

REPOSIÇÃO E INJEÇÃO DE BETÃO EM ESTRUTURAS DE BETÃO

Maria S. Ribeiro ¹

¹ NBPC do DM, LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. Do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa. sribeiro@lnec.pt

Palavras-chave: preparação da superfície; remoção de betão; injeção de betão; reposição de betão

Sumário: Este artigo respeita às etapas de uma reparação em estruturas de betão armado, particularizando a limpeza da superfície do betão e das armaduras, remoção do betão, injeção e reposição do betão. Pretende dar a conhecer a informação acessível no Guia Técnico (GT) do projeto DURATINET relativa às recomendações sobre a reparação de estruturas de betão armado. Este tema enquadra-se no estudo de investigação programado do NBPC/DM do LNEC sobre "Sistemas de Inspeção e de Reparação de Estruturas de Betão Armado".

1. INTRODUÇÃO

O projeto DURATINET criou uma rede no Espaço Atlântico para a difusão de boas práticas no domínio da manutenção e reparação de infraestruturas de transporte. O principal objetivo desta rede é facilitar de forma eficiente a troca de conhecimentos sobre matérias relevantes na gestão das infraestruturas de transporte, nomeadamente no que diz respeito a (i) estratégias para manutenção e reparação de estruturas de betão armado e aço de modo a melhorar a sua durabilidade e (ii) garantia de segurança e sustentabilidade das infraestruturas de transporte no Espaço Atlântico. No contexto transnacional dessa rede foram definidos, objetivos específicos, para curto e longo prazo:

- Preparação de um Guia Técnico [1] com recomendações sobre manutenção e reparação de estruturas de betão armado e de aço. Este Guia Técnico tem uma versão mais alargada impressa, bem como uma versão simplificada em formato Web.
- Criação de ferramentas Web para a disseminação de conhecimentos no âmbito de avaliação estrutural e reparação.
- Promoção de novas competências profissionais na Área Atlântica sobre reparação de infraestruturas de transporte.
- Divulgação dos desenvolvimentos atuais sobre a aplicação de "Materiais ecológicos e inteligentes" nas infraestruturas de transporte.
- Identificação de novas necessidades de pesquisa em sistemas de reparação.

O projeto DURATINET está em desenvolvimento desde janeiro de 09 a setembro 12. Tem 17 parceiros dos países da UE inseridos no Espaço Atlântico: Portugal, Espanha, França, Irlanda e Reino Unido. Os parceiros compreendem Institutos Nacionais de Investigação (2 membros), Universidades (5), entidades proprietárias e gestoras de infraestruturas de transporte, como a Autoridade Nacional de Estradas da Irlanda, Portugal e Espanha Autoridades, Ferroviárias e Portuárias Portuguesa, uma empresa de construção Portuguesa e uma entidade de divulgação de ciência e tecnologia sem fins lucrativos [1].

Este artigo apresenta de forma resumida o capítulo 2 e as secções 3.6 e 3.7 do GT Duratinet [1], descrevendo os fundamentos gerais e os aspetos críticos de cada procedimento e seguindo a metodologia prescritiva da norma europeia 1504, tal como no GT Duratinet.

2. PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE DO BETÃO

A preparação da superfície do betão é uma das etapas da reparação de uma estrutura de betão armado (Figura 1). Envolve a remoção dos defeitos superficiais do betão (sujidades superficiais; revestimentos por pintura; poeiras; óleos; microorganismos) que possam comprometer a aderência do material de reparação ao betão existente.

No GT Duratinet [1] são abordadas as várias metodologias de limpeza correntemente usadas nos trabalhos de reparação, com finalidades, vantagens e limitações distintas.



Figura 1: Corrosão do aço induzida por cloretos

2.1 – Limpeza química

A limpeza química é uma metodologia indicada para a limpeza da superfície do betão contaminado com óleos, gorduras e outras sujidades.

Nos produtos de limpeza correntemente usados incluem-se detergentes, fosfato trissódico e ácidos para retirar as manchas existentes (Figura 2).

Salienta-se a importância de haver a preocupação de que todos os vestígios dos produtos químicos usados sejam bem removidos e que não sejam usados solventes.



Figura 2: Limpeza química da superfície do betão

2.2 – Limpeza mecânica

A limpeza mecânica é uma metodologia utilizada para diversas situações, recorrendo a diversos equipamentos tais como, scabber (Figura 3), escarificadores, ferramentas de impacto limpeza, entre outros.

Por vezes, é removido mais betão do que o desejado dependendo do material abrasivo usado ou dos martelos usados, pelo que, podem ser atingidos diferentes graus de limpeza superficial. Deste modo, pode ser necessário utilizar outro método complementar para a limpeza final da superfície.



Figura 3: Limpeza mecânica da superfície do betão

2.3 – Limpeza shot blasting

A limpeza shot blasting é uma metodologia indicada quando se pretende aplicar após a limpeza da superfície do betão um revestimento por pintura.

Esta metodologia deixa a superfície seca para a aplicação imediata de um agente de colagem ou revestimento por pintura (Figura 4).



Figura 4: Limpeza shot blasting da superfície do betão

2.4 – Limpeza com jato de água e areia

A limpeza com jato de água e areia é indicada para diversas situações, sendo correntemente usada como a metodologia final da preparação da superfície do betão por ser um método rápido e de baixo custo, contudo requer pessoal especializado (Figura 5).

Os equipamento com de jato de água para limpeza da superfície do betão usam uma pressão entre 40 MPa e 60 MPa, podendo a água utilizada ser aquecida para melhorar os objetivos pretendidos nomeadamente conter aditivos.

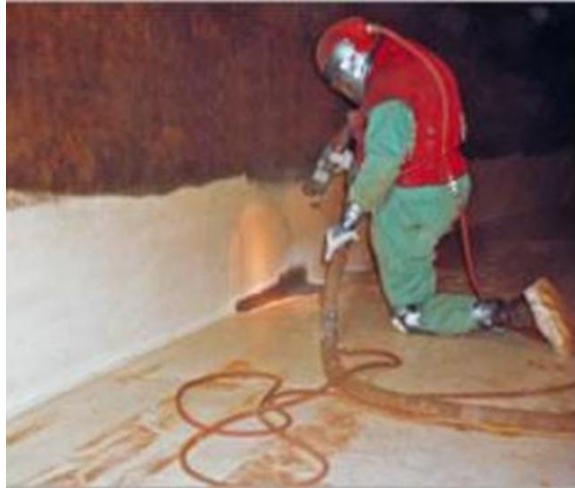


Figura 5: Limpeza da superfície do betão com jato de água e areia

2.5 – Limpeza por ataque químico

A limpeza por ataque químico é uma metodologia que pode ser usada para a remover a calda de cimento superficial (Figura 6).

Refira-se a importância da preocupação de que todos os vestígios dos produtos químicos (ácidos) usados sejam bem removidos. Poder-se-á de modo expedito, verificar ou confirmar com papel pH se foi removido todo o ácido usado na limpeza da superfície.



Figura 6: Limpeza por ataque químico da superfície do betão

2.6 – Limpeza das armaduras

A limpeza das armaduras consiste na remoção dos produtos resultantes da corrosão (ferrugem), poeiras ou outros materiais que possam reduzir a aderência das armaduras ao betão ou contribuir para a sua corrosão.

A seleção da metodologia de limpeza das armaduras deve ter em conta a densidade de armaduras e a proximidade do substrato.

No GT Duratinet [1] são referidas as escovas de aço para a limpeza de pequenas áreas e o jato de água para grandes áreas (Figura 7).

Saliente-se que, quando a corrosão das armaduras for induzida por cloretos a limpeza deve ser realizada com jato de água e, para o controlo das áreas anódicas (princípio P11 da NP EN 1504-9, [2]), o padrão da limpeza deve ser especificado e adequado ao revestimento a aplicar, tal como referido na seção 7.3.2 e A.7.3.2 da NP EN 1504-10, [3].



Figura 7: Limpeza das armaduras por escovagem e por jato de água

3. REMOÇÃO DO BETÃO

Quando a limpeza da superfície não é suficiente para a extração do betão contaminado ou degradado haverá que remover uma maior quantidade do betão existente, contaminado ou degradado.

A seleção do método de remoção deve ter em conta vários fatores, tais como os custos envolvidos; as restrições de tempo e de espaço; o volume de betão a remover; e, as características do betão a remover.

A espessura da remoção do betão deve ser a mínima possível e ter em conta o seguinte:

- a profundidade da carbonatação;
- o perfil do teor de cloretos no betão;
- a profundidade de outra contaminação;
- o recobrimento das armaduras;
- a atividade de corrosão das armaduras;
- as implicações na estabilidade estrutural;

e, deve ser apropriada à estratégia de atuação para a reparação (Princípio da NP EN 1504-9, [2]) e à forma de concretizar essa estratégia (Método da NP EN 1504-9, [2]).

No GT Duratinet [1] são abordadas as metodologias de remoção correntemente utilizadas nos trabalhos de reparação com finalidades, vantagens e limitações distintas.

3.1 – Remoção por explosão

A remoção do betão por explosão é indicada para a remoção de grandes volumes de betão, ou quando a espessura da remoção é superior a 250 mm.

Consiste numa metodologia que pretende provocar uma explosão confinada em pequenos furos para a produção de fraturas controladas no betão e posterior remoção do betão (Figura 8).

É uma metodologia que exige pessoal especializado, a conformidade com Regulamentos de segurança e o controlo rigoroso da explosão para limitar os prejuízos no betão a permanecer, e no meio ambiente.

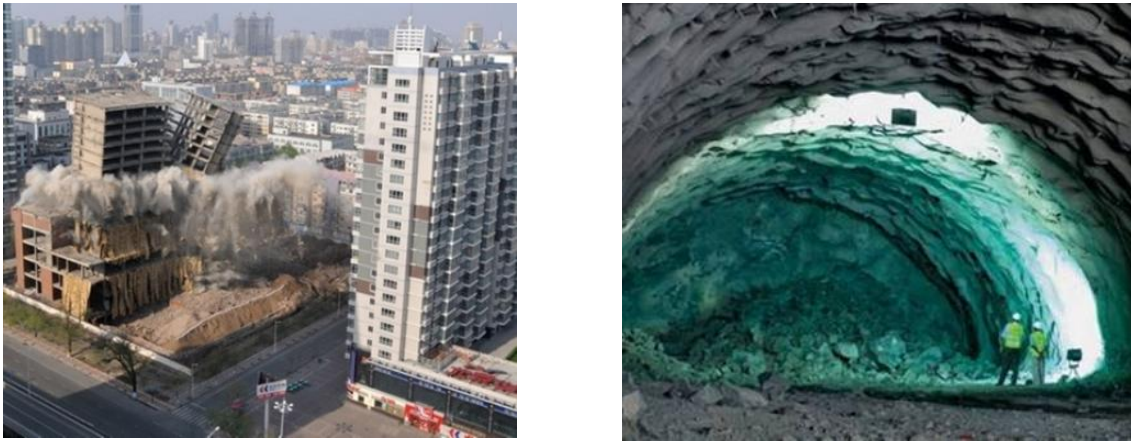


Figura 8: Remoção do betão por explosão

3.2 – Remoção por esmagamento

A remoção do betão por esmagamento é indicada para a demolição total de um elemento de betão, por exemplo lajes, paredes, pilares ou betão de tabuleiros.

Consiste em empregar mandíbulas acionadas hidráulicamente para esmagar e remover o betão, usando trituradores mecânicos (Figura 9).

Esta metodologia tem como limitações principais o facto da fronteira da demolição ter de ser tratada, normalmente por corte; implica a existência de um bordo livre para se iniciar o trabalho; e, as armaduras que ficam expostas podem ficar danificadas sem possibilidade de reutilização, para além de produzir vibração embora com ruído limitado.



Figura 9: Remoção do betão por esmagamento

3.3 – Remoção por corte

A remoção do betão por corte é indicada para desmembrar um elemento de betão em unidades a partir de cortes profundos de perímetro, partindo de uma das suas faces. A profundidade do corte depende do equipamento, não ultrapassando 500 mm.

No GT Duratinet [1] são abordados vários equipamentos vulgarmente usados, tais como a serra de lâmina diamantada; o corte térmico; o fio de corte; e, o jato de água abrasivo cuja pressão da água é muito elevada (Figura 10).

Esta metodologia tem a grande vantagem de não produzir poeiras e vibração, mas tem como limitações o elevado nível de ruído, exigir pessoal qualificado e precauções de segurança adicionais.



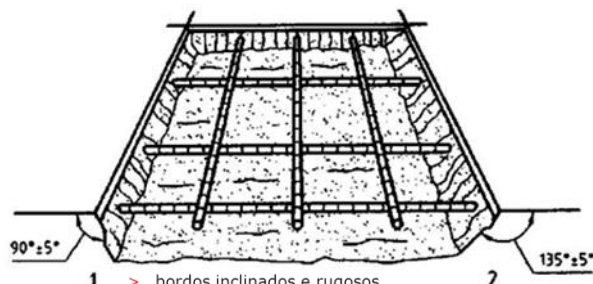
Figura 10: Remoção do betão por corte

3.4 – Remoção por impacto

A remoção do betão por impacto é indicada para a remoção em profundidade, total ou parcial (Figura 11).

Consiste na produção de impacto repetido de uma massa na superfície do betão para fratura e posterior remoção. Recorre frequentemente ao uso de martelos pneumáticos e de maquinaria pesada pneumática.

Tem como limitações o elevado nível de ruído, a produção de poeiras e vibração, exigir pessoal qualificado e, o facto do betão que permanece poder ficar danificado, nomeadamente microfissurado havendo necessidade de recorrer a uma metodologia complementar de baixa energia para a remoção da camada superficial.



1 > bordos inclinados e rugosos

- Evitar o transbordar do material de reparação para o betão adjacente existente
- Fornecer uma boa ligação mecânica entre os dois materiais



Figura 11: Remoção do betão por impacto

3.5 – Remoção por abrasão

A remoção do betão por abrasão é indicada para a remoção do betão em tabuleiros ou paredes em profundidade não superior a 150 mm.

Consiste na produção de impacto-abrasão para a remoção do betão à superfície e recorre com frequência à hidro-demolição (Figura 12).

A hidro-demolição tem a grande vantagem do betão e as armaduras que permanecem após a limpeza não ficam danificados, mas apresenta um custo elevado, elevado consumo de água, elevado nível de ruído e de projeção de material, para além de exigir pessoal qualificado.



Figura 12: Remoção do betão por abrasão

3.6 – Remoção por pre-splitting

A remoção do betão por pre-splitting é indicada para a remoção de betão em lajes, paredes ou outros elementos a partir do emprego de forças em cunha numa série de furos para produzir uma fissuração controlada do betão e para facilitar a sua remoção por outros meios.

No GT Duratinet [1] são abordados os dois processos: pre-splitting químico (agentes expansivos); e, pre-splitting mecânico ("piston jack splitter", "plug-feather splitter"), Figura 13.

Esta metodologia tem a vantagem de não produzir ruído, vibração ou material projetado.



Figura 13: Remoção do betão por pre-splitting

4. INJEÇÃO DO BETÃO

A injeção do betão tem por objetivo o preenchimento com um novo material do espaço livre de uma fissura ou vazio no betão. Pretende restaurar as características iniciais do betão, nomeadamente a resistência mecânica (rigidez), a impermeabilidade à água e a resistência à penetração dos agentes agressivos. É normalmente usada no tratamento da fissuração do betão com abertura superior ou igual 2 mm, mas não se aplica a fissuras devido à corrosão do aço.

Os procedimentos contemplados na parte 5 da norma europeia 1504 [4] consistem na injeção por pressão e embeblimento, i.e., enchimento da fissura numa superfície horizontal por gravidade.

Os produtos usados para a injeção do betão são cimentícios, normalmente com função de enchimento transmissor de forças, i.e., produtos capazes de se colarem à superfície do betão e transmitirem forças através deles, de menor custo e atingindo menor profundidade de penetração que os poliméricos. Os produtos poliméricos são usados para enchimento transmissor de forças, mas também para enchimento dúctil, i.e., como produtos flexíveis capazes de suportar pequenos movimentos subsequentes, e para enchimento expansivo, i.e., como produtos que dilatam repetidamente por absorção de água.

O tratamento das fissuras deve estar de acordo os princípios: P1- Proteção contra o ingresso de agentes agressivos e, o P4- Reforço estrutural (transmissão de esforços), de acordo com a parte 9 da norma europeia 1504 [2], e ter em conta o seguinte:

- abertura da fissura, considerando as cinco classes: 0.1, 0.2, 0.3, 0.5 e 0.8 mm, definidas na parte 5 da norma 1504 [4];
- a atividade da fissura, nomeadamente, se está ativa, passiva ou latente;
- o estado de humidade da fissura, nomeadamente, se se encontra seca, húmida, molhada ou cheia de água (água a correr);
- a origem da fissura, que poderá ser de diversa natureza, nomeadamente, formação em idade jovem (retração plástica), estruturais (flexão, de corte), de corrosão (ferrugem das armaduras), resultado da formação de produtos expansivos (reações expansivas internas: RAS, DEF), entre outras.



Figura 14: Fissuras de diferente origem

5. REPOSIÇÃO DO BETÃO

A reposição do betão tem por objetivo a substituição do betão contaminado ou degradado por um material de reparação.

A reposição pode ter uma função estrutural ou não estrutural consoante as características exigidas ao material de reparação, conforme especificado na parte 3 da norma europeia 1504 [5].

A reposição do betão deve estar de acordo os princípios: P4- Reforço estrutural; P5 - Resistência física; P6- Resistência química; e, P7- Preservação ou restauração da passividade do betão, de acordo com a parte 9 da norma europeia 1504 [2].

Os procedimentos de aplicação do material de reparação contemplados na parte 9 da norma europeia 1504 [2] incluem a aplicação manual, a aplicação por moldagem e por projeção.

A seleção do método de reposição vai depender dos custos envolvidos, das restrições de tempo e espaço, do volume de betão a repor e das características desse betão.

Quando a reposição é localizada ("patching") recomenda-se, sempre que possível, a aplicação de um revestimento superficial adicional geral. A reposição geral é a mais indicada quando a degradação resulta do ataque de cloretos.

Saliente-se que, a durabilidade de uma reposição de betão depende do processo e da causa de degradação, da compatibilidade entre as propriedades do material de reparação e do betão existente e do controlo da qualidade da aplicação.

REFERÊNCIAS

- [1] Guia Técnico Duratinet – Parte IV – Vol. 4.
- [2] NP EN 1504-9: 2009 - Produtos e sistemas para a proteção e reparação de estruturas de betão: Definição, requisitos, controlo da qualidade e avaliação da conformidade. Parte 9: Princípios gerais para a utilização de produtos e sistemas.
- [3] NP EN 1504-10: 2008 - Produtos e sistemas para a proteção e reparação de estruturas de betão: Definição, requisitos, controlo da qualidade e avaliação da conformidade. Parte 10: Aplicação de produtos e sistemas e controlo da qualidade da obra.
- [4] NP EN 1504-5:2006 Produtos e sistemas para a proteção e reparação de estruturas de betão – Definições, requisitos, controlo da qualidade e avaliação da conformidade – Parte 5: Injeção do betão.
- [5] NP EN 1504-3:2006 - Produtos e sistemas para a proteção e reparação de estruturas de betão- Parte 3: Reparação estrutural e não estrutural.