ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE INJEÇÃO DE RESINA

PAULA, Carla Castro de[1], GIOVANETTI, José Nicolau Gobbo[2], SANTORO, Carlos Eduardo Maturano[3]

[1] Pires Giovanetti Guardia, Gerente Engenharia, Engenheira Civil, e-mail: carla@pires.com
[2] Pires Giovanetti Guardia, Diretor, Engenheiro Civil, e-mail: nicolau@pires.com
[3] Pires Giovanetti Guardia, Gerente Técnico, Engenheiro Civil, e-mail: santoro@pires.com

RESUMO

Neste trabalho será verificada a utilização dos sistemas de injeção de resina, suas características e quais os critérios para a sua utilização. Trata-se de um sistema largamente utilizado para o tratamento de infiltrações em estruturas de concreto, bem como a devolução do monolitismo da mesma quando necessário.
Hoje o mercado apresenta uma variedade de materias para esse segmento, sendo necessário conhecer os elementos estruturais, suas características e objetivos bem definidos para que se possa fazer uma escolha correta da resina para o problema encontrado. Existem hoje no mercado sistemas, flexíveis e rígidos e algunas variações entre eles, que podem atender grande parte das necesidades encontradas. Serão apresentados também alguns casos de utilização do sistema e a avaliação de seu desempenho frente às manifestações patológicas encontradas.
Logo poderemos verificar os motivos da aceitação desse material no mercado brasileiro e as vantagens a serem oferecidas pelo mesmo.

Palavras chave: Injeção, resina, epóxi, poliuretano, gel acrílico, microcimento

ABSTRACT

This work will be checked using the resin injection systems, their characteristics and what is the criteria for its use.
It is a widely used system for the treatment of seepage in concrete structures, as well as the return of the monolithic nature of same when necessary.
Today the market offers a variety of materials for this segment, being necessary to meet the structural elements, characteristics and well-defined goals in order to make a correct choice of resin to the problem encountered. There are now on the market, flexible and rigid systems and some variations between them, that can meet most of the needs encountered. Will be presented also some cases of use of the system and the evaluation of its performance in the face of the pathological manifestations found. Soon we will be able to verify the reasons for the acceptance of this material in the Brazilian market and the advantages to be offered by the same.

Keywords: Injection, resin, epoxy, polyurethane, acrylic gel, microcement

1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho será verificado o sistema de injeção de resina, suas características e quais os critérios para a sua utilização.

Serão apresentados também alguns casos de utilização do sistema e a avaliação de seu desempenho frente às manifestações patológicas encontradas.

O sistema de injeção de resinas é largamente utilizado para tratamento de fissuras visando a estanqueidade e/ou monolitismo da estrutura.

Esse sistema só é utilizado em estruturas de concreto, não sendo indicado para alvenaria ou estruturas metálicas.

Logo poderemos verificar os motivos da aceitação desse material no mercado brasileiro e as vantagens a serem oferecidas pelo mesmo.

2. CONCEITO DE INJEÇÃO DE RESINA

O sistema de injeção de resina existe no mercado brasileiro há aproximadamente 20 anos e é utilizado em estruturas de concreto com a finalidade de devolver o monolitismo da estrutura e controle de infiltrações.

Sabemos que o excesso de água pode ser prejudicial às estruturas de concreto. Quando encontramos estruturas com a presença de fissuras devemos avaliar os danos que a presença das mesmas pode causar ao sistema.

As fissuras são passagens para a água e agentes agressivos ao concreto e muitas vezes podem comprometer a integridade da estrutura, ou seja, a estrutura deixa de trabalhar de forma solidária e deixa de transmitir os esforços corretamente, podendo causar danos significativos e até mesmo o colapso de estruturas de concreto.

Caso a fissura não se caracterize de forma estrutural ainda temos o risco, como dito anteriormente, da penetração de água ou agentes contaminantes (gases, material biológico, etc), que podem provocar a despassivação da armadura e consequentemente a corrosão da mesma.

No caso de ação de agentes agressivos, como gases ou resíduos industriais, além de atacar a armadura os mesmos podem reagir com a pasta de cimento, atacando a estrutura, provocando desplacamento da mesma e deterioração dos agregados e da própria estrutura.

Dessa forma pode-se verificar a importância de manter uma estrutura estanque, pois poderemos preservar a vida útil da mesma e as propriedades iniciais dos seus componentes.

2.1 Fissuras em estruturas de concreto

A fissura trata-se de uma manifestação patológica das estruturas de concreto.

A existência de fissuras em uma estrutura de concreto armado compromete a durabilidade e a vida útil da mesma, pois promove a entrada de agentes agressivos na estrutura e dessa forma alterando quimicamente a sua composição e consequentemente o seu comportamento, provocando dessa forma a sua degradação.

O surgimento de fissuras em estruturas de concreto pode prejudicar as seguintes características das mesmas: durabilidade, deformação, estética e estanqueidade.

As fissuras são um fenômeno característico do concreto e podem se manifestar nas seguintes fases:

- Assentamento Plástico;
- Dessecação Superficial;
- Movimentação das Fôrmas;
- Retração por secagem;
- Movimentação Térmica;
- Corrosão de armadura;
- Reação expansiva aos sulfatos;
- Reação expansiva álcali/agregado;
- Sobrecargas;
- Detalhes construtivos;
- Fundação.

2.2 Controle de fissuração

Cabe salientar a importância do controle da fissuração em estruturas de concreto visando o quesito durabilidade.

O aparecimento de fissuras é inerente ao material que compõem a estrutura de concreto armado e a utilização de aços de elevada resistência submete a estrutura a esforços que superam por vezes a resistência de tração do concreto. (HELENE, apud MAIA, 2007).

Fissuras ocorrem por diversos fatores, desde sobre cargas dinâmicas ou estáticas, oxidação de armaduras, movimentações higrotérmicas até a retração hidráulica.

Fatores para surgimento de fissuras no concreto armado:

- Excesso de restrições impostas à estrutura;
- Falta de taxa adequada de armadura para retração;
- Elevado fator água/cimento;
- Alto calor de hidratação do cimento;
- Falta de juntas de movimentações adequadas à estrutura;

2.3 Definição de Injeção de Resina

De acordo com a definição de "injeção" temos que se trata do ato de injetar, para "resina" produto de origem artificial ou natural dotados de propriedades físicas definidas de acordo com a sua finalidade.

Para as resinas que serão estudadas nesse trabalho temos as seguintes:

- Poliuretano;
- Epóxi;
- Gel Acrílico;
- Microcimento;

As injeções sempre são aconselhadas quando encontramos no concreto, fissuras das mais diversas origem com a finalidade de selar a estrutura.

Anteriormente as fissuras eram tratadas como um problema sem solução, com o surgimento do sistema de injeção de resinas pode-se utilizar como uma solução definitiva e eficiente para as estruturas de concreto.

A resina por possuir viscosidade mais baixa permite à penetração na estrutura, dessa forma selando a mesma e não permitindo a entrada de elementos contaminantes.

Os sistemas de injeções podem ser divididos em rígidos e flexíveis e os mesmos apresentam características distintas que podem ser utilizados de acordo com a manifestação patológica apresentada.

Logo poderemos usar como definição de injeção de resinas como um conjunto de sistemas injetáveis flexíveis ou rígidos que tem por finalidade reconstituir a estanqueidade e/ou a monoloticidade das estruturas de concreto.

2.3.1 Sistema Rígido

Para os sistemas rígidos possuímos as seguintes classificações de materiais:

- Resina Epóxi;

- Resina de Poliuretano Rígido;
- Microcimento.

A opção de utilização de sistemas rígidos deverá ser feita quando a origem da fissura for estrutural, nesse caso optamos por materiais que depois de endurecido possam transferir os esforços solicitantes da estrutura, sejam de cisalhamento, torção ou compressão visando manter a estabilidade da peça estrutural restaurando a sua capacidade inicial.

As características principais das resinas apresentadas acima são as seguintes:

- Resina Epóxi: Rígido, resistência à compressão de 80 a 100 MPa, resistência á tração de 40 a 60 MPa, excelente aderência > 2,0 MPa, boa durabilidade, não retrátil, baixa viscosidade, resistente à agentes agressivos (ácidos e bases diluídos), mantêm as características básicas mesmo quando carregadas, não funciona com água.

- Resina de Poliuretano Rígido: alta resistência a ácidos e bases diluídos, excelente aderência > 2,0 MPa , boa durabilidade, funciona com água Aderência > 2,0 MPa mesmo em substrato saturad de água.

- Microcimento: alta resistência > 40 MPa, excelente aderência > 2,0 MPa, boa durabilidade, proteção alcalina, alta resistência mecânica à compressão, módulo de deformação compatível com o do concreto, funciona com água (presença de umidade), composto por cimentos especiais para injeção e enrijecimento de peças estruturais.

2.3.1 Sistema Flexível

Para os sistemas flexíveis possuímos as seguintes classificações de materiais:

- Resina de Poliuretano;
- Resina de Gel Acrílico.

Os sistemas flexíveis são utilizados quando necessitamos de selamento das fissuras e impermeabilização das estruturas.

As características principais das resinas apresentam acima são as seguintes:

- Resina de Poliuretano: essa resina é composta por espuma e gel. Essa divisão ocorre para que em áreas com fluxo contínuo de água a mesma possa ser controlada inicialmente por espuma, que possui um curto tempo de reação formando uma espuma de células abertas com grande aumento de volume. Posterior à aplicação da espuma será aplicado o gel e este último será o selamento final, nunca se deve utilizar somente espuma para tratamento de infiltração, pois a espuma tem a finalidade de estancar provisoriamente o fluxo de água para posterior aplicação do selamento final, caso seja aplicado somente espuma, as infiltrações podem voltar a ocorrer. Essas resinas apresentam baixa viscosidade, flexibilidade, isenta de solventes, excelente aderência ao substrato de concreto mesmo com a presença de água.

- Resina de Gel Acrílico: esse sistema deve ser aplicado principalmente em presença constante de água, por sua hidroestrutura necessitar da presença da água de maneira constante para manter a sua estabilidade. Possui controle de tempo de reação, boa flexibilidade e pode ser aplicada para formar uma membrana atrás da estrutura, excelente aderência ao substrato de concreto mesmo com a presença de água.

3. PROCEDIMENTO PARA EXECUÇÃO DE INJEÇÃO

Na sequência apresentaremos a metodologia para à aplicação de injeção de resina.

3.1 Identificação da fissura

Para à execução das injeções será necessária à identificação das fissuras, limpeza superficial possibilitando uma furação mais eficiente, conforme figura 1.

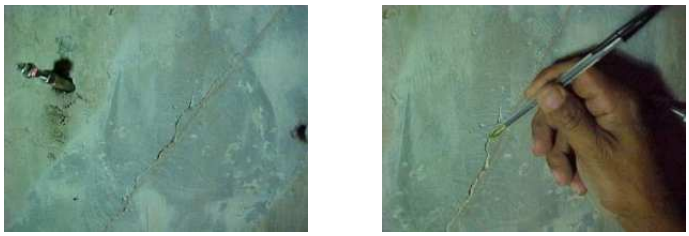


Figura 1 – Identificação de fissuras

3.2 Perfuração e colocação de bicos de injeção

A etapa subsequente à identificação e limpeza das fissuras será a perfuração e colocação dos bicos, conforme figura 2.

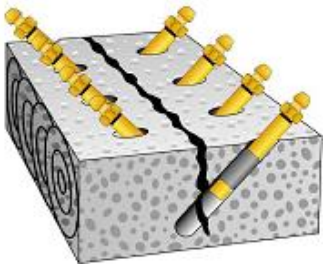
- Execução de furos com martelete perfurador, com inclinação de 45º em relação ao plano da trinca, para que os furos executados possam interceptá-lo;

- Na seqüência, executa-se à limpeza dos furos com ar comprimido;

- Instalação dos bicos de injeção.

Os bicos de injeção utilizados são em alumínio, pois os mesmos não sofrem o processo de corrosão protegendo dessa forma a estrutura.

O bico metálico de alumínio que será fixado à estrutura por intermédio da expansão de um anel de borracha existente na extremidade posterior do mesmo.









Bico Tipo R

Figura 2 – Perfuração e colocação de bicos de injeção

3.3 Execução da injeção

Com toda a superfície preparada inicia-se o processo de injeção, conforme especificação de cada obra, conforme visto anteriormente as resinas podem ser rígidas ou flexíveis, conforme figura 3.







Figura 3 – Execução de Injeção de Resina

3.4 Limpeza da fissura

Após a execução das injeções aguardamos 24 horas para cura do material, remoção dos bicos, tamponamento dos furos e lixamento do material que escorreu nas paredes.

4. ESTUDOS DE CASO

Para ilustrar melhor as metodologias usadas citaremos um estudo de obra onde utilizou-se o sistema de injeção e o resultado esperado.

4.1 Injeção de Resina em enfilagens do Metrô de SP

O estudo a ser desenvolvido a seguir refere-se à obra realizada nas estações do metrô Brigadeiro e Trianon em São Paulo.

As estações foram inauguradas em janeiro de 1991 com área construída de 8.790,00 m².

O método construtivo utilizado nos mezaninos, foi de enfilagens horizontais que proporcionam interferências mínimas na superfície. Solução mista entre o NATM (New Austrian Tunnelling Method) e a escavação invertida.

Após alguns anos as estações começaram a sofrer infiltrações o que prejudicava a utilização do sistema pelos seus usuários.

A infiltração de água em estrutura de concreto pode causar alguns danos como: corrosão de armadura, carbonatação, desplacamento de concreto entre outros.

O sistema utilizado para a construção dos túneis, conforme figura 04 não previu nenhum sistema de impermeabilização no projeto o que prejudicou a estrutura ao longo do tempo.

Conforme apresentado na figura 05 é possível verificar a colocação de calhas para conter as infiltrações.

Na figura 04 é possível verificar a estrutura das enfilagens existentes.

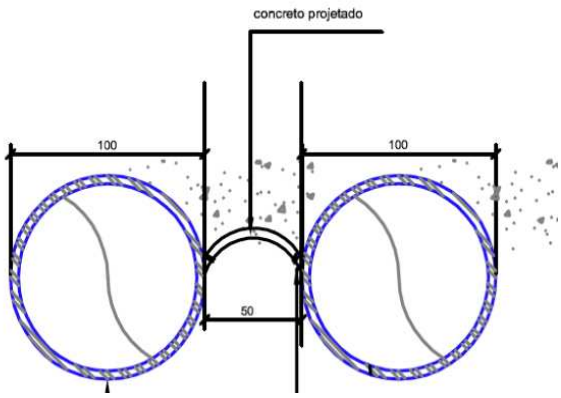


Figura 04 – Detalhe da enfilagem



Figura 05 – Enfilagem com calhas para o controle das infiltrações

Para devolver a estrutura a sua estanqueidade, foi necessária a utilização de alguns sistemas de impermeabilização, sendo o que segue:

- Reconstituição do revestimento para garantir a estabilidade do maciço;

- Utilização de injeção de resina de gel acrílico para criar uma manta impermeável entre o concreto projetado x solo;

- Execução de revestimento elástico impermeável com a finalidade de estancar a estrutura.

Por se tratar de uma estrutura complexa e de uso público, a metodologia de reparo foi realizada de maneira a não interferir na operação das estações, logo os trabalhos eram executados no período noturno e finais de semana, de maneira a não prejudicar a prestação dos serviços à população de São Paulo.

A primeira etapa da obra tinha por finalidade reconstituir a área onde apresentava grande desplacamento. O material utilizado foi argamassa polimérica com fibras em sua composição, já fornecida pronta pelo fabricante.

Iniciou-se a preparação da superfície com hidrojateamento e posterior aplicação de argamassa polimérica com espessura de 50 mm, conforme figura 06.



Figura 6 – Argamassa polimérica após a aplicação

- Reconstituição do revestimento para garantir a estabilidade do maciço;

- Utilização de injeção de resina de gel acrílico para criar uma manta impermeável entre o concreto projetado x solo;

- Execução de revestimento elástico impermeável com a finalidade de estancar a estrutura.

4.1.1 Injeção de Resina Acrílica

Instalação de bicos injetores nas áreas de prospecção para a execução das injeções de resina de gel acrílico.

A utilização da injeção de resina de gel acrílico foi definida para que pudéssemos obter uma "manta" impermeável o concreto projetado e o revestimento existente.

Nas figuras 7 a 9 será possível verificar a maneira em que foi executada a injeção visando um melhor preenchimento da área.

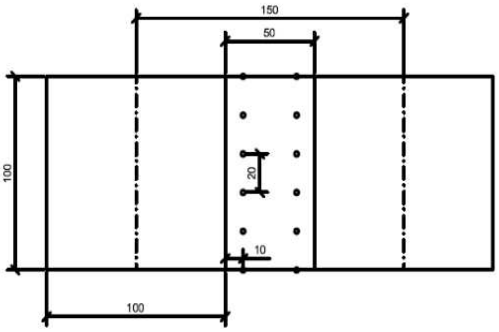


Figura 7 – Planta das execuções das perfurações

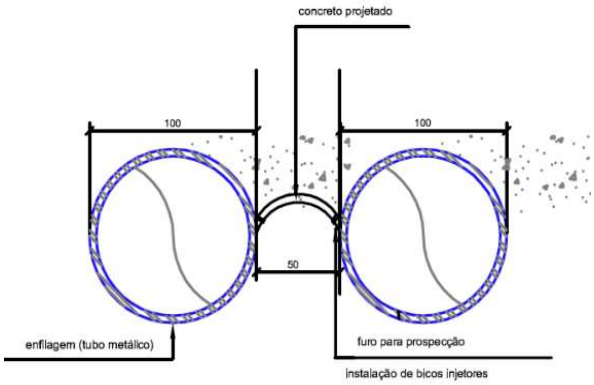


Figura 8 – Corte das enfilagens (detalhe das injeções)



Figura 9 – Execução das injeções

4.1.2 Aplicação de revestimento impermeável

Após a reconstituição do revestimento e a execução das injeções de resina de gel acrílico o tratamento foi complementado com a execução do revestimento de argamassa polimérica elástica. Trata-se de revestimento fornecido pronto no mercado com características impermeáveis oferecendo dessa forma mais resistência e estanqueidade a área de tratamento, conforme figura 10 e 11

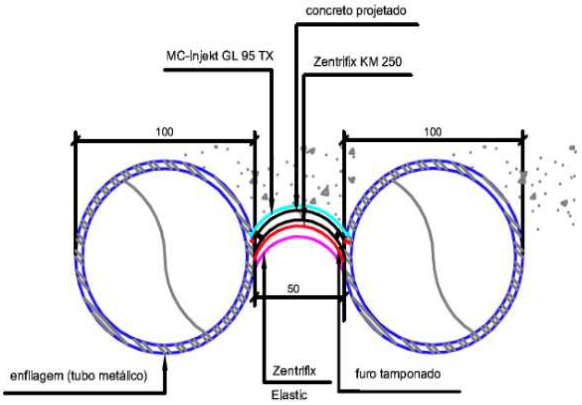


Figura 10 – Detalhe da aplicação do revestimento impermeável



Figura 11 – Argamassa impermeável aplicada

O conjunto de soluções adotadas para as manifestações patológicas encontradas nas estações do metrô de São Paulo foi eficiente quanto ao controle de infiltrações.

Utilizamos materiais de alta tecnologia com a finalidade de promover a reabilitação da estrutura de concreto.

Após a execução do sistema impermeável a estrutura em questão não sofreu nenhum problema com infiltrações o que nos garante a eficiência do sistema adotado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto anteriormente podemos verificar a funcionalidade dos sistemas de injeção em estruturas de concreto.

Estes sistemas apresentam-se eficientes na solução dos problemas encontrados, devolvendo às estruturas as suas características originais e preservando a segurança e durabilidade das mesmas.

É importante lembrar que o controle tecnológico do concreto, deve ser bem executado para que a ocorrência das manifestações patológicas seja minimizada. Caso contrário, a segurança e durabilidade das estruturas são comprometidas.

As manifestações patológicas mais comuns são as fissuras, e para tanto os engenheiros devem estar preparados para a recuperação das mesmas, pois quando falamos em estruturas de grande complexidade, é muito importante o conhecimento e utilização de tecnologias que possibilitem o aumento da vida útil das estruturas.

6. REFERÊNCIAS

PIRES & GIOVANETTI GUARDIA. Recuperação de Estruturas. Disponível em: <http:// www.pires.com/ >. Acesso em: 03 abr. 2012

ALMEIDA JUNIOR, W. Sistema de injeção para estancamento de infiltrações para obras hidráulicas, **VI Simpósio Brasileiro sobre Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas.** Belo Horizonte, CBDB, 2008.

ALMEIDA JUNIOR, W.; TAKAGI, E. M. Injeções flexíveis para selamento definitivo das infiltrações das estruturas de concreto das usinas hidrelétricas, XXVI Seminário Nacional de Grandes Barragens. Goiânia, CBDB, 2005.

TAKAGI, E. M.; KUPERMAN, S. C. Tecnologia de injeções em concreto: estado de arte e aplicações. São Paulo, 2006

ELETROBRÁS – "Diretrizes de Projetos para PCH's".

MOURÃO, D. K. – INJEÇÃO DE RESINAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO. Belo Horizonte, 2010

IBRACON – "Concreto: Ciência e Tecnologia". Volume II

IBRACON – "Materiais de Construção Civil". Volume II

THOMAZ, E..**Fissuração – 116 casos reais**. Rio de Janeiro: V Simpósio EPUSP sobre Estruturas de Concreto, 2003.

GAIER, A. C. **Análise do desempenho de materiais de reparo industrializados para estrutura de concreto frente ao ataque ácido**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, 2005.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: Pini, 1994.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: Pini, 2008.

THOMAZ, E. C. S.; CARNEIRO, L. A. V. **Estruturas de Reservatórios: conceitos de fissuração e sugestão para execução**. São Paulo: Revista Concreto& Construção, 2007.

SHIRAKAWA, M. A. **Estudo da Biodeterioração do Concreto**. São Paulo: 1994.

CAVALLI, A. F.; DOTAF, T. S. **Avaliação da degradação do concreto devido à contaminação das águas por esgoto doméstico**. Curitiba: Universidade Tuiuti do Paraná, 2008.

HELENE, P.; REPETTE W.L. **Proteção do Concreto – Uma necessidade em Indústria de Celulose e Papel**. São Paulo: Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, 1998.

MOREIRA, H. S. P; **Ação de alguns agentes agressivos sobre concretos amassados com diferentes tipos de cimentos brasileiros.**São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2001.

POGGIALI, F. S. J.;**Durabilidade em estruturas de concreto em usinas siderúrgicas**. Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

VAZ, K: **A História do Concreto Armado.** Disponível em http://pt.scribd.com/doc/63656102/Historia-Do-Concreto-Armado. Acesso em 10/08/2012.

CONCRETO E CONSTRUÇÃO, São Paulo: **IBRACON 2007**. Nº 47, Trimestral.

MARUMBO, J. T, **Difusão de cloretos e ataque por sulfatos e pasta de cimento Portland.** Dissertação (Mestrado em Ciência na Área de Reatores Nucleares de Potência e Tecnologia do Combustível Nuclear). Prof. Orientador Luis Felipe C. P. de Lima, Doutor. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.

TAKAGI E. M, *Et all.* Aspectos Técnicos de Durabilidade dos Revestimentos Minerais Para a Proteção do Concreto de Obras Para Saneamento de Águas e Esgostos. **Concreto e Construção.** Nº 47, julho, agosto e setembro, 2007.