

ARGAMASSAS DE REPARO

José Zacarias Rodrigues da Silva Júnior¹
Paulo Helene²

RESUMO: Neste artigo, comenta-se que uma seleção mal elaborada dos materiais de reparo, influencia no processo de deterioração da estrutura recuperada. Nota-se também que os custos de recuperação são tão elevados que impedem o desenvolvimento de novos projetos estruturais.

Também é discutido que para obtenção de um reparo durável necessita-se levar em consideração no projeto, alguns aspectos fundamentais para a durabilidade das argamassas e o sistema de reparo tais como: o tipo de reparo, as falhas no mecanismo de reparo, a incompatibilidade das propriedades mecânicas, etc.

Mostra-se ainda que a incompatibilidade entre o substrato e o material de reparo é uma das causas geradoras da deterioração precoce dos reparos.

1 INTRODUÇÃO

A seleção dos materiais de reparo para uso em recuperação de estruturas de concreto tem ingerência no processo de deterioração das peças recuperadas. Os custos de recuperação são tão elevados que chegam a inviabilizar o investimento em outros projetos de estrutura, o que obriga os projetos de reparo a se agruparem em função dos tipos de deterioração a que a estrutura estiver submetida, para aplicação correta dos materiais em cada tipo de patologia (WOOD & JOHNSON, 1990).

Um dos materiais usados, nos projetos de recuperação, é a argamassa de reparo, e que, para que haja êxito nesta execução necessita-se levar em consideração alguns aspectos importantes referentes a esses materiais.

2 ASPECTOS RELEVANTES DAS ARGAMASSAS DE REPARO

Em função do aparecimento de inúmeras patologias, como fruto do envelhecimento do concreto, faz-se necessária a normalização dos materiais, de tal forma a coibir o seu uso indiscriminado e inadequado, o que pode vir a provocar o aparecimento de deterioração no reparo. Surgiu então o movimento para normalização destes materiais, tendo partido de HELENE a primeira contribuição neste sentido.

Posteriormente, seguiram-se apenas tentativas e iniciativas isoladas, principalmente dos projetos do CB – 18 e do Projeto Temático da FAPESP “Pesquisa para Normalização de Materiais e Sistemas

¹ Engenheiro Civil, Mestre, Professor titular do curso de Engenharia Civil da UNAMA.

² Engenheiro Civil, Doutor, Professor titular do PCC/USP.

de Reparo de Estruturas de Concreto com Corrosão de Armaduras”, que adotou uma outra divisão, mostrada a seguir (HELENE, 1993):

- **Sistemas de reparo por repassivação localizada** – sistemas que simplesmente protegem o local reparado da estrutura pelo uso de materiais tais como argamassas, grautes, microconcretos e concretos de cimento Portland ou de base cimento Portland modificado com resinas. Este procedimento pode provocar o deslocamento das células de corrosão para regiões próximas do local reparado.
- **Sistemas de reparo por barreira sobre a armadura** – sistemas que protegem as armaduras por aplicação direta sobre as mesmas, como sendo as argamassas base epóxi, argamassas base poliéster, os “primers”, adesivos e pinturas epoxídicas.
- **Sistemas de reparo por barreira sobre o concreto** – sistemas que promovem uma proteção indireta à armadura por meio da criação de uma barreira aplicada sobre a superfície do concreto, com vernizes base epóxi, base poliuretana, base acrílica, pinturas de mesma base e revestimentos resistentes aos ambientes agressivos e de grande espessura.
- **Sistemas de reparo por barreira química (inibição)** – sistemas que promovem a proteção por inibição do processo corrosivo; e, neste caso, usam-se os inibidores orgânicos à base de Nitritos e Benzoatos.
- **Sistemas de reparo por proteção catódica** – sistemas que promovem a proteção catódica de natureza galvânica. É uma técnica que estabelece uma proteção mais abrangente, evitando o aparecimento de novas células de corrosão.

Entretanto, no mercado nacional só há a disponibilidade de certificados do tipo Referência Técnica, fornecidos pelo IPT de São Paulo à FOSROC BRASIL de dezembro de 1998, nos quais encontraram-se a descrição do produto, a regulamentação e os critérios de avaliação, ou seja, os métodos de ensaio utilizados na avaliação do produto. Nestes certificados constam também a forma e metodologia de aplicação do material, o preparo do local de reparo, o modo de mistura, a maneira de lançamento da mistura na forma e a metodologia de cura do reparo, para que se possa obter o melhor desempenho do sistema de reparo. Dentro da metodologia de avaliação do material efetuaram-se os ensaios de caracterização do material seco através da granulometria, verificação da fluidez, perda de consistência, variação volumétrica, resistência à compressão, resistência à tração na flexão, módulo de elasticidade, permeabilidade, difusividade de cloretos, carbonatação acelerada e dilatação térmica linear. Os resultados obtidos foram compatíveis com as informações prestadas pelo boletim técnico do fabricante. A despeito do amplo programa de ensaios executados, não se sabe se os resultados obtidos satisfazem as necessidades do usuário. Por outro lado, outras indústrias, simplesmente, realizam os ensaios em seus próprios laboratórios e apresentam os resultados como prova de um bom desempenho, sem que nenhum órgão oficial tenha estabelecido os limites para aceitação e aplicação do produto. Urge, portanto, que se implemente e desenvolva o estágio de normalização dos materiais de reparo no Brasil.

2.1 Durabilidade dos sistemas de reparo

Muito embora haja uma necessidade cada vez maior de reparo de estruturas de

concreto armado, a carência de informações técnicas, diretrizes e consenso sobre procedimentos provoca uma série de divergências, no que tange à obtenção de maior vida útil e durabilidade dos reparos (CUSSON & MAILVAGANAM, 1996).

De acordo com NONU & CHAUDHARY (2000), um método de restauração da integridade de uma estrutura com danos é o reparo localizado das áreas afetadas, pela substituição do concreto pelos materiais de reparo. Porém, a durabilidade do reparo depende, grandemente, da sua aderência com o substrato de concreto e a proteção conferida ao aço da armadura. Portanto, deve haver coerência das propriedades físicas e químicas entre o substrato de concreto, o projeto de reparo e o uso da estrutura reparada (NOUNU & CHAUDHARY, 2000).

Tal durabilidade é fruto de uma perfeita interação e compatibilidade entre as propriedades dos materiais de reparo e o substrato. Isto implica na obtenção de reparos resistentes a tensões resultantes das modificações volumétricas de carga e de temperatura, sem que haja deterioração precoce.

As propriedades consideradas básicas de um material de reparo são o módulo de elasticidade, retração e *creep*, para o bom desempenho do reparo ao longo de sua vida útil. Entretanto, dá-se maior ênfase à seleção de materiais de reparo e às propriedades avaliadas em pequenas idades, como compressão, tração, aderência e retração.

Avaliando-se criticamente as recomendações das normas e especificações de reparo, são observadas limitações e contradições dentro do seu escopo (MANGAT & O' FLAHERTY, 2000).

Portanto, a seleção dos materiais de reparo e o levantamento dos esforços e do ambiente onde será executada a intervenção implicam na redução das falhas do sistema de reparo.

2.2 Falhas no sistema de reparo

Segundo CUSSON & MAILVAGANAM (1996), a ausência de durabilidade nos sistemas de reparo se apresenta de diversas maneiras, como se mostra a seguir:

- **Fissuração a tração ao longo da espessura do reparo** – ocasionado pela redução da tensão de tração do material de reparo em relação à resistência de aderência na interface e ao substrato de concreto. Figura 1.a;
- **Cisalhamento do substrato de concreto abaixo da interface** – esta ocorrência tem como sintomatologia a delaminação do reparo, juntamente com uma camada da base de concreto que ficou aderida . Figura 1.b;
- **Falta de aderência entre o material de reparo e a base de concreto** – consequência da baixa resistência de aderência do reparo e do substrato de concreto. Figura 1.c.

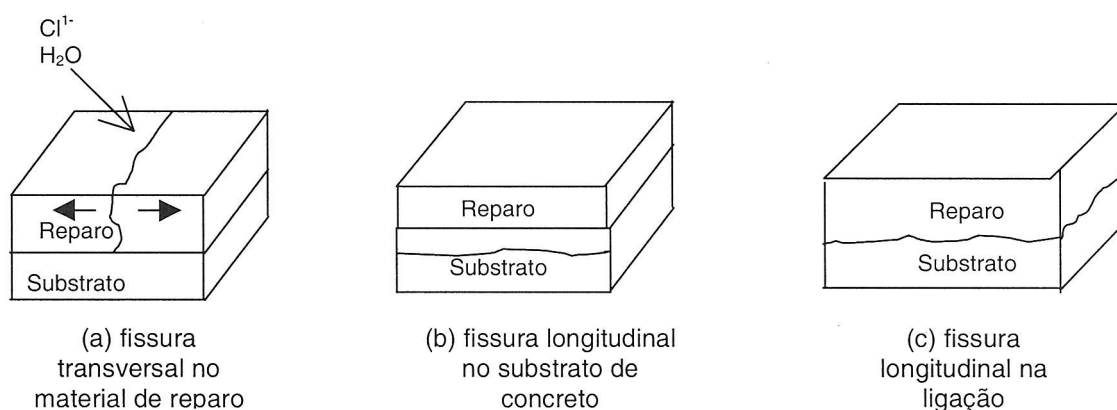


Figura 1- Tipos de falhas nos sistemas de reparo (CUSSON & MAILVAGANAM, 1996).

1.1 Tipos de Reparo

Os reparos são classificados de duas formas distintas, dependendo da forma de aplicação do reparo:

■ **Reparo não estrutural** – reduz a permeabilidade, protege a armadura, aumenta a resistência à abrasão e

principalmente a melhoria da estética Figura 2.a;

■ **Reparo estrutural** – Restabelece a capacidade de carga de projeto ou, ainda, melhora a monoliticidade de uma estrutura que não foi bem projetada Figura 2.b.

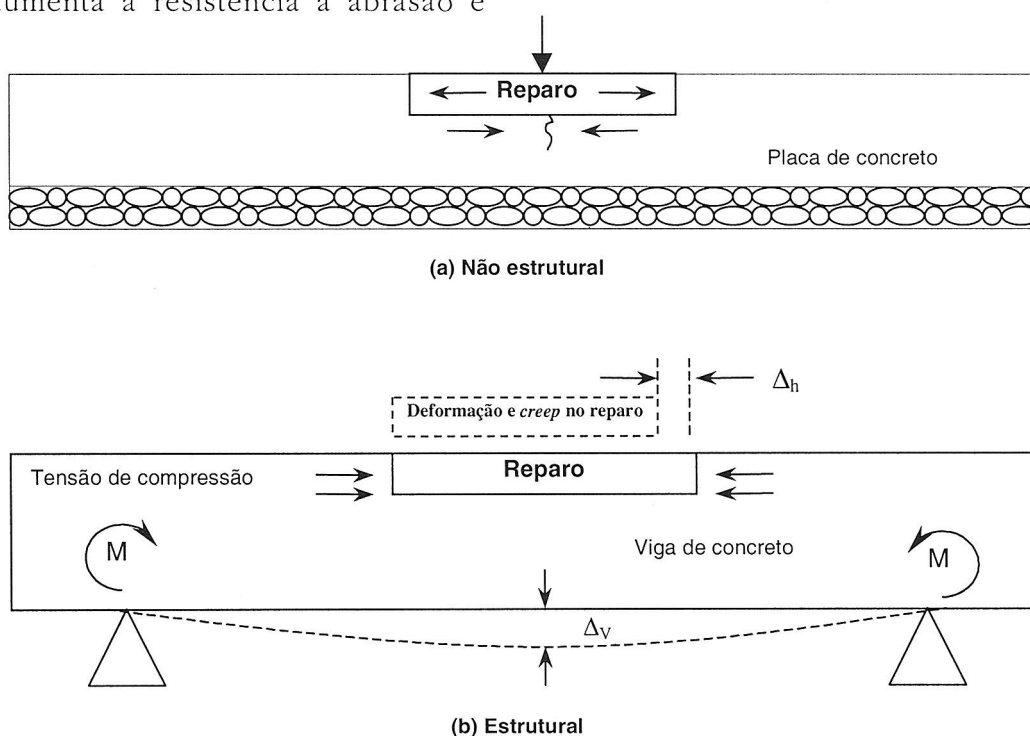


Figura 2 – Tipos de reparos (CUSSON & MAILVAGANAM, 1996).

2.4 Seleção dos Materiais de Reparo

Dentre as diversas classes de material de reparo, três grupos distintos se destacam, a saber:

■ **argamassas cimentícias;**

■ **argamassas cimentícias modificadas com polímero;**

■ **argamassas à base de resinas.**

A Tabela 1 mostra os grupos de material para reparos superficiais segundo CUSSON & MAILVANAGAM (1996).

Tabela 1 - Argamassas para sistema de reparo superficial de concreto (CUSSON e MAILVANAGAM, 1996).

Argamassas cimentícias	Argamassas cimentícias com polímeros modificados	Argamassas à base de resinas
Cimento Portland (PC)	Estireno-butadieno	Epóxi
Cimento de alta alumina (HAC)	Acetato de vinila	Poliéster
Misturas de PC/HAC	Fosfato de magnésio	Acrílico
Grautes expansivos	Acrílico	Poliuretano

Para cada propriedade mecânica existente corresponde uma variedade de valores na avaliação para os três grupos de materiais. Esta diversidade de propriedades de materiais aderentes conduz também ao

aparecimento de tensões de tração e fissuração na interface, o que, como consequência, provoca o descolamento do reparo. A Tabela 2 mostra valores de algumas propriedades dos três grupos de materiais.

Tabela 2 - Propriedades mecânicas dos materiais de reparo (CUSSON & MAILVANAGAM, 1996).

Propriedades mecânicas	Argamassas cimentícias	Argamassas cimentícias com polímeros modificados	Argamassas à base de resinas
Resistência à compressão (MPa)	20-50	30-60	50-100
Resistência à tração (MPa)	2-5	5-10	10-15
Módulo de elasticidade na compressão (GPa)	20-30	15-25	10-20
Coeficiente de expansão térmica (°C)	10	10-20	25-30
Absorção de água (% por peso)	5-15	0,1-0,5	1-2
Temperatura máxima de serviço	>300	100-300	40-80

Na seleção dos materiais de reparo devem ser levadas em conta as condições de exposição em serviço, a logística, parâmetros de instalação de reparo e as características do material (CUSSON & MAILVAGANAM, 1996). Paralelamente ao tipo de reparo, a seleção dos materiais usados na recuperação é de fundamental importância para que não haja incompatibilidade com o substrato de concreto, de tal forma que o reparo resista aos esforços e que não venha a deteriorar precocemente.

2.5 Condições de exposição em uso

As condições de exposição em uso têm ingerência no desempenho do sistema de reparo e, portanto, devem ser levadas em consideração no projeto de recuperação. As situações mais comuns de exposição estão elencadas abaixo:

- **Variação de umidade e temperatura:** as variações de temperatura, assim como os ciclos de secagem e molhagem, provocam retração e expansão dimensional;
- **Ciclos de gelo e degelo:** no concreto em fase de endurecimento, se saturado e exposto a baixas temperaturas, a água dos poros capilares congela, o que ocasiona a expansão;
- **Carregamentos por impacto, contínuos ou cíclicos:** estas solicitações podem provocar o esmagamento do concreto por transmissão de ondas diferenciadas dos materiais que tomam parte no reparo.

2.6 Considerações logísticas de trabalhabilidade

Dependendo da situação, a logística se sobrepõe a outros parâmetros na escolha

dos materiais de recuperação. Algumas vezes, a inacessibilidade do reparo impõe ao material uma situação que exige dele uma condição de lançamento auto-adensável, para satisfazer as condições de trabalhabilidade.

Parâmetros de instalação de reparo

Os parâmetros elencados abaixo são imprescindíveis no desenvolvimento de um projeto de reparo (CUSSON & MAILVAGANAM, 1996).

- **Tamanho e geometria dos reparos superficiais:** nos pequenos reparos a durabilidade depende em grande parte da capacidade de deformação do material; grandes reparos dependem também da tensão do material ao longo do tempo de uso da estrutura;
- **Presença de armadura no reparo:** tem por finalidade reduzir a tensão de cisalhamento na interface entre o reparo e o substrato e a tensão de tração no substrato de concreto;
- **Efeito da rigidez da seção:** a tensão de retração pode ser induzida no material de reparo de uma peça rígida por restrição à movimentação. Por isso, quando houver possibilidade de redução da retração, deve-se exigir um material de baixa retração.

2.7 Características do material

CUSSON & MAILVAGANAM (1996) estabeleceram na Tabela 3, as propriedades mais importantes e relevantes que devem ser consideradas para a definição de um material de reparo durável e sem incompatibilidades, a tabela sugere a relação exigida entre a propriedade do material de reparo (R) e o substrato de concreto (C).

Tabela 3 - Requisitos dos materiais de reparo superficiais em relação à compatibilidade (CUSSON & MAILVAGANAM, 1996).

Propriedade	Relação do material de reparo (R) com o substrato de concreto (C)
Tensão de retração	$R < C$
Coefficiente de deformação lenta (para reparos comprimidos)	$R < C$
Coefficiente de deformação lenta (para reparos tracionados)	$R > C$
Coefficiente de expansão térmica	$R = C$
Módulo de elasticidade	$R = C$
Coefficiente de Poisson	$R = C$
Resistência à tração	$R > C$
Desempenho à fadiga	$R > C$
Aderência	$R > C$
Porosidade e resistividade	$R = C$
Reatividade química	$R < C$

2.8 Incompatibilidade dos módulos de elasticidade

O módulo de elasticidade é uma das mais importantes propriedades dos materiais de reparo, razão pela qual faz-se aqui uma abordagem resumida sobre esta medida que expressa o grau de deformabilidade do material, ou seja, materiais de baixo módulo são capazes de se deformar mais do que materiais de alto módulo quando submetidos a uma determinada carga. Por isso sua incompatibilidade tem fundamental importância no êxito do reparo, como nos casos relatados a seguir: ao se aplicar um esforço externo paralelo ao plano de aderência, a diferença de módulos faz com que sejam geradas tensões a partir do material de menor módulo para o de maior, provocando assim a falência no material de maior módulo. Ao contrário, se o esforço for aplicado perpendicular à linha de aderência, a incompatibilidade tem menor influência; entretanto se o carregamento externo for de tração na mesma direção, aí sim esta incompatibilidade poderá provocar problemas de aderência. A Figura 3 mostra os efeitos da diferença entre os módulos de elasticidade dos materiais de reparo.

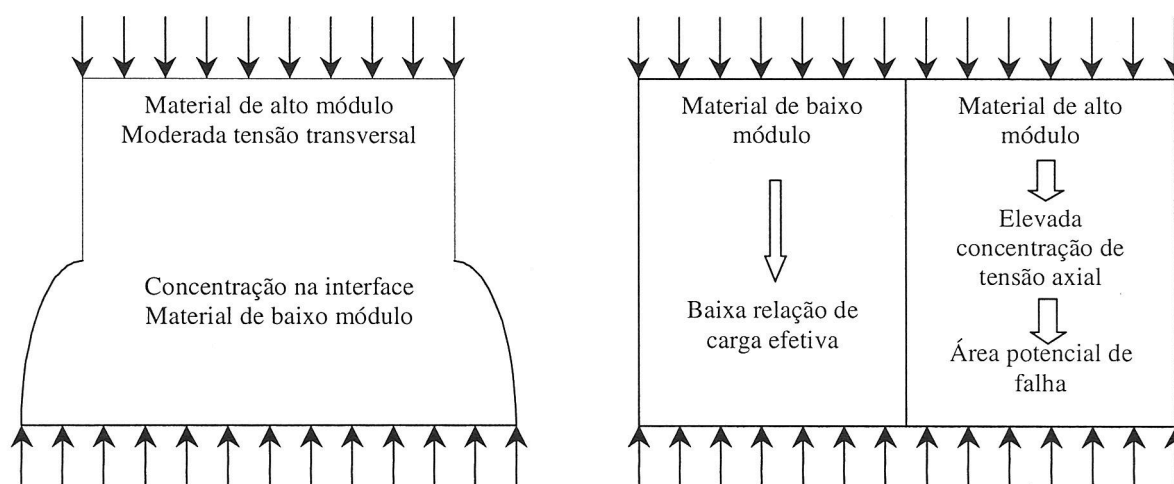


Figura 3 – Influência da incompatibilidade do módulo de elasticidade nos materiais de reparo (CUSSON & MAILVAGANAM, 1996).

2.9 Experimentos

Resultados Obtidos para Argamassa EMACO S88 (A1)

Ensaio - A1	Relação a/m secos = 0,15	Método	Idade (Dias)				
			1	3	7	28	63
Consistência (mm)	235						
Densidade de massa específica (Kg/dm ³)	2,18						
Resistência média a compressão (Mpa)			44,3	63,6	68,8	86,7	87,1
Resistência média a flexão (Mpa)			5,9	10,8	11,4	13	8,2
Asc. Capilar (g/cm ²)						0,025*	0,033*
Carbonatação espessura (mm)						0	0,076**
							0

* Valor medido para t₁=1 min e ** para t₂=10min

Resultados Obtidos para Argamassa OBE 250 (A2)

Ensaio - A2	Relação a/m secos = 0,15	Método	Idade (Dias)				
			1	3	7	28	63
Consistência (mm)	267						
Densidade de massa específica (Kg/dm ³)	2,15						
Resistência média a compressão (Mpa)			11,7	22,1	25,1	38,6	42,5
Resistência média a flexão (Mpa)			3,2	6	6,8	7	7,1
Asc. Capilar (g/cm ²)						0,0024*	0,016*
Carbonatação espessura (mm)						0	0,03**
							0

* Valor medido para t₁=1 min e ** para t₂=10min

Resultados Obtidos para Argamassa OBE 240 (A3)

Ensaio - A3	Relação a/m secos = 0,15	Método	Idade (Dias)				
			1	3	7	28	63
Consistência (mm)	200						
Densidade de massa específica (Kg/dm ³)	2,2						
Resistência média a compressão (Mpa)			26,8	43,8	59,6	71,1	81,2
Resistência média a flexão (Mpa)			4,9	6,9	9,6	10,5	6,9
Asc. Capilar (g/cm ²)						0,027*	0,036*
Carbonatação espessura (mm)						0	0

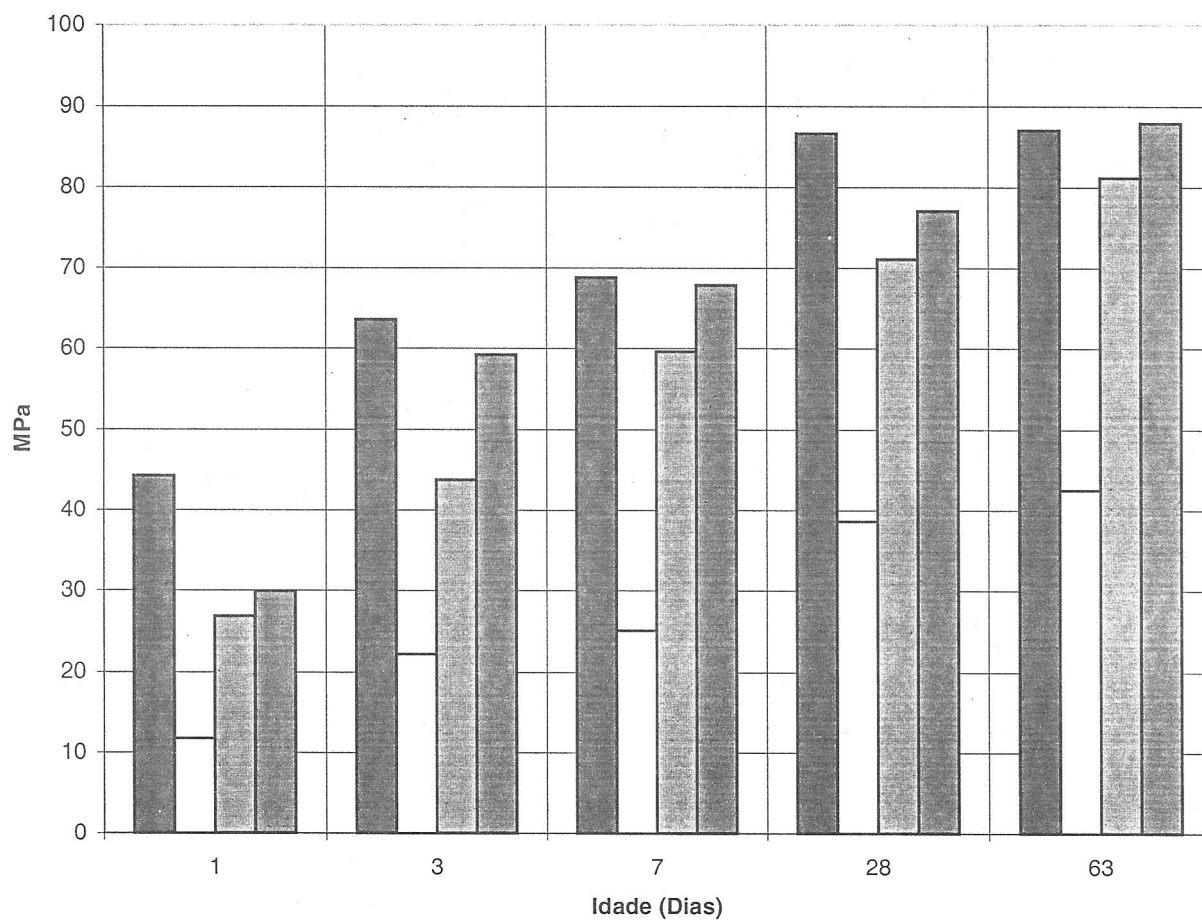
* Valor medido para t₁=1 min e ** para t₂=10min

Resultados Obtidos para Argamassa RENDEROC LA (A4)

Ensaio - A4	Relação a/m secos = 0,15	Método	Idade (Dias)				
			1	3	7	28	63
Consistência (mm)	290						
Densidade de massa específica (Kg/dm ³)	2,3						
Resistência média a compressão (Mpa)			29,9	59,2	67,9	77,1	87,9
Resistência média a flexão (Mpa)			5,8	8,8	8,9	9,4	7,9
Asc. Capilar (g/cm ²)						0,008*	0,013**
Carbonatação espessura (mm)						0	0

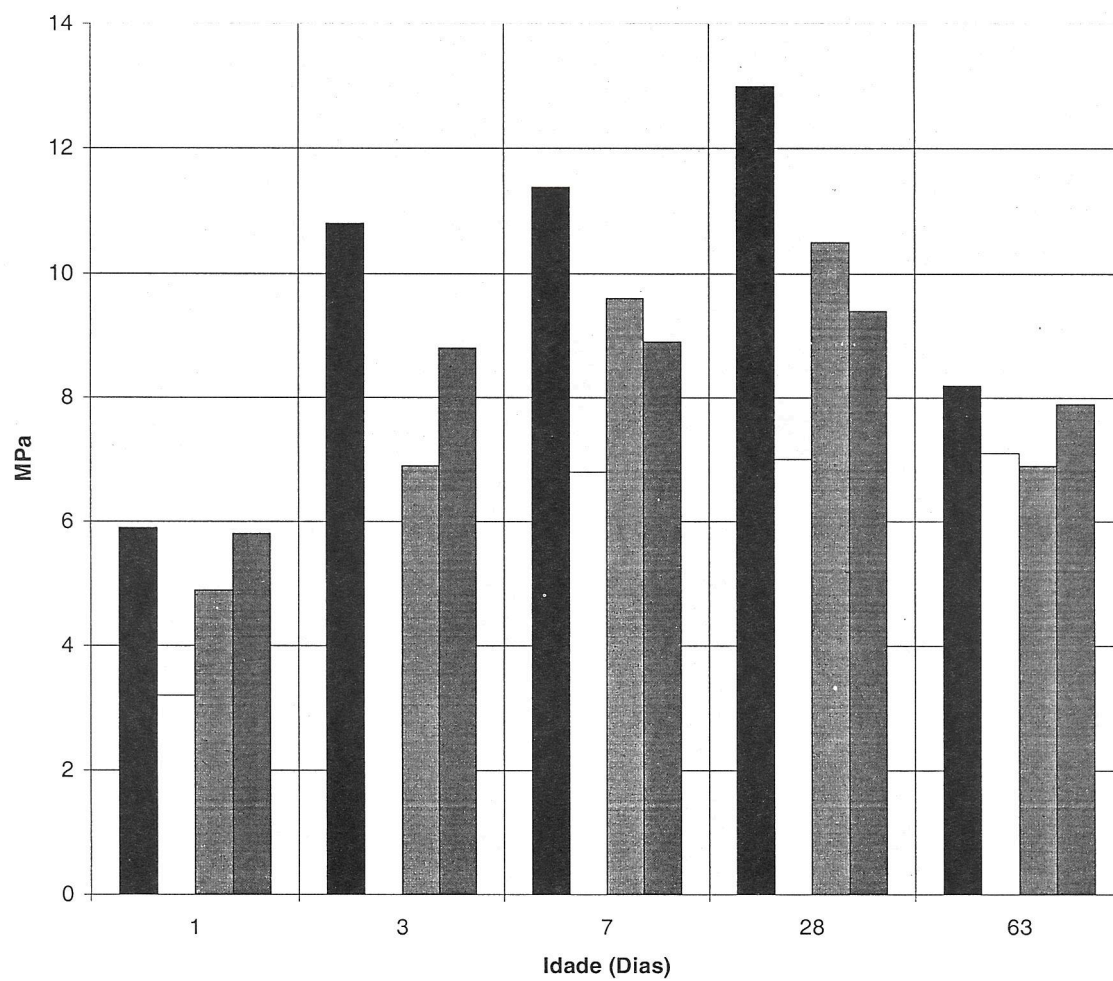
* Valor medido para t₁=1 min e ** para t₂=10min

Resistência Média a Compressão



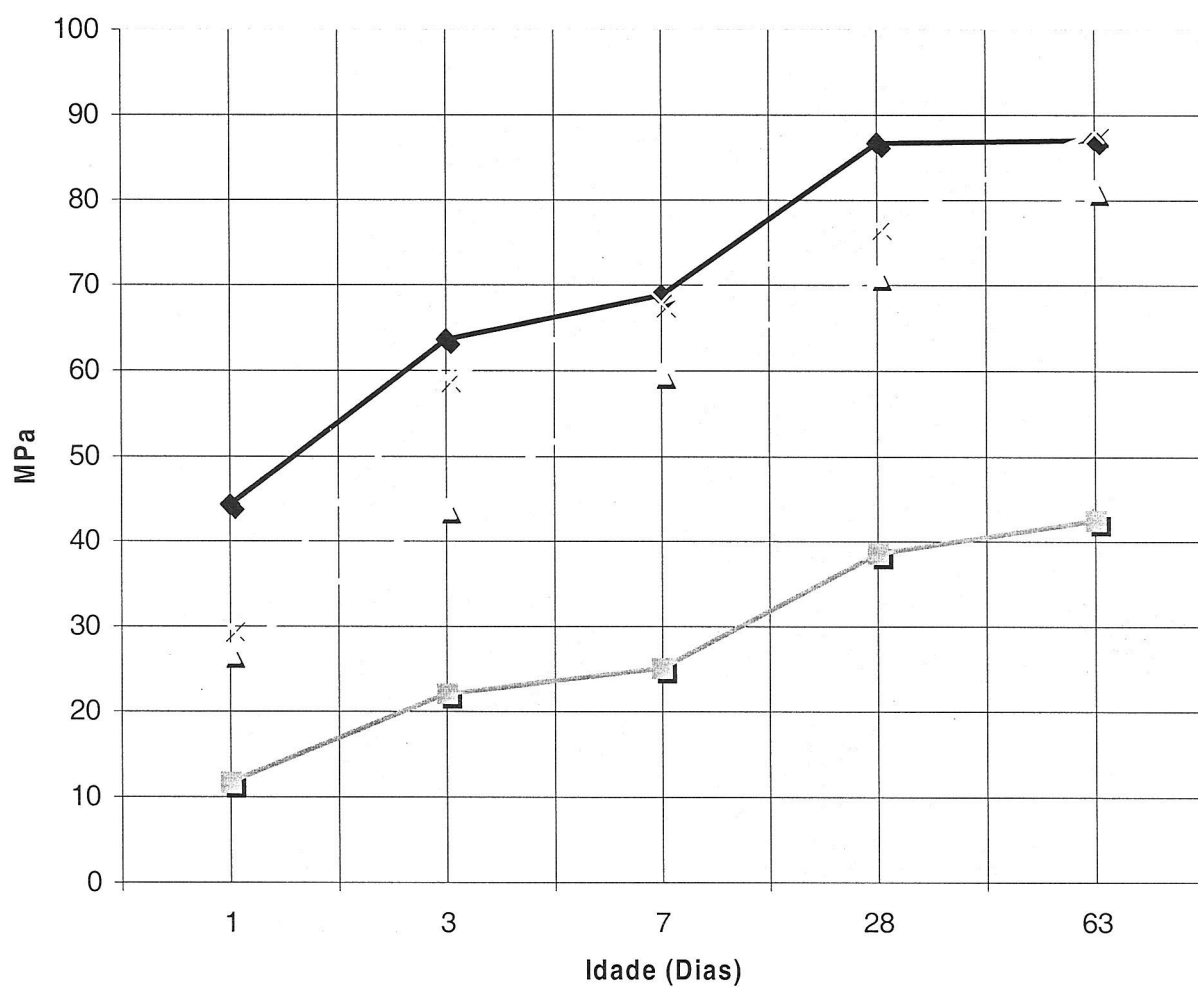
- Resultados Obtidos para Argamassa EMACO S88 (A1)
- Resultados Obtidos para Argamassa OBE 250 (A2)
- ▤ Resultados Obtidos para Argamassa OBE 240 (A3)
- ▥ Resultados Obtidos para Argamassa RENDEROC LA (A4)

Resistência Média a Flexão



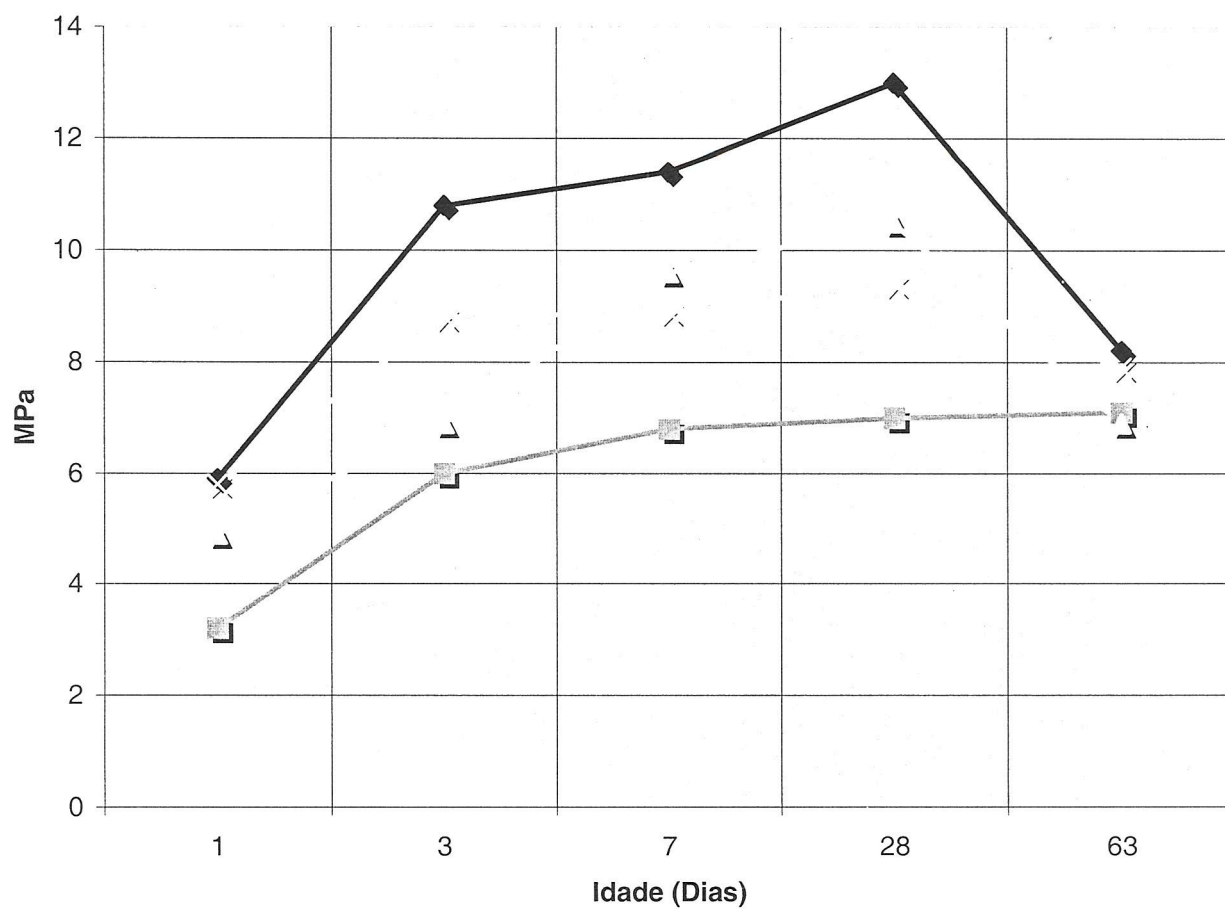
- Resultados Obtidos para Argamassa EMACO S88 (A1)
- Resultados Obtidos para Argamassa OBE 250 (A2)
- Resultados Obtidos para Argamassa OBE 240 (A3)
- Resultados Obtidos para Argamassa RENDEROC LA (A4)

Resistência Média a Compressão



- ◆ Resultados Obtidos para Argamassa EMACO S88 (A1)
- Resultados Obtidos para Argamassa OBE 250 (A2)
- Resultados Obtidos para Argamassa OBE 240 (A3)
- Resultados Obtidos para Argamassa RENDEROC LA (A4)

Resistência Média a Flexão



◆ Resultados Obtidos para Argamassa EMACO S88 (A1)

■ Resultados Obtidos para Argamassa OBE 250 (A2)

△ Resultados Obtidos para Argamassa OBE 240 (A3)

○ Resultados Obtidos para Argamassa RENDEROC LA (A4)

3 CONCLUSÕES

É importante que o reparo seja compatível com o substrato;

As condições ambientais a que ficará exposto o sistema de reparo, devem ser levadas em conta no projeto de recuperação;

A boa seleção dos materiais de reparo e o conhecimento das solicitações mecânicas a que o mesmo será submetido implicam na minoração dos defeitos no sistema de reparo, ou seja, a durabilidade está garantida visto que a integração entre o substrato e o material de reparo foi estabelecida.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- CUSSON, D; MAILVAGANAM, N. *Durability of Repair Materials*: Overview of material and structural characteristics. **Concrete International**, p. 34 – 38. Mar 1996.
- MANGAT, P. S.; O' FLAHERTY. *Influence of elastic modulus on stress redistribution and cracking in repair patches*. **Cement and Concrete Research**, v. 30, p. 125 – 136, 2000.
- NOUNU, G; CHAUDHARY, Z. H. *Reinforced concrete repairs in beams*. **Construction and Building Materials** – v. 13, p. 195 – 212, 1999.
- WOOD, J. G. M. & JOHNSON, R. A *Concrete repair*. **Construction and Building Materials**. v. 4. n. 1, p 29 – 31. Mar 1990.