

ERROS, DIAGNÓSTICOS E SOLUÇÕES DE IMPERMEABILIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

ERRORS, DIAGNOSTICS AND WATERPROFFING SOLUTIONS IN CIVIL CONSTRUCTION

Renato Moura Rodrigues¹
Antônio da Silva Sobrinho Júnior²
Evelyne Emanuelle Pereira Lima³

RESUMO

Dentro da construção civil, as patologias relacionadas a falhas nos sistemas de impermeabilização representam uma quantidade significativa nos programas de assistência técnica dos proprietários de empreendimentos. Na verdade, esse sistema é mais complexo do que apenas a definição do material a ser aplicado, uma vez que a infiltração pode atacar de várias formas podendo causar diversas não conformidades. Cada etapa é fundamental e costuma se dividir em três: regularização, impermeabilização e proteção mecânica da camada. O básico, para coibir as ocorrências, acontece a partir da compatibilização de projetos, em que o projetista deve ter em mãos os complementares existentes para analisar e prever as interferências. Já a etapa de execução deve ser acompanhada por um profissional qualificado, pois são vários detalhes executivos que precisam ser seguidos rigorosamente para garantir eficiência durante a vida útil do empreendimento. Problemas relacionados à infiltração podem ser difíceis de detectar a origem e o custo de solução por vezes se torna muito alto, além de necessitar de demolições de etapas já concluídas para investigar e refazer o serviço. Este trabalho conta com estudo de caso que analisa erros, diagnostica, apresenta propostas e justifica cada etapa do sistema de um reservatório superior. Entende-se que essa é uma das etapas mais importantes da obra, visto que uma falha pode comprometer toda a sua execução.

PALAVRAS-CHAVE: Impermeabilização. Manta asfáltica. Falhas construtivas.

ABSTRACT

Within civil construction, the pathologies related to failures in waterproofing systems represent a significant amount in the technical assistance programs of the projects owners. In fact, this system is more complex than just the definition of the material to be applied, since infiltration can attack in various ways and may cause various nonconformities. Each stage is fundamental and is usually divided into three: regularization, waterproofing and mechanical layer protection. The basic to curb the occurrences happens from the projects compatibilization, where the designer must have in hand the existing ones to analyze and predict the interferences. The execution stage must be supervised by a qualified professional, since there are several executive details that must be strictly followed to guarantee efficiency during the useful life of the enterprise. Problems related to infiltration can be difficult to detect the source and the cost of the solution sometimes becomes very high, besides the necessity of demolition in steps already completed to investigate and redo the service. This paper has a case study that analyzes errors, diagnoses, makes proposals and justifies each step of the system of a superior reservoir. It is understood that this is one of the most important stages of the work, since a failure can compromise the entire execution.

KEYWORDS: Waterproofing. Asphalt blanket. Constructive failures.

1 Graduando em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÉ). E-mail: renatomourar@gmail.com

2 Engenheiro civil, doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Docente da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e do Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÉ). E-mail: sobrinhojr@hotmail.com

3 Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Docente do Centro Universitário de João Pessoa (UNIPÉ). E-mail: evelyne.lima@unipe.br

INTRODUÇÃO

A NBR 9575/2010 define a impermeabilização como um produto resultante de um conjunto de operações e serviços, formado por uma ou mais camadas, que objetivam proteger contra ação deletéria de fluidos, umidade e vapores.

Impermeabilizar constitui um serviço especializado, dentro da construção civil, que exige experiência, visto que detalhes assumem um importante papel e mínimas falhas podem vir a comprometer todo o serviço (PICCHI, 1986).

A impermeabilização é considerada uma das mais importantes etapas da construção porque protege a edificação contra intempéries e patologias. Tais problemas têm suas origens causadas por falhas na execução, falta de prevenção e economia nos custos das obras, o que podem gerar danosas consequências ao patrimônio, como infiltrações, diminuindo significativamente a vida útil da edificação.

Uma das mais complexas manifestações patológicas na construção civil é a umidade causada pela infiltração. Esta ocorre devido à infinidade de fenômenos envolvidos e as dificuldades de correções enfrentadas podem ser apontadas como decorrência da falta de pesquisas e estudos de casos (PEREZ, 1985). Por diversas vezes, a impermeabilização das construções é apontada como ineficiente por profissionais da área. Porém, através de investigações completas e mais aprofundadas, o motivo é decorrente de falhas construtivas, por falta de conhecimentos dos profissionais (STORTE, 1989).

Desinformações sobre os materiais e técnicas de impermeabilização são responsáveis por diversos problemas que podem gerar insucesso no processo. A atenção para impermeabilização e suas patologias, nas construtoras, normalmente, são voltadas apenas no final da obra, o que pode ser tarde. Falta de previsibilidade dos detalhes e improvisação são grandes responsáveis por falhas (RIGHI, 2009).

A ausência da impermeabilização e a concentração de água em áreas molhadas em uma edificação permite o surgimento de diversos problemas e transtornos aos moradores como, por exemplo: bolores, manchas, apodrecimento, ferrugem, eflorescência, criptoflorescência, gelividade e deterioração (VERÇOZA, 1987), sem contar os gastos que são muitos maiores para implantação dos sistemas de impermeabilização após as danificações do que previamente (HOUSSEN, 2013).

As patologias decorrentes da presença da umidade podem ser manifestadas de diversas formas: por umidade da construção, gerada por evaporação dos próprios materiais empregados na construção como argamassas; por capilaridade, devido à ascensão da água do solo nas paredes, provocando manchas no local; por umidade de precipitação devido a períodos de muitas chuvas (FERREIRA, 2014); por vazamento em redes hidráulicas, de difícil identificação por estarem encobertos pela construção (VERÇOZA, 1991) e também por condensação, quando a água muda de estado físico, podendo passar umidade na estrutura (DE SOUZA, 2008).

As falhas no processo de impermeabilização podem ser divididas em quatro itens de acordo com o estudo de Martins (2006): falhas no projeto, na execução, na utilização e nos materiais. Segundo Antonelli (2002), as principais causas de falhas de impermeabilização são: fissuras nos rodapé das paredes, infiltrações nas periferias de ralos e tubulações, fissuras nas estruturas, falta efetiva de impermeabilização, perfurações na impermeabilização e proteção mecânica da mesma.

Uma maneira de encontrar e eliminar muitos problemas associados à impermeabilização é o planejamento nos primeiros estágios da construção (RIGHI, 2009). Esse planejamento é feito por meio de dois projetos: o básico, que se resume a determinar áreas a serem impermeabilizadas, sistemas utilizados e detalhamentos gerais, e o executivo que aprofunda ainda mais os sistemas de impermeabilização, detalhamentos específicos, especificação dos procedimentos executivos e compatibilização com os demais projetos da obra como estrutural, hidráulico, elétrico (BERNHOEFT, 2010).

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Identificar erros, diagnosticar e propor soluções ao caso ocorrido em sistema de impermeabilização em uma obra de construção civil da Paraíba.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar e verificar erros de projeto e de execução;
- Apresentar estudos de caso e verificá-los quanto às normatizações e falhas;
- Propor soluções na correção dos erros executivos apresentados.

METODOLOGIA

A primeira fase do projeto iniciou-se com uma ampla pesquisa teórica sobre o assunto. Esta compreendendo os materiais mais usados no mercado da construção civil, bem como seus modos de execução e as peculiaridades que devem ser observados durante o processo de aplicação do mesmo. Durante a pesquisa, relatar o comportamento da água nas infiltrações e como as patologias surgem para os usuários dos empreendimentos foram destacadas no andamento da mesma.

Essa pesquisa foi feita em livros, revistas técnicas, artigos, manuais técnicos dos fabricantes e, especialmente, em teses e dissertações de outros pesquisadores da área de impermeabilização.

Os autores também relatam casos vividos em uma obra de construção civil no litoral de João Pessoa. Retratando as falhas e o diagnóstico, este estudo feito para a solução definitiva, garantindo o sistema de impermeabilização que atende ao desempenho exigido pelo mercado da construção.

O estudo de caso retrata um sistema de impermeabilização de um reservatório superior de um empreendimento misto. Sempre acompanhados de imagens e croquis para esclarecer as ideias ao leitor. Depois das análises do caso estudado, foram elaboradas as considerações finais do assunto.

REFERENCIAL TEÓRICO

REVISÃO HISTÓRICA

Antes de contar com o desenvolvimento tecnológico dos materiais que existem à disposição da construção civil hoje, a impermeabilização era feita com materiais provenientes diretamente da natureza, normalmente sem nenhum tratamento ou garantia de funcionamento e o serviço era feito de forma empírica.

Confirmando a necessidade de impermeabilização para um desempenho adequado de determinados materiais e sistemas, tem-se uma das primeiras referências logo na Bíblia. Os relatos relacionados a essa atividade foram registrados no livro do Gênesis, capítulo 6, versículo 14. Durante a construção da arca de Noé, Deus disse: “Faze para ti uma arca da madeira de gofer; farás compartimentos na arca e a betumarás por dentro e por fora com betume.”.

O material utilizado na época é um composto conhecido como betume, segundo a NBR 7208 (1990) – *Materiais Betuminosos para Emprego em Pavimentação*. Esse é uma mistura de hidrocarbonetos que pode ter consistência sólida, líquida ou gasosa de origem natural ou manipulada. Observa-se na Figura 1 o material no estado sólido. Segundo Bauer (1999), as principais características desse material trabalhado na impermeabilização são:

- a) é um aglomerante, porém não precisa de água para fazer a “pega”;
- b) tem força adesiva e é hidrófobo, ou seja, repele a água;
- c) é sensível à temperatura, muda de estado facilmente.

O betume é uma matéria-prima presente na indústria de impermeabilizantes até hoje, podendo ser encontrado nos derivados de asfalto e alcatrões.

Continuando com os desenvolvimentos iniciais dos sistemas de impermeabilização, segundo o IBI – Instituto Brasileiro de Impermeabilização, no Brasil os primeiros testes na direção de solucionar os problemas de infiltração e prolongar a vida útil das edificações foram feitos com o óleo extraído das baleias, isso durante os séculos XVI e XIX. O fluido extraído do animal é misturado junto ao traço da argamassa, com areia, água, cal e cimento. Em seguida era utilizado no assentamento dos blocos e no revestimento das paredes.

A valorização e normatização da impermeabilização como item necessário na construção civil só ganhou força durante a obra do metrô da cidade de São Paulo, em 1968. A primeira norma da ABNT sobre o assunto foi

publicada em 1975, segundo o IBI, justamente no ano de sua fundação. Desde aquela data até hoje, essa instituição prossegue com o trabalho de normatização e divulgação da impermeabilização no país. Segundo Nakamura (2015), nessas obras subterrâneas, a exemplo da Figura 2, o sistema de impermeabilização tem função determinante no que diz respeito a vida útil da estrutura. Se feita corretamente, minimiza as intervenções de manutenção, reduzindo o transtorno aos usuários.

CARACTERÍSTICAS DAS INFILTRAÇÕES

Para diagnosticar um problema de infiltração com mais eficácia, é importante compreender o comportamento da água no decorrer desse fenômeno.

A passagem de umidade pode ocorrer por falhas no sistema hidrossanitário, durante a mudança de estado físico da água, a exemplo da condensação em reservatórios, mas segundo Cechinel *et al.* (2011) nas edificações manifestam-se principalmente na forma de:

UMIDADE POR CAPILARIDADE

Entende-se por capilaridade como o fenômeno da ascensão da água, através de uma tensão superficial, diretamente relacionada a viscosidade do líquido. Na construção civil, essa patologia ocorre devido a descontinuidade dos materiais utilizado, formando uma série de espaços vazios que são tomados pela água. Esse fenômeno normalmente ocorre nos pavimentos em contato com o solo (Cechinel *et al.*, 2011).

Segundo Barroso *et al.* (2015), a capilaridade pode atingir até a altura de um metro em relação ao piso. Frequentemente, as patologias causadas são manchas nas paredes junto ao solo, eflorescência e se houver pouca ventilação propicia ainda a existência de vegetação parasitária no local. Essas patologias podem ser verificadas nas Figuras 3 e 4.

UMIDADE DE CONSTRUÇÃO

É causada devido à falha no processo de cura de alguns revestimentos utilizados na construção civil. Em geral, o processo de secagem se dá em três etapas: secagem superficial aparente; a água contida nos poros de maior diâmetro evapora em um processo demorado e, por último, a água reprimida nos poros menores começa a liberar umidade. Esse processo pode durar anos e quando se manifestam como patologias geralmente vêm acompanhadas de um momento climático mais úmido (Cechinel *et al.*, 2011). Por exemplo: umidade que se manifesta no reboco de alvenarias.

Figura 4 – Ex. de Infiltração por Capilaridade



Fonte: Soluenge (2011)

Figura 4 – Ex. de Infiltração por Capilaridade II



Fonte: Purotex (2015)

UMIDADE DE PRECIPITAÇÃO

Nos casos de umidade por precipitação, a patologia está diretamente relacionada ao fator vento. O problema usualmente ocorre quando há combinação de chuva e vento forte na fachada. Esse fenômeno produz uma componente horizontal de força muito elevada e, com isso, as gotas podem penetrar em falhas no revestimento, rejuntamento ou fissuras mal vedadas na fachada, conforme é ilustrado na Figura 5 (Cechinel *et al.*, 2011). A precipitação ainda pode causar infiltrações nas lajes mais expostas, como coberturas, solários e reservatórios superiores, mas isso só ocorre quando acompanhado de falhas de impermeabilização.

Figura 5 - Fissura de Fachada



Fonte: Weber Saint-Gobain (2017)

UMIDADE POR PERCOLAÇÃO

Para Verçoza (1985), a umidade se manifesta pela passagem da água através de uma transmissão grão a grão, tipo uma osmose. Esse fenômeno é conhecido como percolação. Na construção civil, entende-se como a capacidade da água atravessar um meio, sendo capaz de encharcar uma parede inteira.

PATOLOGIAS RELACIONADAS À IMPERMEABILIZAÇÃO

Segundo pesquisa realizada por Ferreira (2014), em determinada construtora da cidade de Brasília, patologias relacionadas à infiltração representam cerca de 8% das solicitações na assistência técnica da empresa, conforme ilustra a Figura 6.

Figura 6 - Distribuição das formas de manifestações patológicas.

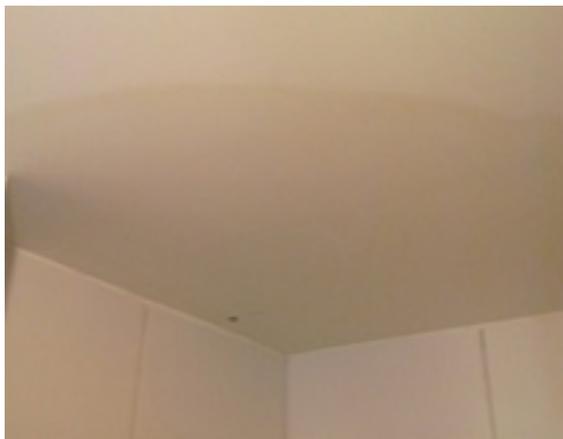


Fonte: Ferreira (2014)

As patologias relacionadas à umidade trazem um desconforto e desgaste usuário versus construtora, além de normalmente ter um elevado custo de reparo. E caso a solução correta não seja apresentada rapidamente, esse valor pode aumentar consideravelmente (PEREZ, 1985).

Esse problema pode aparecer de diversas formas, mas segundo Ferreira (2014), a manifestação vem, principalmente, através de manchas nas paredes e forro (Figura 7), destacamento de revestimento cerâmico (Figura 8), eflorescências (Figura 9), bolores de mofo, entre outras formas. Além disso, havendo infiltração por dentro da estrutura, pode implicar em corrosão do aço causando uma manifestação estrutural podendo levar até o colapso do empreendimento.

Figura 10 – Mancha no Forro devido a Infiltração



Fonte: Os autores

Figura 10 - Destacamento do Revestimento Cerâmico



Fonte: Técnica PINI (2006)

Figura 10 - Eflorescência



Fonte: Técnica PINI (2006)

Figura 10 - Bolores decorrentes de umidade



Fonte: Blog da Embraplam (2014)

TIPOS DE IMPERMEABILIZAÇÃO

A NBR 9574/2008 é a norma que rege os assuntos relacionados à execução de impermeabilização. De forma geral, essa é feita com os conceitos e fundamentos da NBR 9575 e detalha a execução de todos os tipos de impermeabilização utilizados na construção civil.

Segundo Sabbatini *et al* (2006), os principais fatores a serem considerados na escolha do tipo de impermeabilizante são: pressão hidrostática, frequência de umidade, exposição às intempéries e exposição a cargas e manutenção sobre a base. Souza e Melhado (1997) dizem que o sistema deve satisfazer diretrizes como a racionalização construtiva, facilidade de construtibilidade, compatibilização com demais projetos, custo compatível com o porte da obra e durabilidade do sistema.

Dentre as noções básicas de impermeabilização, é obrigação básica do responsável pela obra conhecer os tipos de sistema que se resumem a dois:

- a) Rígido: oriundos de cimentos poliméricos ou resinas termoplásticas. São designadas para áreas onde há pouca influência das intempéries, ou seja, banheiros, cozinhas, reservatórios enterrados e demais áreas cobertas. Geralmente, são aplicadas utilizando trincha, rolo ou broxa, sempre em demãos cruzadas. Dependendo do fabricante, pode-se utilizar, ou não, o reforço de tela de poliéster nos vértices e ralos, denominando-se impermeabilização estruturada.

- b) Flexível: são utilizados em áreas externas, onde há muita variação de temperatura e trabalhabilidade da estrutura, como cobertas, solários, piscinas e reservatórios. Normalmente, são formados por componentes asfálticos ou de base epóxi. Sua aderência costuma ser a maçarico com gás GLP, ou utilização do próprio asfalto aquecido em altas temperaturas, no caso dos ligados aos componentes asfálticos. Os de base epóxi variam de acordo com o fabricante, mas pode-se aplicar diluindo o material em solvente apropriado e ser aplicado no rolo, broxa ou trincha.

Na construção civil nacional, utiliza-se principalmente a argamassa polimérica (Figura 11) e a manta asfáltica como impermeabilizantes (Figura 12 a 13), segundo a NBR 9574.

De forma genérica, a NBR 9574 (2008), diz que o processo de impermeabilização, utilizado em edificações prediais, compreende três etapas:

- a) Atividade preliminar;
- b) Processo impermeabilizante;
- c) Proteção da impermeabilização.

Figura 11 - Aplicação de Argamassa



Fonte: Impermeabilização em Casa (2014)

Figura 12 - Manta asfáltica aderida a maçarico



Fonte: Os autores

Figura 13 - Manta asfáltica aderida a asfalto aquecido



Fonte: Os autores

A atividade preliminar compreende as atividades realizadas na preparação para os produtos impermeabilizantes. Consistem em: limpeza; contrapiso de regularização de superfície, dando declividade para o sistema de drenagem do ambiente; boleamento dos vértices com ângulo de 90° e regularização estruturas verticais (alvenaria, mureta ou pilares) - não necessariamente o reboco propriamente dito.

O processo de impermeabilização consiste na aplicação do produto. Deve-se fazer uma análise visual para verificar se a preparação está adequada, observando o tempo de cura que cada material exige, analisar o projeto executivo e por fim liberar a aplicação,

A proteção da impermeabilização é diferente para cada necessidade que deve ser alcançada. Em lajes de cobertura, por exemplo, é comum utilizar EPS (um tipo de isopor) para melhorar o conforto térmico do ambiente de baixo, visto que sofre radiação ao longo do dia. No caso de manta asfáltica, segundo a NBR 9574/2008, a proteção mecânica horizontal da impermeabilização deve ser feita sob uma camada separadora ou drenante, para que não haja uma agressão à manta. A proteção mecânica vertical deve ser acompanhada por tela de plástico ou arame galvanizado.

Todos os passos têm que ser prescritos pelo projetista especialista, inclusive quanto ao uso do material. A execução deve ser feita por profissionais qualificados. Normalmente, são empresas especializadas, garantindo mais confiabilidade no processo. Além disso, para uma execução eficaz é necessário observar detalhadamente cada um dos processos, sobretudo quanto à proteção.

FALHAS NOS SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÃO

Entende-se como processo de impermeabilização o conjunto de práticas que têm por objetivo proteger a edificação da ação indesejada da água e outras intempéries. Segundo Arantes (2007), os problemas normalmente são causados por falta de projeto executivo e falta de conhecimento do profissional responsável pela obra.

Na busca por uma proteção eficiente, é necessário que o especialista em impermeabilização esteja de posse do projeto arquitetônico e hidrossanitário, principalmente, para que possa fazer o estudo preliminar e determinar as áreas que devem receber o devido tratamento. Deve-se detalhar o processo em todas as situações e ambientes previstos pelos complementares, sempre especificando o material adequado e apresentando os detalhes necessários para execução correta do procedimento.

Destaca-se a importância de um especialista em impermeabilização para detalhar como será feito o sistema que protege a edificação da umidade, se na etapa de projeto já houver não conformidades o resultado final também não será totalmente eficiente.

A norma elaborada para orientar os projetos de impermeabilização é a NBR 9575. Nessa, são estabelecidas as exigências e recomendações pertinentes para elaboração de um projeto de impermeabilização que atenda aos requisitos mínimos de proteção da edificação, proporcionando conforto e segurança ao usuário.

A NBR 9575/2010 prescreve que a impermeabilização deve: evitar a passagem dos fluidos nas partes que requeiram estanqueidade na construção, podendo ser integrados ou não; proteger os elementos que estejam expostos as intempéries da ação de agentes agressivos; zelar o meio ambiente das substâncias contaminantes dos sistemas de impermeabilização.

Essa Norma ainda exige que os projetos contendam: estudo preliminar (com quantificação de áreas e detalhamento de materiais); projeto básico (com todas as áreas e seus respectivos sistemas, orçamento, estudo de desempenho) e projeto executivo (plantas de localização, todos os detalhes de serviços, específicos ou não, memorial descritivo de execução e materiais); e de forma complementar ainda devem conter diretrizes para o manual de uso e operação e também uma metodologia para inspeção.

O especialista em impermeabilização muitas vezes não está presente na equipe multidisciplinar dos projetistas, isso potencializa as chances de ocorrerem problemas dessa natureza. Além da falta deste profissional, se os projetos não forem bem compatibilizados podem implicar em falhas, retrabalho, danos estéticos e gastos desnecessários, e o desgaste na relação do usuário com a construtora (BERNHOEFT e MELHADO 2010).

Uma pesquisa realizada pelos mesmos autores, no período de 2000 a 2004, com 25 empreendimentos verticais na região metropolitana de Recife, de responsabilidade de 20 construtoras de alto, médio e baixo padrão, todas tiveram problemas pós-obra com infiltrações e em nenhuma havia projeto de impermeabilização. Ou seja, percebe-se a não preocupação prévia com o assunto, implicando em muitas falhas a médio e longo prazo.

Segundo Vanni (1999) as principais falhas ocasionadas por projetos, são:

- a) Projetos incompletos;
- b) Incompatibilidade dos diversos projetos;
- c) Alterações nos projetos;

- d) Conflitos entre os distintos projetos;
- e) Falta de coordenação;
- f) Tempo perdido em reuniões mal conduzidas;
- g) Erros na especificação de materiais;
- h) Falta de detalhamento;
- i) Dificuldades de interpretação da representação gráfica;
- j) Planejamento inadequado;
- k) Falta de padronização.

Verifica-se uma vasta quantidade de falhas que podem prejudicar a interpretação de um projeto, principalmente no que diz respeito à impermeabilização, pois esse projetista depende de outros profissionais para garantir eficiência do seu trabalho, conforme mostra na Tabela 3.

As falhas executivas ocorrem geralmente por falta de conhecimento do profissional qualificado para acompanhar a atividade. Na etapa de regularização, por vezes, a NBR 9575 e NBR 9574 não são seguidas e encontram-se facilmente pisos com caimento inadequado, não homogeneidade do revestimento de argamassa.

Após a aplicação do produto, a norma recomenda realização do teste de estanqueidade da região, fazendo barreiras para a água não ultrapassar a área impermeabilizada e protegendo os ralos para que fiquem vedados. Esse teste deve ser realizado após a cura total do sistema de impermeabilização e deve durar de 48h a 72h dependendo da região, material e condições climáticas. A NBR 9574 recomenda ainda isolamento total da área até a conclusão da proteção mecânica do sistema. Todo esse procedimento por vezes não é obedecido na obra, podendo ocasionar perfurações e falhas no sistema de impermeabilização.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para complementar e discutir os assuntos abordados no referencial teórico será exposto um caso prático envolvendo falhas e soluções ligadas à impermeabilização de obras de construção civil.

Os reservatórios de água são itens obrigatórios quando se fala de impermeabilização. Essa atividade deve ser executada por profissionais habilitados e fiscalizada de perto pelo profissional responsável pelo assunto. O estudo de caso trata da impermeabilização de um reservatório superior de duas câmaras, em um prédio misto de alto padrão, localizado no bairro de Tambaú, em João Pessoa/PB. Para ilustrar, tem-se a Figura 14 que se refere ao barrilete do reservatório. E deve suprir a necessidade de 169 unidades, sendo 130 residências e 39 lojas em um empresarial. Dividido em duas câmaras, o reservatório tem capacidade de 40m³ de água.

Para o empreendimento foi encomendado um projeto de impermeabilização, desenvolvido a partir do arquitetônico, hidrossanitário, estrutural, combate a incêndio e SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas). Antes de qualquer serviço de impermeabilização, o reservatório foi carregado totalmente para teste da estrutura e não foi detectada nenhuma fissura ou problema estrutural no mesmo.

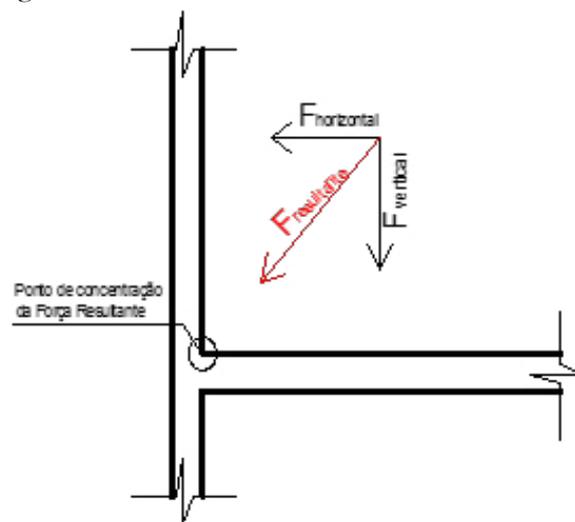
Para o caso em discussão, o projetista designou que no reservatório superior da edificação o procedimento seria: regularização, impermeabilização com cimento polimérico e resina termoplástica estruturada. No momento da execução do serviço, detectou-se a ausência de mísulas horizontais na estrutura de concreto do reservatório. Tem-se que a pressão da água pode ser entendida com uma grandeza vetorial, e a ausência da mísula poderia provocar uma concentração de pressão nos vértices do reservatório podendo fissurar ou até romper a camada impermeabilizante. Pode-se verificar o esquema na Figura 15.

Figura 14 - Barrilete Estudo de Caso



Fonte: Os autores

Figura 15 - Detalhe vértice reservatório



Fonte: Os autores

Foi discutido com o projetista que a solução mais adequada a ser adotada seria a mudança do sistema de impermeabilização, adotando a manta asfáltica de 4mm, aderida a maçarico para garantir a estanqueidade do reservatório. Embora a mísula tenha sido feita posteriormente, no momento do boejamento da aresta entre o piso e a parede, ainda optou-se pela alteração do sistema.

Inicialmente foi executado o lixamento das paredes de concreto, junto com a regularização horizontal do piso do reservatório e o boejamento das arestas entre o piso e a parede, atentando quanto a limpeza do ambiente para garantir a durabilidade desejada do sistema.

Com a etapa preliminar concluída, dá-se início a aplicação do primer asfáltico para melhorar a aderência da manta no contra piso de regularização e nas paredes de concreto. Toda tubulação hidráulica e de incêndio foi instalada no momento da concretagem da estrutura, competia à manta asfáltica o arremate em todos os tubos, esses de ferro galvanizado pintados com tinta esmalte de cor vermelha, conforme opção da construtora (Figura 16).

Figura 16 - Detalhe processo de impermeabilização



Fonte: Os autores

Figura 17 - Infiltração pelo Tubo



Fonte: Os autores

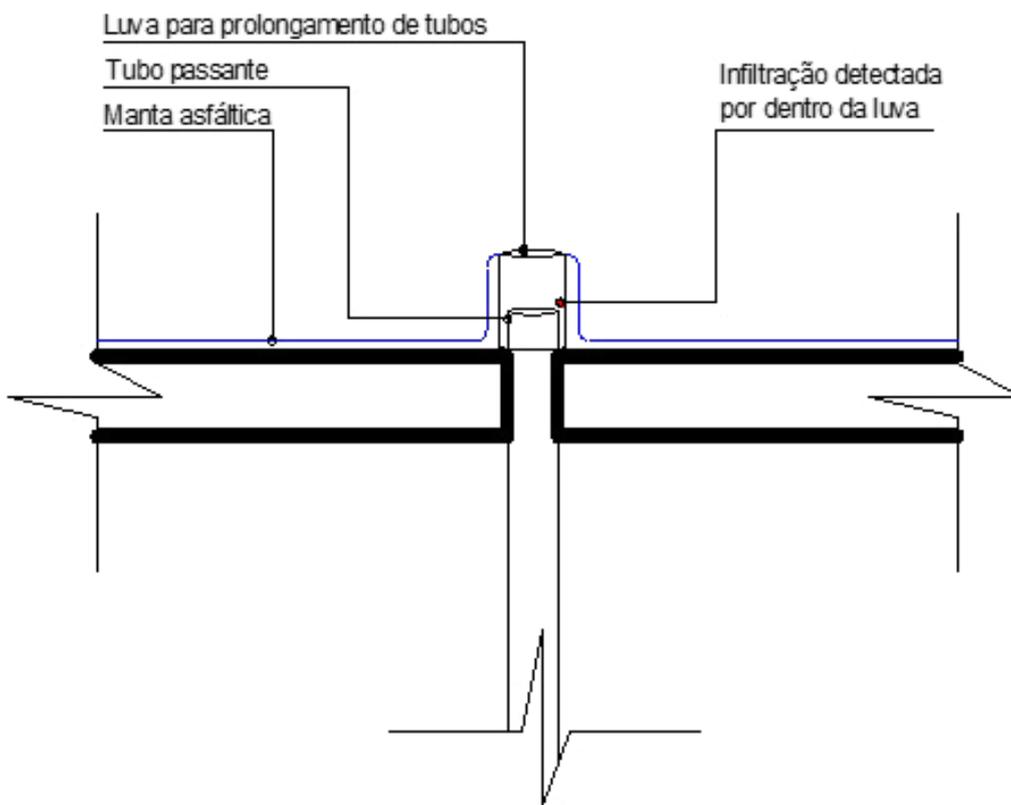
É imprescindível destacar o grau de dificuldade de execução deste serviço pois, além de ser um trabalho considerado em altura pela NR 35 (acesso requer torre de andaimes), o reservatório é um espaço confinado, com apenas um alçapão de entrada e saída da câmara. É fundamental o acompanhamento do responsável pela segurança de trabalho da obra e o cumprimento de todas as exigências previstas em norma, como a presença de um vigia, medição periódica dos gases ali contidos, uso obrigatório do cinto de segurança, máscara e luva.

Da esquerda para direita, na figura 16, tem-se a tubulação para limpeza do reservatório, três tubos para o abastecimento do empreendimento (ainda em ponto de espera, com luva, para o prolongamento definitivo da tubulação) e por fim o tubo de incêndio, com tubulação provisória em vermelho.

Concluída a execução da impermeabilização, realizou-se teste de estanqueidade da camada na qual o enchimento foi feito em duas etapas até chegar à carga total do reservatório. Diariamente, a verificação foi feita e ,após duas semanas, detectou-se uma umidade crescente junto aos tubos passantes ao barrilete, caracterizando falha no sistema de impermeabilização, conforme ilustrado pela Figura 17. Para correção do problema foi feita a drenagem de toda a água para que a inspeção fosse realizada e a origem da falha fosse encontrada.

Durante a nova inspeção, foram detectadas falhas junto aos arremates de manta na tubulação. Essas falhas decorrem do tubo não ter atingido altura suficiente e a luva de união, para prolongar a tubulação, ter ficado muito rente ao piso. Constatou-se que o calor do maçarico, no processo de aderência da manta, danificava a cola entre a luva e o tubo passante, fazendo com que a infiltração ocorresse por debaixo da camada impermeabilizante, conforme demonstrado na Figura 18.

Figura 18 - Detalhe Infiltração



Fonte: Os autores

O procedimento de reparo iniciou-se com o corte da manta e rebaixamento da regularização do piso na região onde há passagem de tubulação, fazendo algo similar a uma vala, conforme pode ser observado nas Figuras 19 e 20. Após o rebaixo, foi necessário fazer uma regularização para planear a área que receberia o reparo da manta.

Figura 19 - Detalhe Reparo



Fonte: Os autores

Figura 20 - Detalhe Luva

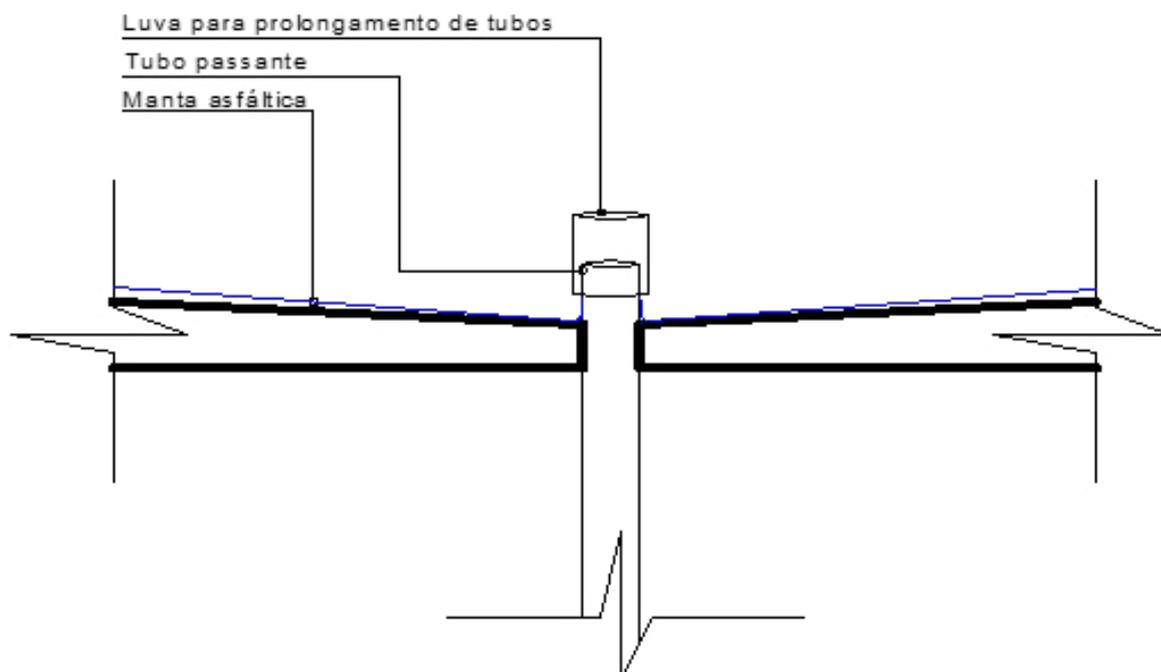


Fonte: Os autores

O lixamento do tubo também foi realizado, tendo como objetivo retirar resquícios de tinta e melhorar a aderência com a manta.

Depois da cura da argamassa de regularização, o primer foi aplicado e, após 24h, um novo acabamento de manta foi realizado. Esse fazendo o arremate na parte inferior da luva, ou seja, mesmo que houvesse infiltração por dentro da luva, não haveria vazamento para a camada de regularização, isso pelo fato da luva ficar totalmente externa a manta asfáltica. A resolução pode ser verificada nas Figuras 21 e 22.

Figura 21 - Detalhe Reparo II



Fonte: Os autores

Figura 22 – Detalhe Reparo Aprovado



Fonte: Os autores

Ainda para assegurar a eficácia do sistema, junto às luvas foi aplicado um produto a base de resina epóxi sobre a manta, garantindo a aderência definitiva.

O teste de estanqueidade foi refeito da mesma forma do primeiro momento, em duas partes, até chegar a carga total do reservatório. Inicialmente a umidade ainda era percebida nas tubulações, mas ao fim dos 15 dias de teste, a tubulação já estava completamente seca, atestando a eficácia do sistema de impermeabilização. Essa umidade inicial vinha da regularização encharcada do primeiro teste e, com o carregamento total do reservatório, o peso expulsou o restante da água infiltrada.

Depois da aprovação do sistema, a drenagem foi realizada para a execução da proteção mecânica horizontal, obrigatória pela NBR 9575, tendo em vista possíveis acessos para manutenções e limpeza da caixa d'água. Já a proteção vertical é opcional e não foi realizada.

A proteção mecânica horizontal de um reservatório permanece submersa durante praticamente toda sua

vida útil, por isso tem-se um cuidado especial para evitar fissuras e destacamento de pedaços de argamassa. No caso em estudo, a sequência pós-manta foi a seguinte:

- a) Camada separadora: obrigatória para proteção horizontal, essa tem por função manter a manta isolada e protegida das demais camadas (Figura 23);
- b) Contrapiso hidrofugado: uma primeira camada de contrapiso é compactada na área;
- c) Tela de “pinteiro”: tela de pvc (Figura 23) colocada sobre a primeira camada de contrapiso dando mais resistência aos esforços solicitados pelo peso da água;
- d) Contrapiso hidrofugado: segunda camada, assegurando altura mínima de 3cm, com caimento de 1% de inclinação para o tubo de drenagem do reservatório;
- e) Argamassa Polimérica: três demãos de impermeabilizante a base de cimento polimérico, para evitar que ocorra penetração da água no contrapiso, prolongando seu desempenho em sua vida útil.

Figura 23 - Detalhe da proteção mecânica horizontal



Fonte: Os autores

Ainda sobre o reservatório, o fundo da laje de tampo foi impermeabilizado com argamassa polimérica, para combater a infiltração por evaporação da água confinada, livrando a estrutura de patologias devido a corrosão da armadura.

Comprovando a importância de uma boa compatibilização de projetos, na laje de tampo do reservatório são previstos perfurações para fixar elementos como para-raio e antenas de televisão. Para o caso em estudo, as bases foram previstas antecipadamente, fazendo os furos de ancoragem já com arremates da manta. Dessa forma, previne-se a danificação da camada impermeabilizante, prolongando a vida útil da estrutura e banindo as patologias, conforme visto na Figura 24.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram apresentadas várias falhas que comumente causam patologias nas edificações. Essas normalmente ocorrem por pequenos erros que podem acontecer, desde o detalhamento do projeto (ou simplesmente falta dele), até à execução e proteção da camada impermeabilizante.

É fundamental que o responsável pela obra tenha conhecimento básico sobre o assunto, podendo reconhecer uma falha e agir prontamente para evitar um problema mais grave. A falta de conhecimento sobre o assunto é um dos fatores que mais provocam falhas nos sistemas de impermeabilização. Recomenda-se que um projetista de impermeabilização especializado realize acompanhamentos periódicos na obra para coibir falhas e esclareça desentendimentos na leitura do projeto.

Para a execução, orienta-se que seja feito um acompanhamento rigoroso e próximo à atividade. Foi visto que nessa etapa qualquer detalhe pode ocasionar uma falha, valendo o ditado popular que diz: *99% de uma impermeabilização bem feita, implica em 100% de chance de falha.*

As recomendações ao usuário final, acerca dos sistemas de impermeabilização de seu empreendimento, devem ser passadas de forma clara para que se possa inspecionar e detectar falhas a tempo de acionar a equipe de manutenção da construtora, ou empresas terceirizadas especializadas no assunto.

Como em qualquer componente de um empreendimento, a impermeabilização requer manutenção periódica e quando esta ocorre preventivamente gera uma economia maior e costuma aumentar a vida útil do sistema de impermeabilização. Se a ação for corretiva já pode acompanhar uma patologia mais grave e um elevado custo para resolução da mesma. Como foi visto no caso III, a falha no sistema de manta implicou em demolições, correções na camada, correção na proteção, no sistema de águas pluviais além das correções no apartamento de baixo, ou seja, retrabalho.

Isto posto, conclui-se que há patologias ligadas à impermeabilização em obras de nossa região, mas com o aparato tecnológico dos materiais que se encontram à disposição no mercado hoje, é totalmente injustificável que ocorram tantas falhas. Diante do exposto, compreende-se que, para o sistema funcionar corretamente, o projeto tem que ter sido desenvolvido adequadamente, a execução bem acompanhada e o cliente esteja ciente daquilo que está adquirindo.

REFERÊNCIAS

ABNR/NBR 9574: **Impermeabilização - Execução**. Rio de Janeiro, 2008.

ABNR/NBR 9575: **Impermeabilização - Seleção e Projeto**. Rio de Janeiro, 2010.

ABNT/NBR 7208/1990; **Materiais Betuminosos para Emprego em Pavimentação**. Rio de Janeiro: ABNT.

ANTONELLI, G.R.; CARASEK, H.; CASCUDO O. **Levantamento das manifestações patológicas de lajes impermeabilizadas em edifícios habitados de Goiânia-GO**. IX Encontro Nacional do Ambiente Construído. Foz do Iguaçu. 2002.

BARROSO, Gustavo Ferreira et al. **SISTEMAS DE IMPERMEABILIZAÇÕES (ÊNFASE EM MANTA ASFÁLTICA)**. Revista de Iniciação Científica da Universidade Vale do Rio Verde, v. 5, n. 1, 2015.

BAUER, L.A.F.; **Materiais de Construção 2**. LTC (Livros Técnicos e Científicos). 1999.V. 2 – 5ª edição.

BERNHOEFT, Luiz Fernando; MELHADO, Silvio B. **A importância da presença de especialista em impermeabilização na equipe multi disciplinar de projetos para durabilidade das edificações**.

CECHINEL, Bruna Moro et al. **Infiltração em alvenaria-Estudo de caso em edifício na Grande Florianópolis**. Caderno de Publicações Acadêmicas, v. 1, n. 1, p. 16, 2011.

CORTIZO, Eduardo Cabaleiro. **Avaliação da técnica de termografia infravermelha para identificação de estruturas ocultas e diagnóstico de anomalias em edificações: ênfase em edificações do patrimônio histórico**. s. L.: s. Ed.: 2007.

DE SOUZA, Marcos Ferreira. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. 2008.

FERREIRA, Ana Paula Batista. **Análise de infiltrações em serviços de pós-obra utilizando a termografia de infravermelho**. 2014.

HUSSEIN, Jasmim Sadika Mohamed. **Levantamento de patologias causadas por infiltrações devido à falha ou ausência de impermeabilização em construções residenciais na cidade de Campo Mourão-PR**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

MARTINS, J.G. **Impermeabilizações: Condições técnicas de Execução**. Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2006

NAKAMURA, Juliana. **Infraestrutura Urbana**. Pini. 2015. Acesso em 18/03/2017. Disponível em <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/47/saiba-qu.aspx>

PEREZ, Ary Rodrigo. **Umidade nas Edificações: recomendações para a prevenção de penetração de água pelas fachadas**. Tecnologia de Edificações, São Paulo. Pini, IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT, p. 571-78, 1988.

PICCHI, Flavio Augusto. **Impermeabilização de coberturas**. PINI: Instituto Brasileiro de Impermeabilização, 1986.

RIGHI, Geovane Venturini. **Estudos dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções-análise de casos**. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Engenharia Civil.

SABBATINI et al. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica da USP. **Impermeabilização: sistema e execução**. São Paulo, 2006. Disponível em <http://pcc2436.pcc.usp.br>. Acesso em 16/04/2017.

SOBRINHO, Junior et al. **Guia para elaboração do manual de uso, operação e manutenção das edificações**. SINDUSCOM. 2015

SOUZA, J.C.S.; MELHADO, S.B. **Diretrizes para uma metodologia de projeto de impermeabilização de pisos do pavimento tipo de edifícios**. In: Congresso Latino-Americano Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Soluções para o Terceiro Milênio, 1998. São Paulo.

STORTE, Marcos. **Impermeabilização-Prevenção e proteção**. 2º Encontro Regional de Impermeabilização de Minas Gerais - MG, FUMEC, 1989.

VANNI, Claudia Maria Kattah. **Análise de falhas aplicada à compatibilidade de projetos na construção de edifícios**. 1999

VERÇOZA, Enio José. **Impermeabilização na Construção**. Porto Alegre: Sagra, 1985.

Enviado em: 14/07/2016.

Aceito em: 06/10/2016.