrosão e do estado das ligações.

Tratando-se de uma estrutura enclausurada a aplicação de um sistema de pintura anti-corrosiva será suficiente para prevenir o contacto de iniciadores de corrosão como a água, o oxigénio ou iões solúveis agressivos.

Com uma manutenção correctamente feita estas estruturas apresentam uma durabilidade superior a 50 anos, superior às de betão tradicional.

VI - Fichas de Reparação/Reabilitação

Tratar-se-ão dois casos:

- a) Reabilitação da envolvente exterior em tijolo maciço.
- b) Reabilitação da estrutura de cobertura.

São elementos de construção que por terem que se manter (no caso das paredes), e pela intervenção a fazer, o permitir, (no caso da cobertura) serão objecto de tratamento. Contudo muito mais numa perspectiva de reabilitação face às exigências funcionais actuais do que pelo facto de estarmos perante patologias, com causas a eliminar.

Ainda assim, na estrutura da cobertura o aproveitamento das asnas actuais de madeira e o reaproveitamento do vigamento dos pisos para esse fim é uma reabilitação que embora se confronte com patologias existentes não haverá necessidade de tratar/eliminar as causas tratando-se de um levantamento completo da cobertura e estrutura, e nova execução, dada a extensão das anomalias e a precaridade de alguns elementos (asnas).

Apesar de tudo em ambos os casos, seguir-se-á a metodologia típica de uma ficha de reparação de anomalia, com análise dos sintomas, respectivo exame, diagnóstico das causas e reparação.

6.1. Reabilitação da Envolvente Exterior

6.1.1. Sintomas

Perda de aderência ou desagregação do revestimento exterior.

Aparecimento de manchas de humidade algumas horas após os períodos de chuva, manchas essas que tendem depois a desaparecer mais ou menos lentamente, não sendo visíveis em tempo seco.

As zonas humedecidas localizam-se preferencialmente no piso junto à cobertura e nos outros pisos ao nível de lintéis dos vãos exteriores.

Apodrecimento de elementos de contraventamento de madeira "gaiolas" em particular dos elementos dispostos na vertical junto a vãos de caixilharia e algerozes.

Desajustamento face a determinadas exigências.



Fig. 41 - Desagregação superficial do revestimento



Fig. 42 - Desagregação profunda do revestimento e da base



Fig. 43 e 44 - Empolamento; desagregação e fissuração do revestimento



Fig. 45 - Apodrecimento da estrutura de contraventamento



Fig. 46 - Deslocamento do revestimento em placas

6.1.2. Inspecção

Retiraram-se alguns tijolos das paredes em pontos adequadamente escolhidos, nomeadamente nas fiadas contíguas à caixilharia, de modo a possibilitar a observação da existência ou não de caixa de ar.

Verificou-se da existência ou não de estribos de ligação dos panos e da inclinação dos mesmos, para o interior ou exterior.

Verificou-se da estanquidade da cobertura e do funcionamento dos algerozes.

Verificou-se da constituição da argamassa de revestimento exterior e espessura, da perda de aderência, do empolamento e pulverulência existente.

6.1.3. Diagnóstico das Causas

A perda de aderência e desagregação do revestimento exterior, podem ser devidas a diversos tipos de causas:

- a) a perda de aderência pode ser entendida como um processo em que ocorrem falhas ou ruptura na interface com a base ou substrato, devido às tensões surgidas ultrapassarem a capacidade de aderência das ligações. Verificando-se perda de aderência de diversas maneiras: por empolamento, em placas e/ou com pulverulência.

Verificou-se existirem igualmente diferentes tipos de revestimento em diferentes zonas das fachadas: argamassa de cal e areia, original, argamassa de cimento e cal, mais recente, e revestimento final em caiçã, tudo com uma espessura média superior a 3 cm.

- Anomalias de Origem (argamassa de cal e areia)

a1) Empolamentos devidos a fenómenos de expansão na argamassa em função da hidratação posterior de óxidos. A cal parcialmente hidratada ao extinguir-se depois de aplicada, aumentou o volume e produziu expansão, ou o uso de cal contendo óxido de magnésio com uma hidratação desse óxido muito lenta que após a execução do revestimento produziu expansão e empolamento do mesmo.

a2) Pulverulência com desagregação e consequente esfarelamento da argamassa ao ser pressionada manualmente tornando-se friável, tem como causas prováveis um proporcionamento inadequado da mistura de aglomerante agregado e o excesso de materiais pulverulentos e/ou tensões de argila na areia empregue na preparação da argamassa.

Outras causas para o deslocamento com pulverulência poderão ter sido:

- Caiçã executada antes de ocorrer a carbonatação da cal da argamassa.

- Argamassa mal proporcionada (pobre em aglomerantes).
 - Tempo de execução do revestimento inadequado comprometendo a qualidade da argamassa.
 - Emprego de argamassas contendo cimento e adição de gesso, com reacção expansiva.
- Anomalias Após Reparação (com argamassa de cimento e cal)

a3) Desagregação da argamassa nas superfícies de argamassa mista de cimento e cal, devido eventualmente a causas mecânicas, pois as argamassa contendo cimento portland são muito rígidas e nesse caso a expansão causa desagregação da argamassa, que em argamassas menos rígidas parte da expansão é passível de acomodação.

a4) Deslocamento em placas muito provavelmente devido a preparação inadequada da base, aplicação de camadas de argamassa com resistências inadequadas interpostas, com espessura excessiva originando tensões elevadas de tracção entre a base e o revestimento por retracção natural.

a5) Outro factor com forte probabilidade de ocorrência corresponde às variações de temperatura nas paredes expostas, gerando tensões de corte na interface argamassa-base, capazes de provocar o deslocamento do revestimento.

As infiltrações da humidade de precipitação até à face interior das paredes, onde essa humidade se manifesta podem ser devidas a quatro tipos de causa.

a6) Inexistência de caixa de ar.

a7) Contraventamento de ligação em madeira "gaiolas" com repasses para o interior.

a8) Deficiente isolamento de algerozes e coberturas.

6.1.4. Reparação

As deficiências da parede nomeadamente a inexistência de caixa de ar, a inadequabilidade do revestimento exterior, e a inadequabilidade do conforto higrotérmico e acústico e as exigências de durabilidade tornam os trabalhos de reparação a efectuar de elevada monta e de viabilidade discutível.

Num tal caso a correcção da anomalia será mais fácil de obter através da aplicação no paramento exterior das paredes de um revestimento estanque, de preferência, um pára-chuva desligado do paramento existente que proteja o próprio pano exterior contra a penetração da água da chuva.

Assim preconiza-se como solução possível:

1º Remoção do revestimento exterior ainda existente e redução da espessura das alvenarias correspondente a duas fiadas de tijolo (± 0.22 cm), com aumento da área útil interior.

2º Consolidação da alvenaria com injeções de calda de argamassas baseadas em ligantes orgânicos, com elevado poder de penetração. Não deverão ser usados cimentos correntes por serem demasiados retracteis e rígidos.

3º Revestimento exterior até 3.00 m em pedra natural independente com espaço de ar e isolante térmico colado ao suporte. Acima dos 3.00 m revestimento tipo ETICS constituído por placas de poliestireno expandido coladas ao suporte, revestidas com reboco delgado, aplicado em várias camadas, com uma rede de fibra de vidro e acabamento em revestimento delgado com argamassas orgânicas (revestimento plástico espesso).

Interiormente aplicação de uma estrutura intermédia tipo "bardage" formando caixas de ar, aplicação de membrana acústica, e sobre esta placa de gesso cartonado.

FIXAÇÃO INDIRECTA AO SUPORTE
Através de Gatos Resistentes

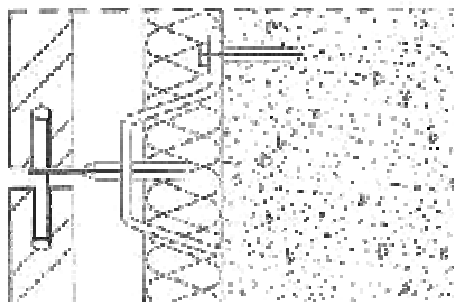


Fig. 47 - Revestimento em placa natural

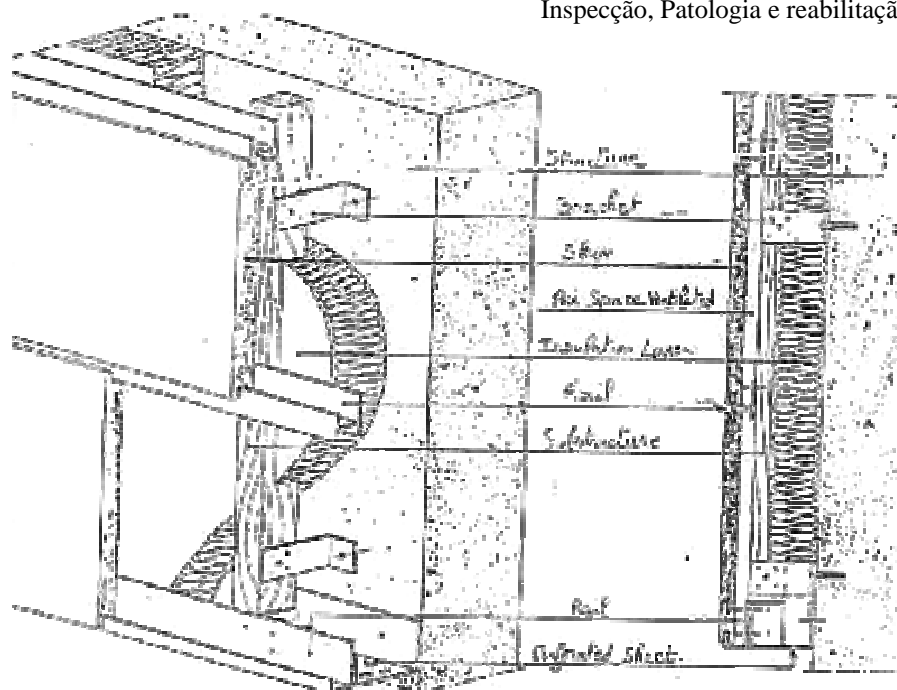


Fig. 48 - Revestimento em pedra natural fixação em sistema "bardage"

REBOCO DELGADO ARMADO SOBRE POLIESTIRENO EXPANDIDO - ETICS

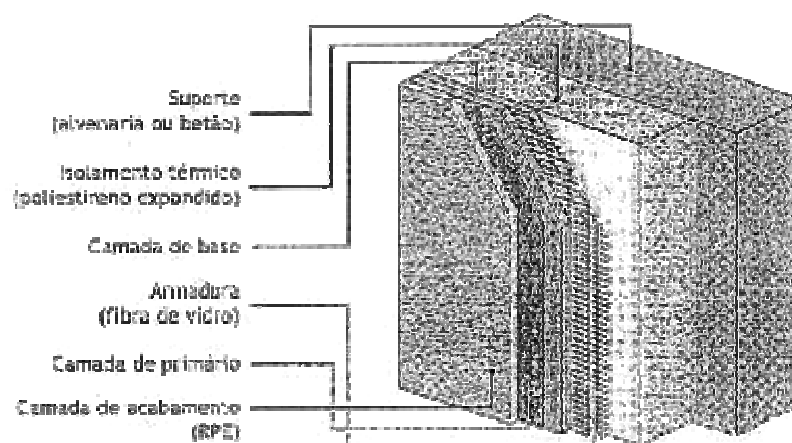


Fig. 49 - revestimento a aplicar na generalidade das paredes a partir dos 3.00 m