Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

CONTROLE TECNOLÓGICO DAS ARGAMASSAS CIMENTÍCIAS UTILIZADAS PARA RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

J. E. AGUIAR
Engenheiro Civil
Recuperação Engenharia
Minas Gerais; Brasil
aguiar@recuperacao.com.br

M. HADDAD
Engenheiro Civil
Recuperação Engenharia
São Paulo; Brasil
michel@recuperacao.com.br

L. C. AGUIAR
Engenheira Civil
Recuperação Engenharia
Minas Gerais; Brasil
leticia@recuperacao.com.br

RESUMO

O controle tecnológico do concreto utilizado nas obras da construção civil e pesada é normalizado no Brasil (ABNT NBR 12655), sendo de conhecimento da maioria dos profissionais que lidam nesta área, principalmente aqueles que trabalham no controle de qualidade das obras. Porém, quando se trata de obras de recuperação de estruturas de concreto, a situação é diferente, uma vez que esta atividade ainda carece de normas técnicas brasileiras. Este trabalho apresenta algumas recomendações, com base na revisão de normas e guias internacionais, além da experiência profissional de seus autores, para se realizar o controle tecnológico das argamassas de cimento Portland utilizadas nos reparos superficiais e profundos das estruturas de concreto armado, chamando a atenção para os ensaios de campo e laboratório que podem, e devem, ser realizados para que os serviços de recuperação obtenham o sucesso esperado, além de outros aspectos considerados como importantes neste trabalho. É apresentado também um molde de concreto (Bloco de Baezinger), de simples construção, mas que pode ser de grande valia no controle da qualidade, pois permite observar no canteiro da obra aspectos importantes do comportamento das argamassas de reparo e grautes nos primeiros dias, principalmente o aparecimento de fissuras relacionadas com retração hidráulica e deficiência de aderência com o substrato.

Palavras chave: controle de qualidade, argamassa de reparo, graute.

ABSTRACT

The technological control of concrete used in the civil and heavy construction is standardized in Brazil (NBR 12655), and known by most professionals working in this area, especially those who work in the quality control at the jobsite. However, when it regards to concrete structures rehabilitation works, actual situation is different, since this activity still lacks for Brazilian regulation. This article presents some recommendations, based on international standards and guides, as well as the experience of its authors, to perform technological control of Portland cement mortars used in low and high thickness patch repairs of reinforced concrete structures, calling attention to the field and laboratory tests that can and must be conducted, in order to get the expected success of repair services. Also a concrete mold (Baezinger Block) is presented, very easy to be produced at jobsite, but of great value in quality control, as it allows to observe important aspects of repair mortars and grouts behavior at early ages, especially the occurrence of cracks related to hydraulic shrinkage and lack of adhesion to the substrate.

Keywords: quality control, repair mortar, grout.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

INTRODUÇÃO

No passado, cultivava-se entre os engenheiros a ideia de que o concreto, principalmente, apresentava características que garantiriam vida longa, praticamente sem a necessidade de manutenção, às estruturas concebidas com este material. O resultado deste erro do passado é um legado enorme de estruturas com necessidade de intervenções com vistas à sua reabilitação. Entretanto, é crescente a ocorrência de insucessos em intervenções corretivas de recuperação estrutural e com resultados insatisfatórios [1], elevando ainda mais os custos associados a reparos de estruturas de concreto.

Tomando-se em conta a importância da manutenção corretiva para os aspectos de durabilidade e segurança da estrutura e também para o aspecto financeiro envolvido, dados os altos custos relacionados a esta atividade, torna-se igualmente importante o aprimoramento da qualidade dos materiais empregados com esse fim, o que inclui o seu adequado controle tecnológico. A falta de critérios para escolha e a incompatibilidade destes materiais com o substrato constituem algumas das causas geradoras da deterioração precoce dos reparos [2].

No Brasil, os materiais mais empregados na recuperação estrutural do concreto para execução de reparos localizados de baixa espessura são as argamassas cimentíceas modificadas ou não com polímeros [1], com consistência apropriada para aplicação manual, sem uso de fôrmas e também as argamassas de alta fluidez denominadas “grautes”, para aplicação com uso de fôrmas, adequadas ao preenchimento de reparos de maior profundidade na condição confinada devido ao seu comportamento expansivo.

De acordo com as suas propriedades, os materiais de reparo podem ser classificados como materiais estruturais, atuando diretamente na transferência de carregamentos no elemento após o reparo, e não-estruturais, com função limitada à proteção das armaduras [3].

O Projeto Temático da FAPESP “Pesquisa para Normalização de Materiais e Sistemas de Reparo de Estruturas de Concreto com Corrosão de Armaduras” adotou a seguinte classificação englobando os materiais de recomposição do concreto: Sistemas de Reparo por Repassivação Localizada – sistemas que simplesmente protegem o local reparado da estrutura pelo uso de materiais tais como argamassas, grautes, micro concretos e concretos de cimento Portland ou de base cimento Portland modificado com resinas [2].

De maneira geral, pode-se admitir que a maior parte do volume destes materiais, empregado em atividades formais de recuperação estrutural, seja industrializada. A disponibilização de argamassas e concretos industrializados e fornecidos em sacos, prontos para uso, teve início na década de 30 com o objetivo de fornecer pequenas quantidades para atividades do tipo “faça você mesmo”, mas seu uso rapidamente se estendeu a aplicadores especializados e construtoras e, em seguida, passou a ser adotado por empresas e companhias de infraestrutura (transporte, telefonia, saneamento, gás, etc.) para instalação, construção e reparo de seus projetos [4]. Entretanto, há de se considerar ainda uma parcela de profissionais que adotam formulações próprias, produzidas no canteiro. Para ambas as situações é imprescindível o estabelecimento de critérios, normas e procedimentos para o controle de desempenho adequado destes materiais [3].

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS TÍPICAS EM REPAROS LOCALIZADOS

Uma das manifestações patológicas mais comumente apresentada quando do uso deste tipo de intervenção é a fissuração associada à retração [1]. Em geral, fissuras constituem uma porta ao ingresso de agentes presentes na atmosfera e que podem comprometer o desempenho do reparo, levando à corrosão das armaduras e destacamentos devido ao processo expansivo do produto de corrosão. Além disso, as fissuras por retração se manifestam principalmente na interface entre o reparo e o substrato de concreto [5], podendo também culminar em problemas de aderência que, conjugados com as deformações inerentes do conjunto substrato-reparo, podem resultar no desplacamento do material de recomposição.

Um estudo realizado por uma equipe de pesquisadores a pedido do US Army Corp of Engineers menciona a retração restringida dos materiais de reparo, proveniente das forças de aderência dos mesmos ao substrato como uma das principais causas de fissuração e delaminação das argamassas de reparo [6]. Entretanto, algumas manifestações poderão ocorrer ao longo da vida útil do reparo, como aquelas relacionadas com incompatibilidade dimensional, podendo prejudicar a durabilidade e o desempenho conjunto dos materiais nas áreas de intervenção [3].

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Todavia, o controle de algumas características das argamassas de reparo, poderiam reduzir a ocorrência de fissuras devido à retração restringida, considerando os seguintes fatores, de forma isolada ou combinada [7]:

- Baixa retração;
- Alta fluência;
- Baixo módulo de elasticidade;
- Alta resistência à tração.

NORMALIZAÇÃO

Não existem no Brasil normas nem procedimentos que permitam especificar e controlar os materiais para reparo [3]. Algumas tentativas e iniciativas isoladas foram iniciadas a partir da década de 90 como dos projetos do CB-18 e do Projeto Temático da FAPESP "Pesquisa para Normalização de Materiais e Sistemas de Reparo de Estruturas de Concreto com Corrosão de Armaduras" [2].

Atualmente, destacam-se as normalizações europeias, desenvolvidas pelo Comitê Europeu de Normalização – CEN, e americanas, desenvolvidas pelos comitês da American Society for Testing and Materials – ASTM e do American Concrete Institute – ACI, no sentido de implementar parâmetros e requisitos mínimos para a especificação de materiais empregados em atividades de recuperação de estruturas de concreto armado e protendido. A seguir, são apresentados os pontos mais relevantes com relação às principais normas europeias e americanas.

A NORMALIZAÇÃO EUROPEIA

A norma europeia EN 1504 passou a ser utilizada oficialmente a partir de 1º de janeiro de 2009 e teve como principais objetivos, unificar as normas locais existentes na União Europeia de forma a garantir requisitos mínimos de qualidade e segurança para os usuários, eliminando assim barreiras técnicas e comerciais entre os países do bloco.

Esta norma está dividida em 10 partes, sendo a parte 3 (*EN 1504-3:2005 Products and systems for the protection and repair of concrete structures - Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity - Part 3: Structural and non-structural repair*) a que trata dos materiais apropriados para reparação estrutural e não estrutural, para atividades de recomposição do concreto, reforço estrutural e conservação ou restauração da passividade, podendo-se empregar argamassa ou concreto fluido por aplicação manual ou projetada. Esta parte da norma fornece ainda informações e requisitos mínimos que os materiais devem atender além dos respectivos métodos e normas de ensaio para o seu controle [8]. A tabela 1 mostra a lista propriedades que devem ser controladas:

Tabela 14 - Propriedades dos materiais controladas de acordo com a norma EN 1504-3 [8].

PRINCÍPIOS	**MÉTODOS**					
nº 3: RECOMPOSIÇÃO DO CONCRETO						
Reposição da forma e função especificada de um elemento estrutural de concreto.	3.1 Aplicação manual de argamassa 3.2 Preenchimento com concreto ou argamassa fluída (graute) 3.3 Projeção de concreto ou argamassa					
nº 4: REFORÇO ESTRUTURAL						
Aumento da capacidade portante da estrutura pelo incremento da seção transversal de um ou mais elementos estruturais.	4.4 Adição com concreto ou argamassa fluída (graute)					
nº 7: CONSERVAÇÃO OU RESTAURAÇÃO DA PASSIVIDADE						
Proteção das armaduras no concreto pela conservação ou restauração das condições relacionadas com o início e desenvolvimento do processo de corrosão de armaduras.	7.1 Incremento do recubrimento da armadura com argamassa cimentícia, adição de concreto ou argamassa fluída (graute) 7.2 Substituição do concreto carbonatado ou contaminado					
PROPRIEDADES	**3.1**	**3.2**	**3.3**	**4.4**	**7.1**	**7.2**
Resistência à compressão	■	■	■	■	■	■
Teor de íons cloretos solúveis	■	■	■	■	■	■
Aderência (Ensaio de arrancamento)	■	■	■	■	■	■
Retração / expansão restringidas	■	■	■	■	■	■
Resistência à carbonatação	■	■	■	■	■	■
Módulo de elasticidade	□	□	□	■	□	□
Compatibilidade térmica (Partes 1 ou 2 ou 4)	□	□	□	□	□	□
Resistência ao deslizamento	□	□		□	□	□
Absorção capilar (permeabilidade à água)	□	□	□	□	□	□
■ Para todos os usos previstos						
□ Para certos usos em condições específicas						

A NORMALIZAÇÃO AMERICANA

Nos Estados Unidos, uma série de normas desenvolvidas pela American Society for Testing and Materials – ASTM fornecem informações para a realização de ensaios de qualidade dos diversos materiais empregados na recuperação estrutural, das quais se destaca a ASTM C1107-99 (*Standard Specification for Packaged Dry, Hydraulic-Cement Grout - Nonshrink*), a qual especifica parâmetros mínimos para a classificação de grautes cimentícios como "não retráteis" [9]. A tabela 2 ilustra as propriedades a serem controladas de acordo com a norma:

Tabela 15 - Propriedades dos grautes controladas de acordo com a norma ASTM C1107-99 [9].

PROPRIEDADES	ASTM C1107-99
Resistência à compressão (1, 3, 7 e 28 dias)	■
Expansão volumétrica no fim da pega	■
Expansão volumétrica do graute endurecido (1, 3, 14 e 28 dias)	■
■ Obrigatórios	
□ Facultativos	

No mesmo caminho da iniciativa europeia, o American Concrete Institute – ACI, criou o Comitê 546 para a elaboração de guias e recomendações voltados para as atividades de recuperação estrutural. Deste comitê surgiu o guia ACI 546.3R-06 (*Guide for the Selection of Materials for the Repair of Concrete*) o qual fornece parâmetros para a seleção de materiais de reparo, discussões acerca de propriedades e procedimentos de ensaio para o seu controle, recomendações de valores mínimos e níveis de desempenho, além da importância de diversas propriedades dos materiais para sua aplicação e para o meio ambiente [4]. A tabela 3 ilustra as propriedades a serem controladas de acordo com este guia:

Tabela 16 - Propriedades dos materiais controladas de acordo com o guia ACI 546.3R-06 [10].

PROPRIEDADES	ACI 546.3R-06
Módulo de elasticidade	■
Aderência no plano inclinado	■
Retração por secagem	■
Permeabilidade	■
Tração por compressão diametral	■
Resistência à compressão	■
Coeficiente de expansão térmica	■
Absorção capilar	■
Resistência a ciclos de gelo e degelo	■
■ Obrigatórios	
□ Facultativos	

CONTROLE TECNOLÓGICO DOS MATERIAIS DE REPARO

Considerando-se que o maior volume de argamassas de reparo e grautes empregados em atividades de recuperação estrutural seja industrializado, há de se considerar todos os problemas advindos de questões de qualidade na fabricação. Estas questões estão relacionadas, por exemplo, com variações de quantidade nos sacos, as quais acarretam erros de dosagem na aplicação (variação da relação de mistura água/pó) e, consequentemente, alterações nos tempos de pega e cura, das propriedades físicas da mistura como segregação dos componentes antes e durante a mistura e após o lançamento, além das propriedades mecânicas e de durabilidade como resistência, permeabilidade, etc. [4].

Além disso, aparentemente, o baixo conhecimento técnico dos profissionais em relação à importância das propriedades essenciais que as argamassas de reparo e grautes deveriam atender, leva os mesmos a valorizar apenas aquelas de mais fácil entendimento desde o ponto de vista estrutural. Prevalece a ideia de que o importante é garantir altos valores de resistência inicial e final, em detrimento de outras características como baixa retração, boa aderência e compatibilidade com as propriedades mecânicas do substrato e ainda, com as mudanças volumétricas, de temperatura e de umidade da estrutura; questões que em muitos casos são decisivas para o sucesso do reparo [3].

A aderência também é uma propriedade básica e fundamental para qualquer sistema de reparo, seja superficial ou de reforço, executados com argamassas em estruturas de concreto, pois por deficiência desta propriedade o desempenho global do sistema fica comprometido. É responsável pela transferência efetiva das deformações e consequentemente dos esforços a que a estrutura estará sujeita ao longo do tempo, bem como pela proteção das armaduras reparadas. Desta forma, são prejudiciais as fissuras de interface ou falhas de aderência, que tornam o sistema mais permeável e possibilitam o ingresso de agentes agressivos ao concreto ou às armaduras [5].

De forma geral, além da resistência à compressão, as propriedades consideradas básicas para as argamassas de reparo e grautes para o seu desempenho adequado, são o módulo de elasticidade, a retração e fluência [2]. Tula et al, 2003, cita Helene e Levi, 1998 e apresenta recomendações de propriedades a serem controladas para os grautes [3]. A tabela 4 apresenta estas propriedades para discussão:

Tabela 17 - Propriedades dos grautes controladas de acordo com Helene e Levi (1998). Adaptado de Tula et al, 2003 [3].

PROPRIEDADES	HELENE E LEVI 1998
Módulo de deformação	■
Coeficiente de dilatação térmica	■
Temperatura de trabalho	■
Resistência à compressão (3 e 28 dias)	■
Resistência à tração por compressão diametral (28 dias)	■
Resistência à tração	■
Resistência de aderência (tração direta no arrancamento)	□
Segregação (flow table)	■
Água de exsudação	■
Fluência	□
Resistência à fadiga	□
Resistência a ciclos de temperatura	□
Resistência à abrasão / cavitação	□
Retração total (28 dias e 1 ano)	□
Retração restringida (28 dias)	■
Absorção capilar	■
Resistividade elétrica	□
Coeficiente de carbonatação	■
Penetração de íons cloreto	□
Teor de cloretos	■
■ Obrigatórios	
□ Facultativos	

CONSIDERAÇÕES

Com base nos programas de ensaios contemplados pelas diversas normas, guias e recomendações referenciadas neste artigo, é possível propor uma série mínima de ensaios obrigatórios em quaisquer situações para o controle tecnológico das argamassas de reparo e grautes.

A revisão dos trabalhos referenciados nos leva a concluir que as questões que envolvem a compatibilidade dimensional dos reparos com o substrato de concreto são fatores críticos para o controle da ocorrência de fissuras e problemas de aderência das argamassas de reparo e grautes, problemas estes que, por si só, reduzem significativamente a durabilidade e o desempenho mecânico destas intervenções, sendo que a análise desta compatibilidade está diretamente ligada à avaliação de características físicas como resistência à compressão e à tração, módulo de elasticidade, retração restringida e resistência de aderência.

A tabela 5 apresenta uma compilação das séries de ensaios abordadas pelas diversas normas, guias e recomendações referenciadas neste artigo além da coluna denominada “proposta” onde se busca estabelecer a série mínima de ensaios que deveriam ser considerados obrigatórios para todos os usos previstos e aqueles a serem avaliados em certos usos e condições específicas. O critério para a definição da série “proposta” de ensaios leva em consideração a determinação

das características físicas relacionadas com a durabilidade e o desempenho mecânico do reparo além do cruzamento entre as recomendações das diversas normas e guias internacionais, de maneira a também estabelecer consenso com as normativas de outros países, aproveitando assim, o conhecimento técnico acumulado ao longo dos anos em trabalhos de reparo de estruturas de concreto.

Desta forma, todos os demais ensaios contemplados nos trabalhos pesquisados, comporiam uma segunda lista de ensaios complementares de laboratório que poderia ser incluída e destinada somente a casos específicos, onde a pertinência de sua aplicação seria vinculada a demais critérios de análise, de acordo com cada situação de reparo particular, os quais deveriam ser considerados pelo profissional responsável pelo projeto de recuperação da estrutura.

Tabela 18 - Compilação das propriedades mencionadas pelas referências consultadas e proposta de série mínima de ensaios para o controle tecnológico de argamassas e grautes.

PROPRIEDADES	EN 1504-3:2005	ACI 546.3R-06	ASTM C1107	HELENE E LEVI	PROPOSTA
Resistência à compressão	■	■	■	■	■
Retração / expansão restringidas	■	■	■	■	■
Aderência (tração direta no arrancamento)	■	--	--	□	■
Aderência (plano inclinado)	□	■	--	--	□
Módulo de elasticidade	□	■	--	■	■
Absorção capilar (permeabilidade à água)	□	■	--	■	□
Tração por compressão diametral	--	■	--	■	□
Teor de íons cloretos solúveis	■	--	--	■	□
Resistência à carbonatação	■	--	--	■	□
Compatibilidade térmica (Partes 1 ou 2 ou 4)	□	--	--	□	□
Resistência a ciclos de gelo-degelo	--	■	--	--	□
Coeficiente de expansão térmica	--	■	--	■	□
Resistência ao deslizamento	□	--	--	--	□
■ Para todos os usos previstos					
□ Para certos usos em condições específicas					

ENSAIOS DE CAMPO

Além dos ensaios de laboratório para confirmar as propriedades físicas e mecanicas da argamassa que se pretende utilizar nas obras de reparo é importante, também, verificar o seu desempenho em campo, se possível, antes mesmo de sua utlização, observando principalmente seu comportamento quanto à retração e aderência.

Para observar, na prática, o real comportamento das argamassas de reparo e dos grautes cimentícios foi desenvolvido um teste de campo que utiliza um bloco de concreto descartável, moldado no próprio canteiro de obras. Neste molde de concreto é aplicada a argamassas de reparo, cujo desempenho passa a ser observado nos primeiros dias de aplicação, uma vez que as fissuras de retração plástica tornam-se visíveis após um dia, enquanto as de retração hidráulica ocorrem dentro de 2 a 4 semanas.

Este teste foi desenvolvido na Suiça em 1992 por Heinz Baenzinger e apoiado por Alexander Bleibler. O objetivo foi testar as principais propriedades das argamassas de reparo de concreto, mais rapidamente e eficazmente do que os outros métodos de ensaio disponíveis. O bloco foi cuidadosamente projetado, de forma que não fosse muito grande (30 litros) e pesado (71 kg) e portanto, de fácil utilização, seja em campo ou em laboratório, mas robusto suficiente para simular um reparo real [11].

Sua geometria, permite avaliar o comportamento do material de reparo em diversas situações reais, simulando tensões comuns e condições de deformação, as quais são estrategicamente inseridas em partes específicas do bloco [12]. Tais condições são listadas a seguir e podem ser visualizadas na figura 1.

- Confeccionado com concreto e armado de maneira a não deformar, permitindo a retração da argamassa;
- O substrato pode ser preparado, replicando as condições adequadas de um reparo real;
- Cantos em 90 graus ao invés de extremidades chanfradas representam o cenário da pior condição para a argamassa;

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

- Variações na espessura do reparo permitem avaliar sua resistência ao abatimento e à formação de fissuras;
- Um canto recortado testa a capacidade da argamassa para suportar tensões radiais de todas as direções;
- Duas regiões reproduzem o comportamento da argamassa sob situações de retração livre e restringida.



Figura 6 - Bloco de Baenziger [12].

Trata-se de um molde de concreto armado com comprimento de 105 centímetros e largura de 35 centímetros, tendo capacidade de receber todo o material oriundo de um saco de 25 kg de argamassa. Construído em concreto, com consumo de cimento entre 300 e 350 kg/m³, agregado gráudo de 16 mm e reforçado com malha de aço de diâmetro 6mm. As fôrmas para a construção dos blocos podem ser de madeira ou metálica, conforme visto na figura 2. As dimensões do Bloco de Baenzinger estão detalhadas na figura 3.



Figura 7 - Bloco recém moldado e sua fôrma (Recuperação Engenharia, 2008).

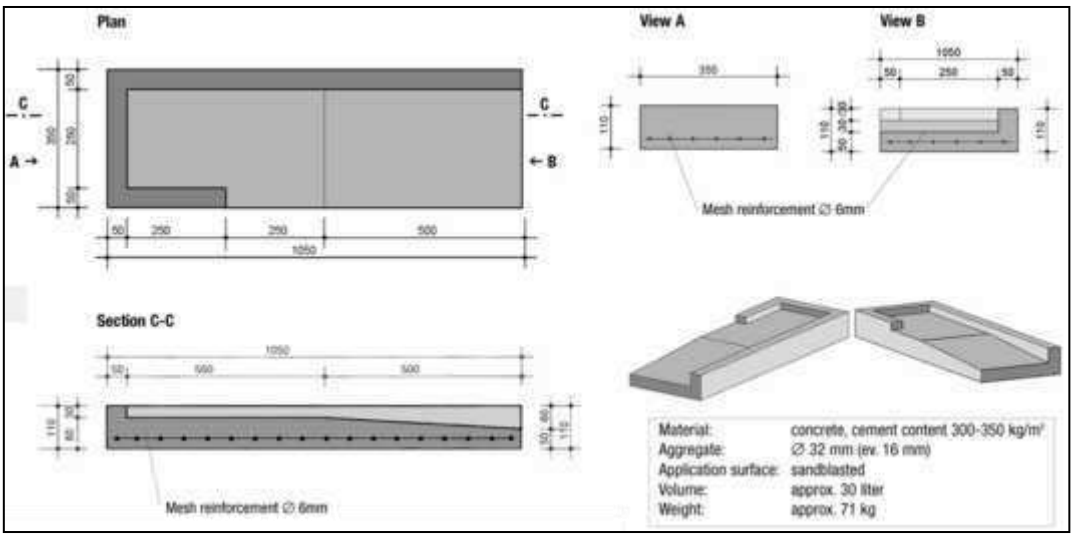


Figura 8 - Dimensões do Bloco de Baezinger [11].

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

As falhas nas argamassas ocorrem de forma precoce sendo resultado de uma vasta gama de processos físico-químicos. As fissuras ocorrem muitas vezes quando as tensões de tração excessivas excedem a capacidade de resistência do material. Estas forças são muitas vezes causadas pela retração por secagem, ocorrendo nos estágios iniciais da cura. Quando as tensões de interação entre o material e o substrato são grandes o suficiente, podem ocorrer destacamento da argamassa.

O Bloco de Baenziger foi especificamente projetado para gerar estas tensões, permitindo observar se as argamassas em testes foram bem formuladas para resisitir às estas solicitações. Para isto o molde apresenta quinas de 90º e espessuras variáveis, gerando tensões e restrições severas para testar o desempenho dos materiais. O subtrato do bloco onde serão aplicadas as argamassas devem ser àsperas, simulando a preparação do substrato real do reparo, podendo ser feito por jato de areia ou por lixamento.

O bloco pode ser utilizado, não só para verificar uma argamassa específica, mas também fazer comparações entre diversas argamassas para selecionar aquelas que apresentem o melhor desempenho, independente dos testes de laboratório e das informações constantes nas fichas técnicas dos fabricantes.

Recomenda-se que os moldes de concreto tenham uma idade superior a 30 dias quando forem utilizados. Após a instalação das fôrmas laterais para contenção das argamassas, deve ser feita a saturação da superficie do substrato, que, conforme já citado anteriormente, deve ter uma rugosidade próxima da situação real do reparo. As argarmassas poliméricas são aplicadas por espatula, enquanto os grautes são vertidos, ressaltando, a necessidade de uma vedação adequadas das fôrmas quando da aplicação dos grautes. É feito o acabamento da superficie, seguido de cura quimica ou úmida. Importante que todos os procedimentos sejam os mais semelhantes à situação real.

Aparecimento de fissuras deve ser verificdo diariamente durante o primeira semana, a partir daí, semanalmente, até completar 30 dias. Devem ser feitos semanalmente testes de percussão auscultativa com martelo leve para observar deficiência de aderência com o substrato. Um quadro de fissuração típica observado no bloco é ilustrado na figura 4.

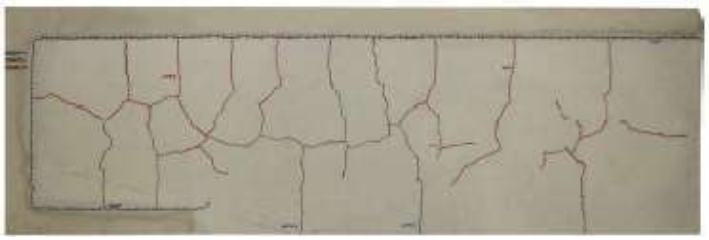


Figura 9 - Exemplo de fissuração do material de reparo durante o ensaio no Bloco de Baezinger [12].

Após 7, 14 e 28 dias devem ser feitos ensaios de aderência por tração direta ("*pull off test*"). O método é prescrito pela ABNT NBR 13.528:2010 - Revestimentos de Paredes e Tetos de Argamassas Inorgânicas - Determinação da Resistência de Aderência à Tração, da Associação Brasileira de Normas Técnicas, conforme ilustrado na figura 5.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 10 - Realização do teste de arrancamento (Recuperação Engenharia, 2008).

Além da principal função deste ensaio, qual seja, prever o comportamento do material de reparo às condições que levam à fissuração e delaminação, pode-se admitir verificações e observações adicionais, como por exemplo, determinação da abertura e profunidade das fissuras, extração de corpos de prova para ensaios de determinação dos coeficientes de difusão de agentes agressivos (μCO_2 e μH_2O), absorção de água por capilaridade (Taylor, 2008), trabalhabilidade e estabilidade do material de reparo durante aplicação e cura (Shiegg, 2005).

O trabalho realizado por uma equipe de pesquisadores nos Estados Unidos, teve como escopo o desenvolvimento de testes que pudessem prever a tendência à fissuração de materiais de reparos em condições reais de aplicação para, assim, suportar a seleção de materiais com melhor comportamento em relação a este tipo de ocorrência [13]. Para tanto, o trabalho cobriu as seguintes etapas em sua primeira fase de estudos:

- Seleção da melhor configuração em termos de geometria e dimensões de maneira a permitir o trabalho em laboratório e ser ainda representativo das condições reais de aplicação;
- Realização de testes de caracterização dos materiais de reparo cujas propriedades básicas estabelecidas foram: resistência à compressão, retração, fluência na flexão e módulo de elasticidade;
- Realizar diversos ensaios, normalizados ou não, para avaliação da retração e tendência à fissuração dos materiais de reparo;
- Avaliar a possível correlação entre os resultados dos ensaios de retração e dos testes experimentais, quais sejam, o teste do Bloco de Baezinger e um teste similar cujo molde do bloco tipo “Caixa” resultava em um reparo restringido em todas as laterais como ilustrado na figura 6.

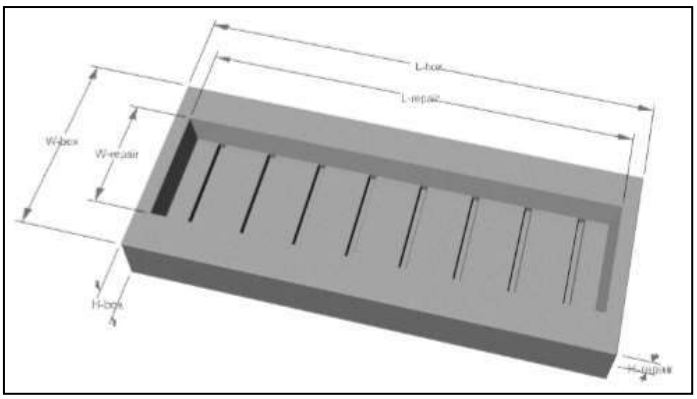


Figura 11 - Bloco "Caixa" [13].

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Os testes comparativos concluíram que modelo experimental do Bloco de Baezinger foi o que apresentou melhor configuração para avaliar a tendência à fissuração dos materiais de reparo.

CONCLUSÕES

Baseados nas recomendações de normas e guias internacionais, nas pesquisas com métodos alternativos para controlar a qualidade e avaliar o desempenho dos materiais de reparo, bem como na experiência em obras reais, pode-se concluir que:

- A influência das propriedades e características dos materiais de reparo para a ocorrência das manifestações patológicas é abordada em diversos trabalhos de pesquisa, sendo possível, a partir deste conhecimento, avaliar os materiais disponíveis no mercado a partir de um plano de controle de qualidade das argamassas;
- É possível propor uma série mínima de ensaios, obrigatórios para quaisquer situações de intervenção, de forma a garantir aspectos de resistência mecânica, estabilidade dimensional e durabilidade dos reparos, incluindo a resistência à compressão, aderência por tração direta, retração e/ou expansão restringida e módulo de elasticidade das argamassas de reparo e grautes;
- Ensaios complementares podem ser propostos para cobrir aspectos específicos em situações particulares;
- O teste do Bloco de Baezinger, apesar de não normalizado, é de fácil execução e foi desenvolvido com base em critérios que possibilitam a avaliação das diversas argamassas e grautes de reparo disponíveis com relação ao seu desempenho em serviço, permitindo a seleção daqueles que melhor se adaptam às necessidades da estrutura.

Por fim, sugere-se o prosseguimento do tema deste artigo, pelo aprofundamento das questões que envolvem a necessidade de se estabelecer consenso quanto aos requisitos de desempenho para cada uma das propriedades (valores mínimos e máximos a serem atendidos), tipo de material (argamassas inorgânicas, argamassas poliméricas, grautes, etc.), classificação (materiais estruturais e não estruturais) e tipo de aplicação (recuperação, reforço estrutural, pisos e pavimentos, etc.).

REFERÊNCIAS

[1] Peña, Manuel R. G.; Helene, Paulo R. L. "*Estudo de fissuração associada à retração em argamassas para reparo em estruturas de concreto*". Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil; BT/PCC/406. São Paulo: EPUSP, 2005.

[2] Silva Júnior, José Z. R.; Helene, Paulo. "*Argamassas de Reparo*". Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil; BT/PCC/292. São Paulo: EPUSP, 2001. 20 p.

[3] Tula, Leonel S. *et al*. "*Grautes para reparo*". In: VII Congreso LatinoAmericano de Patología de la Construcción y IX Congreso de Control de Calidad CONPAT2003, 2003, Telchac, Yucatán, México. Memórias CONPAT2003. Madrid: ALCONPAT, 2003. v.1. p.139 – 152

[4] Emmons, Peter H. *et al*. "*Quality of prepackaged powdered materials used in construction – What can be done to improve it?* " Concrete International Magazine. April 2014. v.36 p.43 – 47.

[5] Moreno Junior, Rafael; Selmo, Silvia M. de Souza. "*Aderência de argamassas de reparo de estruturas de concreto*". Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil; BT/PCC/472. São Paulo: EPUSP, 2007. 20p.

[6] Vaysburd, Alexander M. *et al*. **"***Performance criteria for concrete repair materials - Phase II, Summary Report*". U.S. Army Corps of Engineers Technical Report; REMR-CS-62. March, 1999. 72p.

[7] Vaysburd, Alexander M. *et al*. "*Compatibility Issues in Design and Implementation of Concrete Repairs and Overlays*". U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation Technical Service Center Materials Engineering and Research Laboratory. Report Nº MERL-2014-87, Project ID 0385. Denver, Colorado. December, 2014.

[8] European Committee of Standardization. "*EN 1504-3:2005 – Products and systems for the protection and repair of concrete structures - Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity - Part 3: Structural and non-structural repair*". União Européia, 2005.

[9] American Society for Testing and Materials. "ASTM C1107-99 Standard Specification for Packaged Dry, Hydraulic-Cement Grout (Nonshrink). EUA. May, 1999.

[10] American Concrete Institute. "*ACI 546.3R-06 Guide for the Selection of Materials for the Repair of Concrete*". EUA, 2006.

[11] Shiegg, André; Baenziger, Heinz. "*Efficient testing of fibers with the Baenziger Block*" In: Proccedings of the conference: Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting, Eds. Alexander, M.G., Beushausen, H.-D., Dehn, F., and Moyo, P., Nov. 21-23, 2005, Cape Town, South Africa, Taylor & Francis Group, London, pp. 1059-1064.

[12] Taylor, David. "*Description of test procedure – Mortar testing using the Baezinger Block*". Method Statement Nº 77032. Sika Services AG. Switzerland, December 2008. 15 p.

[13] Morency, Maxim et al. "*Development of a Test Method to Evaluate Cracking Tendency of Repair Materials, Phase I Report*". U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation. Concrete Repair Engineering Experimental Program (C.R.E.E.P). Research report 2004-1. Denver, Colorado. March, 2005.