Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

REPARO E PROTEÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO SUBTERRÂNEAS

C. OURIVES
Diretor Executivo
Penetron Brasil
São Paulo; Brasil
claudio@penetron.com.br

R. CASAL
Engenheiro Civil
Penetron Brasil
São Paulo; Brasil
raphael.casal@penetron.com.br

RESUMO

Em muitos edifícios com subsolos e demais estruturas enterradas, o detalhamento do projeto de impermeabilização de lajes e cortinas se torna difícil em função do tamanho dos terrenos, pressão do lençol freático, contaminação do solo e desconhecimento de projetistas em relação a métodos para enfrentar essas situações. Como consequência, o subsolo não recebe a atenção devida do empreendimento e, na maioria dos casos, é um dos principais motivos de atraso na entrega da obra e reclamação dos proprietários. Em situações extremas, pode ocorrer a deterioração precoce das estruturas e problemas estruturais causados pela pressão negativa do lençol freático se o projeto não tiver sido calculado adequadamente. O uso do subsolo e a durabilidade ficam comprometidas sem um tratamento adequado. Esse trabalho tem como objetivo apresentar técnicas de recuperação e proteção em estruturas subterrâneas com infiltração, com sistemas de tratamento com argamassas de cristalização integral do concreto, aplicadas topicamente e por injeção. Essas argamassas reagem com a pasta de cimento do concreto e com a água formando cristais insolúveis nos poros e fissuras do concreto. Há uma grande redução da penetração de água, mesmo sob alta pressão, interrompendo a lixiviação do concreto e outras manifestações patológicas associadas. Serão apresentados casos de obras como a recuperação de laje de subpressão de um edifício residencial em Niterói, a recuperação da parede diafragma do 6º e 7º subsolos de um hospital em São Paulo e recuperação de um subsolo de um edifício residencial em Vitória.

Keywords: durabilidade, subsolo, concreto, cristalização.

ABSTRACT

In many basements of buildings and others underground structures, the waterproofing design detail of basement slabs and walls are tough decision due to the land size, water table pressure, soil contamination and unfamiliarity of designers to face these situations. As a result, there is no special attention to the basement and in most of cases, there is a huge delay in the site and claims from the new residents. In extreme situations, the structures can deteriorate earlier than expected and structural problems can appear due to the water table pressure in case the design does not preview this pressure. The durability and use of the basement are committed without a suitable approach. This work shows refurbishments and protection procedures for underground structures, based on integral crystalline systems, applied over the concrete or by injection. These products react with the cement paste from the concrete and water forming insoluble crystals in the pores and cracks. There is a high water penetration decreasing, even under high negative pressure, stopping concrete leaching and other related damages. Also, it will be shown cases of sites about basement refurbishment of a residencial building in Niterói, RJ, diaphragm wall of a Hospital in São Paulo, SP. and the basement of a hotel in Vitória, ES.

Keywords: durability, basement, concrete, crystalline.

1. INTRODUÇÃO

Um projeto de recuperação da estanqueidade de estruturas de concreto em subsolos depende do conhecimento prévio da concepção estrutural de projeto, de informações do processo executivo e do uso dos elementos executados. O projeto pode seguir as seguintes etapas:

- Inspeção preliminar: visual e relatório fotográfico.
- Mapeamento das manifestações patológicas: localização e mensuração de aberturas de fissuras, profundidade, etc.
- Análise das manifestações patológicas: ensaios destrutivos e não destrutivas.

- Avaliação estrutural: verificação do "as built" com o projeto estrutural.
- Diagnóstico: identificação das causas das patologias.
- Recomendações terapêuticas: métodos e materiais de recuperação.
- Prognóstico: previsão de ganho de vida útil da estrutura após a recuperação.
- Plano de manutenção para atender a vida útil adicional.

Na etapa de inspeção preliminar, o caminho é o mesmo utilizado na execução de um projeto de impermeabilização onde são analisadas a qualidade do concreto executado, os tratamentos para as juntas de concretagem programadas, para juntas de encontro entre cortinas e lajes e lajes e pilares, etc. Também devem ser analisadas as manifestações patológicas com origem em projeto, durante a fase de execução e uso, como:

- Fissuras por deficiência de armação ou mal posicionamento das malhas;
- Fissuras por recalque da laje;
- Fissuras de retração por secagem do concreto;
- Concreto com baixa resistência superficial à abrasão;
- Concreto segregado em pontos da laje ou cortina;
- Som cavo ou ruptura de capeamento de concreto;
- Desalinhamento de fôrma entre painéis de concreto na parede;
- Infiltração por juntas de concretagem;
- Infiltração por fissuras;
- Carreamento de solo;
- Eflorescência (carbonatação);
- Umidade elevada do concreto;
- Existência de juntas de dilatação e juntas serradas.

Os elementos a serem inspecionados são normalmente:

- Poços de elevador;
- Lajes do subsolo, com drenagem ou subpressão;
- Paredes moldadas in loco;
- Paredes diafragma;
- Engastes entre lajes e cortina e lajes e pilares;
- Reservatórios inferiores enterrados.

O projeto de recuperação dependerá de uma boa análise dos itens citados para fechar o diagnóstico das manifestações patológicas existentes. Tendo em mãos esse diagnóstico, são definidos os procedimentos de recuperação com o objetivo de possibilitar um uso saudável do ambiente e a preservação dos materiais como concreto, aço, revestimentos e pinturas. Há um aumento da vida útil da estrutura pois elimina-se a água do concreto e de agentes agressivos, reduz a presença de umidade no ambiente e, consequentemente de micro organismos, e uma valorização do patrimônio. Cada vez mais, o subsolo tem exigido acabamentos diferenciados com cerâmicas ou pinturas para tráfego e, para um bom desempenho desses revestimentos, é necessário evitar a percolação de água e reduzir a difusão de vapor pelo concreto.
Nesse trabalho, apresentaremos as recomendações terapêuticas que podem ser adotadas na maioria dos projetos de recuperação de estanqueidade do subsolo como os métodos para preparação de superfície, reparos pontuais, impermeabilização geral das estruturas de subsolo contra pressão negativa e preparação da superfície para receber revestimentos.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

2. TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO COM SISTEMA DE CRISTALIZAÇÃO INTEGRAL DO CONCRETO

De acordo com OURIVES, C.N. (2014), o sistema de cristalização integral do concreto é um sistema altamente eficaz para recuperação e impermeabilização de subsolos pelas seguintes razões:

- Sendo totalmente de base mineral, apresenta durabilidade sem se deteriorar ao longo do tempo.
- É aberto à difusão de vapor evitando o acúmulo de vapor e deixando o concreto completamente seco. Não há o risco de bolhas de osmose que ocorrem normalmente em pinturas base acrílica, epóxi ou poliuretano.
- Torna-se parte integrante do concreto. Penetra profundamente e sela os vazios capilares e fissuras de retração no concreto.
- Pode ser aplicado na face positiva ou negativa do concreto.
- As propriedades de impermeabilização e resistência química se mantêm intactas mesmo se a estrutura for danificada.
- Resiste a altas pressões hidrostáticas (> 70m).
- Resistente aos ataques químicos e assegura proteção contra águas subterrâneas agressivas, água do mar, cloretos, sulfatos e nitratos.
- Pode ser aplicado em concreto úmido.
- Não é tóxico podendo ser aplicado em áreas confinadas.

O sistema de impermeabilização por cristalização capilar é aplicado superficialmente e consiste de três fases:

- Argamassa de pega rápida para tamponamento de fluxos de água;
- Argamassas de reparo estrutural com cristalizante;
- Argamassas de alta fluidez e baixa viscosidade com cristalizante;
- Argamassa de proteção e impermeabilização por cristalização capilar integral.

Os componentes químicos ativos das argamassas de cristalização reagem com os compostos da pasta de cimento e com a umidade presente nos capilares do concreto para formar uma estrutura cristalina insolúvel. Esses cristais preenchem os poros e fissuras de retração do concreto para prevenir qualquer ingresso de água, mesmo sob pressão negativa. Contudo, o ainda permitirá a passagem de vapor d'água através da estrutura, ou seja, o concreto será capaz de respirar, evitando riscos de bolhas de osmose no sistema. Além de promover a impermeabilização da estrutura, protege o concreto contra a água do mar, efluentes domésticos e industriais, águas agressivas do solo e muitas outras soluções químicas agressivas.

2.1 Preparação de superfície.

Em muitos casos, encontra-se as superfícies de concreto cobertas por revestimentos, por pinturas ou por lama no caso de parede diafragma. O tratamento com o sistema de cristalização deve ser feito diretamente sobre o concreto. Portanto, deve-se utilizar procedimentos que garantam a limpeza adequada e abertura dos poros do concreto como jato de água de alta pressão (>250 bar), métodos de remoção de pintura como fresamento e demolição localizada de revestimentos quando for necessário. (Figuras 1 a 4).
A limpeza da superfície pode ser feita com jato de água. Para aplicação das argamassas de cristalização, deve-se deixar a superfície na condição saturada, superfície seca (SSS).

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 1 – Jato captivo de granalha para remoção de pinturas



Figura 2 – Fresamento mecânico para remoção de milímetros de concreto deteriorado



Figura 3 – Jato de alta pressão para abertura de poros do concreto (> 250 bar)



Figura 4 – Superfície de concreto após passagem do jato de alta pressão.

2.2 Tratamento de juntas de concretagem, segregações (bicheiras) e fissuras de retração.

Juntas de concretagem em cortinas, lajes e fissuras são o caminho mais rápido para a penetração de água. Conforme a NBR 6118, para uso em projeto, a abertura máxima característica w_k das fissuras deve ficar entre 0,2mm e 0,4mm. Em classes de agressividade CAA III e IV, w_k deve ser menor do que 0,3mm e 0,2mm respectivamente. Porém, na prática as aberturas podem ser maiores do que o previsto ou identificado. Por isso, é importante fazer um mapeamento para caracterização dessas. O procedimento de reparo dessas regiões compreende o corte de canaleta ao longo da junta ou fissura, com 20 mm de largura por 20 mm de profundidade, no mínimo. É feita uma limpeza da superfície e o tamponamento com argamassa de pega rápida na metade da canaleta. Confirmado o tamponamento temporário, deve-se fazer o reparo do restante da canaleta com argamassa de reparo estrutural com cristalizante, na forma de *dry-pack*. Para finalizar e fazer o selamento definitivo, aplica-se a argamassa de impermeabilização por cristalização capilar estendendo 15 cm para cada lado do tratamento. (Figuras 5, 6 e 7).

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

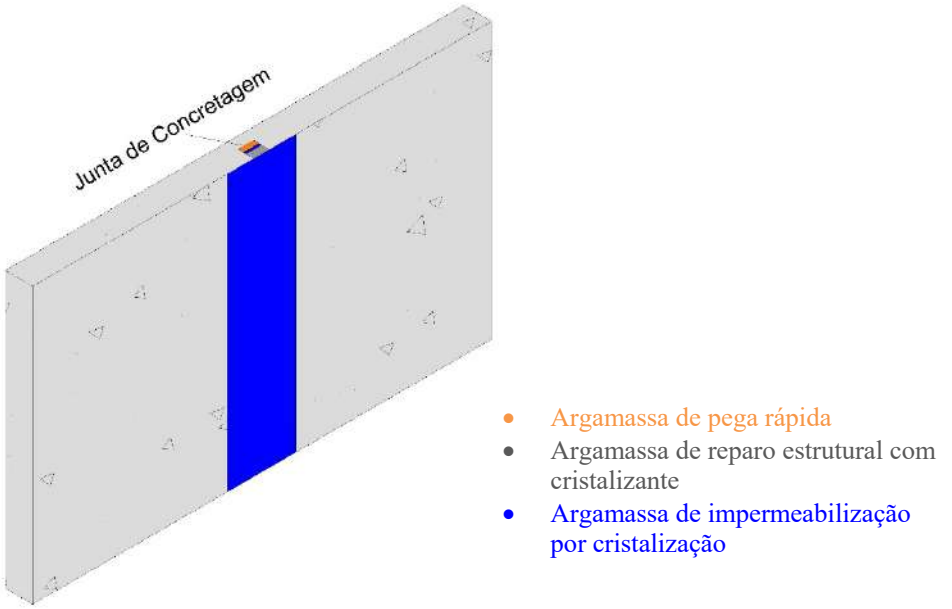


Figura 5 – Tratamento de juntas entre lamelas de parede diafragma.

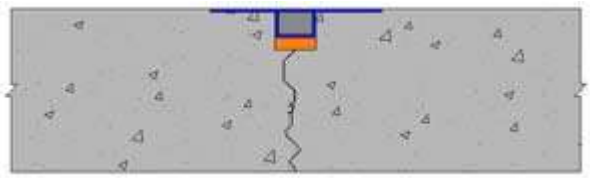


Figura 6 – Tratamento de junta de concretagem e fissura de retração na laje.

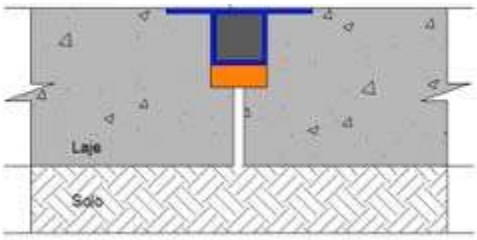


Figura 7– Tratamento de furo de ponteira ou infiltração localizada.

2.3 Injeção de argamassa de alta fluidez e baixa viscosidade com cristalizante.

Esse método pode ser utilizado para preenchimento de vazios no concreto ou na interface de elementos da parede ou laje de subpressão. São realizados furos e instalados bicos para injeção de calda de cimento.
Ancoragens de tirantes em paredes diafragma, com preenchimento deficiente de calda, podem ser tratadas com injeção dessa argamassa cristalizante de alta fluidez. (Figura 8).



Figura 8 – Injeção de argamassa de alta fluidez e baixa viscosidade com cristalizante.

2.4 Impermeabilização total com argamassa de cristalização capilar integral.

A argamassa de cristalização integral deve ser aplicada sobre a superfície de concreto na condição SSS. Podem ser aplicadas tanto sobre as cortinas quanto sobre as lajes. Pode-se utilizar métodos de projeção para ganho de produtividade. Em arremates, pode-se utilizar pincel. Normalmente, são aplicadas duas demãos. (Figura 9).
É importante uma cura úmida por um prazo mínimo de 3 dias.



Figura 9 – Projeção da argamassa de impermeabilização por cristalização.

3. ESTUDO DE CASO

3.1 Recuperação de terceiro subsolo em condomínio residencial, Niterói, RJ.

Trata-se do terceiro subsolo de edifício residencial, 7 metros abaixo do lençol, com infiltrações na laje de subpressão por juntas de concretagem, fissuras e encontros de laje com pilar e parede diafragma. O sistema de impermeabilização existente era de uma pintura de epóxi na laje de subpressão e nas cortinas parede diafragma. Nas juntas de concretagem entre pilares e laje e laje e cortina, executaram uma argamassa em formato de mísula para conter a infiltração. Esse processo mostrou ser ineficaz pelos inúmeros pontos com infiltração. (Figura 10).

Na cortina de parede diafragma, em cada junta entre lamelas foi executado um pilarete que também não se mostrou eficaz. A solução adotada foi injeção de resina de poliuretano.

Inicialmente, no intuito de tratar as infiltrações, iniciaram com injeção de poliuretano. Esse também não apresentou o resultado esperado e foi necessária uma abordagem sistemática na laje que incluía:

- Remoção da pintura de epóxi;
- Remoção das mísulas;
- Tratamento de todas as juntas de concretagem visíveis e fissuras com sistema de cristalização (Figuras 11 e 12);
- Proteção integral com argamassa de impermeabilização por cristalização integral (Figuras 13 e 14);
- Aplicação de barreira de vapor (Figura 15);
- Regularização com argamassa autonivelante cimentícia (Figuras 16 e 17);
- Pintura de acabamento (Figuras 18 e 19).



Figura 10 – Piso do terceiro subsolo com infiltração. Notar pintura existente de epóxi.

OBS: a superfície para aplicação das argamassas de cristalização devem estar na condição saturada superfície seca (SSS).



Figura 11 – Abertura de canaleta para reparo com argamassas de cristalização.



Figura 12 – Reparo finalizado.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 13 – Aplicação de argamassa de impermeabilização por cristalização integral.



Figura 14 – Cura úmida da argamassa de impermeabilização por cristalização integral.



Figura 15 – Aplicação de barreira de vapor à base de epóxi.



Figura 16 – Aplicação de primer acrílico antes da aplicação do revestimento autonivelante cimentício.



Figura 17 – Bombeamento do revestimento autonivelante cimentício.



Figura 18 – Detalhe do pilar tratado.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 19– Acabamento com pintura de poliuretano sobre revestimento autonivelante.

3.3 Recuperação de parede diafragma do Hospital Oswaldo Cruz, São Paulo, SP.

Em dezembro de 2012, o Hospital Alemão Oswaldo Cruz concluiu as obras do novo prédio denominado Bloco E, um edifício vertical, com 5 subsolos e mais 19 andares, para abrigar centros cirúrgicos, UTIs e quartos de internações. Com o aumento das chuvas naquele ano, surgiram grandes infiltrações no quarto e quinto subsolos, transbordando pela canaleta de drenagem lateral, executada justamente para coletar possíveis infiltrações. Foi removida a segunda parede de PVC para uma análise mais detalhada. Também foi realizado um jato de água de alta pressão para limpeza e visualizar melhor possíveis falhas de concretagem, conforme fotos abaixo (Figuras 20 a 23).



Figura 20 – Detalhe de concreto segregado na parede diafragma.



Figura 21 – Detalhe de concreto segregado na parede diafragma.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 22 – Vista de parede diafragma do quinto subsolo com infiltração por juntas entre lamelas e segregações.



Figura 23 – Vista dos fundos do quinto subsolo com infiltrações e empoçamento de água.

A metodologia de recuperação adotada seguiu o seguinte roteiro (Figuras 24 e 25):

- Jato de água de alta pressão para limpeza e remoção de concreto misturado com lama;
- Identificação das regiões com segregação do concreto;
- Delimitação das regiões de reparo;
- Nas regiões com fluxo d'água, houve tamponamento com argamassa de pega rápida;
- Reparos até 6cm foram realizados com argamassa de reparo estrutural com cristalizante;
- Reparos acima de 6cm foram realizados com graute ou microconcreto com cristalizante. Nesses casos, foi necessário instalar fôrmas estanques;
- Proteção total com projeção de argamassa de impermeabilização com cristalização integral.
- Cura por 3 dias.

OBS: a superfície para aplicação das argamassas de cristalização devem estar na condição saturada superfície seca (SSS).



Figura 24 – Tratamento executado nas juntas entre as lamelas com as argamassas de cristalização integral.



Figura 25 – Tratamento executado nas juntas entre as lamelas com as argamassas de cristalização integral.

3.4 Recuperação de laje de subpressão em edifício, Vitória, ES.

Nesse edifício localizado em Vitória, ES, foi realizada a recuperação do primeiro e único subsolo, com área aproximada de 1.500m^2, no início de 2014. O edifício foi inaugurado no final de 2015 onde funciona um hotel da rede Sleep Inn.
Esse subsolo caracteriza-se por ter uma laje de subpressão, sem sistema de drenagem. A cortina lateral foi executada com concreto usinado moldado *in loco*. Surgiram fissuras de retração e de encontro com os pilares e pelas quais haviam

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

infiltrações de água. Havia também infiltrações pelas juntas de concretagem, sem nenhum tratamento preventivo (Figuras 26 a 29). O processo de tratamento seguiu o roteiro executivo abaixo (Figuras 30 a 34):

- Jato de alta pressão em toda a laje e cortina e ao longo de fissuras e juntas de concretagem para abertura da porosidade e limpeza;
- Abertura de canaleta nas fissuras e juntas de concretagem, com dimensões mínimas de 20mm x 20mm;
- Nas regiões com fluxo d'água, houve tamponamento com argamassa de pega rápida no fundo das canaletas;
- Os reparos das canaletas foram realizados com argamassa de reparo estrutural com cristalizante;
- Após a execução dos tratamentos nas fissuras e juntas de concretagem, foi aplicada na cortina, laje e 1,0m de altura dos pilares argamassa de impermeabilização com cristalização integral;
- Cura por 7 dias;
- Aplicação de argamassas de regularização.

OBS: a superfície para aplicação das argamassas de cristalização devem estar na condição saturada superfície seca (SSS).



Figura 26 – Vista geral do subsolo com infiltração.



Figura 27 – Infiltração por junta entre laje e parede.



Figura 28 – Fissura com infiltração e carreamento de solo.



Figura 29 – Segregação do concreto na parede.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 30 – Abertura de canaleta na junta entre parede e laje.



Figura 31 – Tratamento em junta de concretagem com argamassas de reparo estrutural com cristalizante.



Figura 32 – Aplicação de argamassa de impermeabilização por cristalização integral.



Figura 33 – Aplicação de argamassa de impermeabilização por cristalização integral na laje e nos pilares.



Figura 34 – Subsolo em uso com vista do revestimento de regularização e sinalização.

4. CONCLUSÃO

Trabalhos de recuperação de infiltrações em subsolo requerem sistemas que tenham compatibilidade com superfície úmida. Essa é uma grande vantagem dos sistemas de cristalização que necessitam da água para a formação dos cristais. Uma visão sistêmica e o conhecimento do método executivo auxilia na identificação das vulnerabilidades da estrutura, como em juntas de concretagem, e na definição dos processos corretivos. As argamassas de cristalização são mais seguras quanto ao manuseio pois não necessitam de solvente para limpeza de equipamentos, ainda mais em áreas confinadas. A vida útil dessas estruturas é prolongada por não haver mais a percolação da água pelo concreto.

5. REFERÊNCIAS

[1] OURIVES, C.N., Crystalline Waterproofing Systems for Tunnels, code 113, World Tunnel Congress (2014).
[2] ABNT NBR 6118 : Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento (2014)
[3] Seleção de fotos, informações de obras e documentação técnica da Penetron Brasil.