



## Análise das Manifestações Patológicas e Custo de Impermeabilização – Estudo de caso em torre de resfriamento

### *Analysis of Pathological Manifestations and Waterproofing Cost – Case study in cooling tower*

NUNES, Jucelino Silva<sup>1</sup>; STOLZ, Carina Mariane<sup>2</sup>; AMARIO, Mayara<sup>3</sup>  
 jucelino100@hotmail.com<sup>1</sup>; carinastolz@poli.ufrj.br<sup>2</sup>; mayara\_amaro@poli.ufrj.br.

<sup>1</sup> Especialista em Planejamento, Gestão e Controle de Obras Civis.

<sup>2</sup> D.Sc. em Engenharia Civil, Professora do Departamento de Construção Civil, Escola Politécnica, UFRJ

<sup>3</sup> D.Sc. em Engenharia Civil, Professora do Departamento de Construção Civil, Escola Politécnica, UFRJ

#### Informações do Artigo

Palavras-chave:  
 Impermeabilização;  
 Manifestação Patológicas;  
 Torre de Resfriamento.

Key words:  
 Waterproofing;  
 Pathological  
 manifestations;  
 Cooling tower.

#### Resumo:

Os sistemas de impermeabilização cumprem papel de extrema importância no adequado desempenho das edificações, o qual está diretamente relacionado com a execução de projeto, a escolha dos materiais e sua correta execução. Neste sentido, o presente estudo foi realizado através da análise da impermeabilização de um reservatório em uma torre de resfriamento, a qual apresentou falha de estanqueidade e consequente vazamento. Foi realizado o levantamento das manifestações patológicas, suas causas e proposto um novo sistema para impermeabilizar adequadamente a estrutura. Além disso, realizou-se uma análise comparativa de custos do sistema ineficiente de argamassa com aditivo hidrófugo e do sistema proposto de argamassa polimérica. Os resultados mostraram que impermeabilização apresentou fissuras consequências de fissuras da base em zonas de junta de concretagem, juntamente com eflorescência e sujidade. Ainda, a execução inadequada do sistema de impermeabilização do reservatório acarretou um prejuízo de 40% do valor desembolsado para executar um sistema de impermeabilização adequado ao reservatório.

#### Abstract

Waterproofing systems play an extremely important role in the adequate performance of the buildings, which is directly related to the execution of the project, the choice of materials and their correct execution. In this sense, the present study was carried out through the analysis of the waterproofing of a reservoir in a cooling tower, which presented a leakage failure and consequent leakage. A survey the pathological manifestations, their causes was carried out and a new system was proposed to adequately waterproof the structure. furthermore, a comparative analysis of the costs of the inefficient mortar system with waterproof additive and the proposed polymeric mortar system was carried out. The results showed that the waterproofing presented cracks resulting from cracks in the base in areas of the concrete joint, along with efflorescence and dirt. Furthermore, the inadequate execution of the reservoir's waterproofing system resulted in a loss of 40% of the amount disbursed to execute an adequate waterproofing system for the reservoir.

## 1. Introdução

A impermeabilização é uma técnica construtiva utilizada desde os primórdios. Os homens primitivos já tinham a necessidade de proteger as cavernas da umidade advinda do solo [1].

Os sistemas impermeabilizantes são importantes e indispensáveis, pois são responsáveis pela proteção e estanqueidade das construções, e a sua falta acarreta inúmeras manifestações patológicas, que por vezes podem se tornar irreversíveis. Tais manifestações patológicas são suscetíveis a maiores agravantes quando localizadas em locais de difícil acesso, portanto, o mais indicado é a realização de inspeções periódicas para a avaliação das estruturas impermeabilizadas [1].

A correção das manifestações patológicas decorrentes de uma impermeabilização ineficiente resulta em altos custos, passíveis de intervenções construtivas mais complexas de serem executadas após a obra pronta. Isso ocorre porque a habitação ou equipamento com problemas já estará em uso, o que resultará em estresse e prejuízos financeiros [2].

Além das edificações, várias indústrias se utilizam da impermeabilização para viabilizar o armazenamento de fluidos necessários aos seus processos produtivos. As torres de resfriamento de água são um exemplo dessas estruturas, as quais são utilizadas nas indústrias para resfriar a água dos equipamentos e dependendo do tamanho e modelo, podem ser executadas em estrutura de concreto armado, as quais devem receber impermeabilização adequada para garantir sua estanqueidade [3].

Neste contexto, o objetivo desse trabalho é apresentar as manifestações patológicas identificadas em uma torre de resfriamento executada de concreto armado, comparando os custos do sistema de impermeabilização inicialmente empregado em sua execução, com um sistema de impermeabilização diferente, aplicado com técnicas construtivas adequadas para garantir a estanqueidade do

sistema, evitando o surgimento de manifestações patológicas.

## 2. Impermeabilização

O sistema de impermeabilização em uma edificação tem por objetivo proteger as edificações das ações danosas da água, da umidade e dos vapores presentes no ambiente [4]. De acordo com a norma brasileira NBR 9575 [5], a impermeabilização pode ser definida como os serviços que visam proteger as estruturas contra a ação deletéria dos fluidos e da umidade.

Outra norma brasileira que aborda o tema é a norma de Desempenho de Edificações Habitacionais, NBR 15575-1 [6], que tem o papel de definir critérios de desempenho de edificações, de modo a prever sua vida útil, com ênfase ao atendimento ao usuário, dando enfoque não só em condições estruturais, mas também na habitabilidade e sustentabilidade, incluindo a estanqueidade à água [7]. Apesar da referida norma ser destinada a edificações habitacionais, ela pode servir como referência para outras construções civis que não possuem normativas específicas.

Quanto aos critérios de estanqueidade para a durabilidade das estruturas de concreto, a NBR 6118 [8] relaciona: drenagem, cobrimento, classe de agressividade ambiental, qualidade no cobrimento, controle de fissuração, manutenção e detalhamento das armaduras [8].

Um dos critérios para a estanqueidade das estruturas é a execução da impermeabilização. O projeto de impermeabilização deve elaborar, analisar, planificar, detalhar, discriminar e adotar todas as técnicas, com o objetivo do bom desempenho da impermeabilização, compatibilizando-a com a concepção da edificação [9].

Os projetos devem ser confeccionados juntamente com os outros projetos que envolvem a concepção de uma construção, levando em consideração as áreas com maiores riscos para a estrutura. A falta de um

projeto de impermeabilização bem detalhado, implica em uma série de problemas futuros [10], podendo-se citar a corrosão das armaduras, a eflorescência, a degradação do concreto e da argamassa e em ambientes internos ou externos com pintura pode ocorrer empolamento e bolhas nas tintas [9].

No entanto, só um projeto bem elaborado não é garantia de uma boa execução, é preciso levar em consideração a necessidade de se ter uma mão de obra especializada, um estudo do substrato onde será feita a impermeabilização, efeitos arquitetônicos e os materiais que serão utilizados [11].

A escolha da impermeabilização a ser utilizada baseia-se em algumas diretrizes, como atender os requisitos de desempenho, possuir máxima racionalização construtiva e construtibilidade, se adequar aos demais componentes da edificação e ter um custo compatível com o empreendimento [12].

A NBR 9575 [5] mostra de maneira geral as soluções a serem adotadas de acordo com a atuação da água e da movimentação da estrutura, como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1: Tipos de impermeabilização

| Situação                    | Ação dos agentes                                              | Soluções                                                   |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Atuação da água             | Percolação                                                    | Impermeabilização Rígida                                   |
|                             | Água sob pressão hidrostática                                 | Impermeabilização Rígida<br>Impermeabilização semiflexível |
|                             | Umidade do solo                                               | Impermeabilização Rígida                                   |
| Comportamento dos elementos | Sujeitos às fissuras e trincas / sujeitos a esforços externos | Impermeabilização Flexível                                 |

Fonte: adaptado de NBR 9575 [5]

Conforme pode ser observado na Tabela 1, a escolha dos sistemas está diretamente relacionada à atuação da água sobre a estrutura e seu comportamento quanto as

movimentações impostas pelo ambiente de exposição e o uso.

## 2.1 Classificação dos sistemas de Impermeabilização

Os sistemas de impermeabilização podem ser classificados de várias maneiras. Na prática, tais classificações permitem compreender as diferenças entre cada sistema, podendo ser agrupados da seguinte forma: quanto à flexibilidade, quanto à aderência ao substrato, quanto ao material e quanto à metodologia de aplicação [13].

Quanto a flexibilidade, as impermeabilizações podem ser classificadas em rígidas e flexíveis. Nas rígidas o sistema se comporta como um elemento único, movimentando-se em conjunto e não absorvendo grandes movimentações. Nas flexíveis, os materiais apresentam características de flexibilidade compatíveis e aplicadas às partes construtivas sujeitas a movimentações [5].

Como exemplos de materiais para impermeabilização rígida, podem ser citadas as argamassas poliméricas, utilizadas em reservatórios enterrados e piscinas, as argamassas impermeáveis com aditivo hidrófugo, que são utilizadas em baldrame, pisos em contato com o solo e argamassa de assentamento. Já na impermeabilização flexível, os principais materiais são asfaltos moldados a quente ou a frio, utilizadas em cozinhas, lajes de coberturas e outros, membrana de poliuretano, utilizada principalmente em lajes e áreas molháveis, membrana de poliureia, usada em pisos industriais e revestimentos internos de tanques de tratamento de água e efluentes, membrana acrílica utilizada em coberturas inclinadas, abóbadas e resina termoplástica usadas em reservatórios de água potável e piscinas, e a resina epóxi, utilizada em tanques de armazenamento de produtos químicos [14].

Há ainda a possibilidade de classificar o sistema como semiflexível, quando apresenta baixo módulo de elasticidade, tendo a capacidade de absorção de fissuras com até 3

mm, sendo elas: Pinturas de base epóxi flexibilizadas e as membranas de argamassa polimérica semiflexível [13].

### **3. Manifestações patológicas em estruturas de concreto**

A patologia das construções é a ciência que estuda de forma organizada os defeitos que surgem nos materiais usados nas construções como um todo, investigando os motivos que levaram os surgimentos dos problemas, a evolução do processo patológico e as consequências geradas pela manifestação patológica [17].

Nas estruturas de concreto, as manifestações patológicas podem ter sua origem nas diferentes fases da obra, desde por falhas do projeto, especificações inadequadas, mão de obra não qualificada, tempo para execução do serviço não respeitado, falha na cura do concreto, entre outros [18]. Ainda, podem surgir por dois grupos diferentes de problemas, o primeiro é através da infiltração da água, por falha ou total ausência da impermeabilização, e o segundo grupo são as manifestações que surgem por falhas no processo construtivo, podendo provocar falhas ou danos nas impermeabilizações [19].

Nesta perspectiva, complementa-se que os principais fatores por erro na execução do projeto a serem considerados, que podem vir a gerar falhas, como fissuras, que comprometem a estanqueidade estão relacionados a negligência quanto as condições de equilíbrio da estática, as deformações das próprias peças estruturais e suas uniões, erros nas disposições das armaduras e informações dos materiais a serem empregados na estrutura, bem como, a forma de realizar seu controle [20].

No que tange a falha humana, observa-se que as principais causas estão atreladas ao recebimento e armazenamento inadequado de materiais, que podem vir a comprometer a qualidade final do concreto, material inadequado utilizado como fôrmas, que absorvem muita água do concreto; escoramento de forma aleatória, sem projeto

adequado de ancoragem, deficiência nas locações e disposições das armaduras, muitas vezes sem a utilização de espaçadores, concretagem deficiente, sem adensamento apropriado, ausência de cura adequada do concreto e desforma de maneira aleatória, muitas vezes sem seguir as boas práticas construtivas [21].

As manifestações patológicas nestas estruturas tendem a ter padrões característicos, podendo ser investigados os sintomas, mecanismos, causas, origens, e através disso, as possíveis consequências e a evolução podem ser estimadas [19].

As principais causas das anomalias que ocorrem nas estruturas de concreto armado são provenientes da corrosão de armaduras, eflorescências, fissuração, carbonatação, degradação da camada superficial do concreto, além de presença bolor e umidade [21].

O processo de corrosão dependerá tanto do meio em que o concreto armado se encontra como das propriedades do próprio concreto. A corrosão do concreto pode ser classificada em três tipos, corrosão por lixiviação, corrosão química por reação iônica e corrosão por expansão [22]. Entre os diversos tipos de reações do processo de oxirredução, a corrosão das armaduras do concreto é resultante de um processo eletroquímico, onde a superfície do aço corroído se comporta como eletrodo composto por ânodo e cátodo conectados eletricamente pelo corpo do aço, gerado pela diferença de potencial elétrico entre dois pontos de reações [23].

Um dos processos mais comuns quando se trata de manifestações patológicas no concreto armado de reservatórios, é o surgimento de fissuras estruturais ocasionadas devido à pressão da água. Além disso, quando a água entra em contato com os componentes do concreto, inicia-se lixiviação, dando início a uma corrosão eletroquímica. Devido a isso, impermeabilização precisa ser bem executada, para que resista a pressão da água e não ocorra o processo químico [24].

Em observância ao padrão da causa dessa manifestação patológica, ela ocorre em prol ao alívio nas tensões do material, assim, quanto maior for a restrição imposta ao movimento dos materiais e, quanto mais frágeis eles forem, maior será a magnitude e intensidade da fissuração [25].

Na maioria dos estudos já realizados, a formação de fissuras está diretamente ligada a situações externas e internas. As externas compõem as fissuras ocasionadas por movimentação térmicas, higroscópicas, sobrecargas, deformações de elementos de concreto armado e recalques diferenciais; as internas estão ligadas à retração dos produtos à base de cimento e às alterações químicas dos materiais de construção [25].

As anomalias por fissuração podem ainda ser subdivididas em ativas ou passivas. As ativas são aquelas que apresentam variação de abertura e comprimento, onde, quando não tratadas, promovem risco a ruptura da estrutura. As fissuras passivas, representam fissuras estabilizadas, onde o fator de origem foi eliminado naturalmente e, que geralmente são ocasionadas por fissuras de retração plástica [26]. Na Tabela 2 são apresentadas algumas causas para o aparecimento de fissuras em estruturas de concreto e sua classificação quando a movimentação.

Tabela 2: Tipos de fissuras e sua classificação

| <i>FISSURA</i>          | <i>CLASSIFICAÇÃO</i> |
|-------------------------|----------------------|
| Variação térmica        | Ativa/Passiva        |
| Retração por secagem    | Ativa                |
| Cargas dinâmicas        | Ativa                |
| Corrosão                | Ativa                |
| Assentamento Plástico   | Passiva              |
| Dessecação Superficial  | Passiva              |
| Retração Química        | Passiva              |
| Movimentação das Formas | Passiva              |
| Sobrecargas             | Passiva              |

Fonte: Figueiredo [28]

A classificação das fissuras em ativas ou passivas ocorre mediante a identificação da origem, as fissuras causadas por esforços

dinâmicos serão consideradas ativas, como por exemplo fissuras em vigas de uma ponte, já as que são devido à sobrecarga na estrutura, que tende a se estabilizar com o tempo, será classificada assim como passiva [26].

A fissuração na impermeabilização, em geral, não possui uma fácil reparação, sendo assim, qualquer problema neste sentido pode levar à perda da sua eficiência, e neste caso, pode exigir que toda a impermeabilização seja substituída [22].

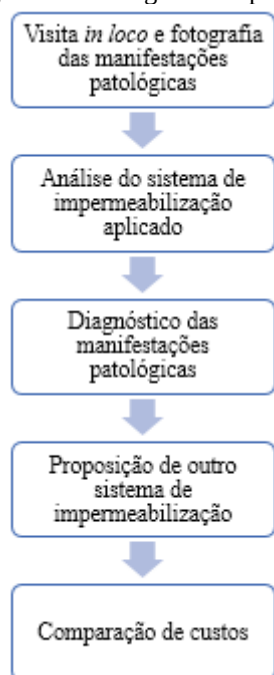
Desse modo, demonstra-se o quão prejudicial e caro é a falta de um projeto em que se contempla todas as fases de preparação. As manifestações patológicas são a exemplificação clara disso, uma obra mal-acabada está constantemente suscetível a esses tipos de danos. O estudo de caso na torre de resfriamento de água dará o norte prático para confirmação desse viés problemático, demonstrando os custos de elaboração e custos de correção da obra.

O presente trabalho, por meio de um estudo de caso, apresenta as manifestações patológicas de uma torre de resfriamento de água e realiza uma comparação entre os custos com a impermeabilização usando argamassa com aditivo hidrófugo e argamassa polimérica flexível.

#### 4. Metodologia

Após a realização de pesquisas bibliográficas para embasar as definições discussões dos resultados, este item apresenta problemas devido a impermeabilização incorreta de uma torre de resfriamento. A pesquisa foi conduzida, conforme apresentado no fluxograma da Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma da pesquisa



Fonte: Autor

Inicialmente, foi realizada uma visita a torre de resfriamento, objeto de estudo, para avaliação das manifestações patológicas existentes e registro fotográfico. Em seguida, foi feita uma análise visual da impermeabilização que fora executada. Através do conhecimento obtido com o embasamento teórico e informações obtidas sobre a execução, foi feito um diagnóstico das possíveis causas para a falha da impermeabilização e o surgimento dos problemas, além da proposição de execução de nova impermeabilização para solucioná-los.

O levantamento dos custos foi feito através de pesquisas de preços com fornecedores e prestadores de serviço da região onde a obra foi executada, com isso foi possível chegar aos valores de cada sistema de impermeabilização e realizar uma comparação dos custos.

#### 4.1. Objeto de estudo: Torre de resfriamento

As torres de resfriamento são estruturas destinadas a resfriar a água utilizada por equipamentos industriais. Elas podem ser encontradas em diversos setores, como

indústrias petroquímicas, usinas de produção de etanol, hospitais, aeroportos, entre outros.

A torre de resfriamento objeto desse estudo está situada em uma Usina de produção de Etanol. O reservatório de água utilizado na torre foi construído em concreto armado, com dimensões de 22,17 m de comprimento, 12,86 m de largura e 2,5 m de altura, totalizando um volume útil de água de 712,77 m<sup>3</sup> (Figura 2).

Na execução da torre de resfriamento não havia um projeto detalhado de impermeabilização e, no momento de construção, tendo em vista o atendimento ao prazo extremamente reduzido da obra, para a impermeabilização desse reservatório foi utilizada uma argamassa com aditivo hidrófugo. Após a execução da impermeabilização, o reservatório foi preenchido com água, quando começaram a surgir pontos com manchas de umidade na parte externa da bacia, decorrentes de fissuras na estrutura e consequente falha da impermeabilização. Os problemas identificados foram as infiltrações, principalmente nas juntas de concretagem.

Figura 2 – Torre de Resfriamento



Fonte: Autor

Verificou-se que a impermeabilização executada com a argamassa com aditivo hidrófugo não atendeu aos requisitos de estanqueidade, apresentando vazamentos através de fissuras. Apesar desse sistema de impermeabilização ser indicado para uso em reservatórios, de acordo com o fabricante, a

execução da impermeabilização foi realizada de maneira inadequada, de acordo com dados obtidos com os responsáveis pela obra. Algumas recomendações do fabricante não foram seguidas, como por exemplo a aplicação de 3 camadas de argamassa, a execução de chapisco entre a primeira e segunda camada devido ao intervalo de tempo entre as camadas ter ultrapassado 6 horas, e não foi feita cura úmida.

Assim, através da análise do tipo de substrato e do elemento impermeabilizado, foi realizado um comparativo de custos entre a impermeabilização já executada e a realização da impermeabilização com argamassa polimérica flexível, escolhida de acordo com suas propriedades flexíveis e facilidade de aplicação. A argamassa polimérica, de acordo com o fabricante, pode ser usada em reservatórios e suporta pequenas deformações da estrutura.

## 5. Resultados

Neste item são apresentados os resultados do estudo. Primeiro são apresentadas as manifestações patológicas identificadas e posteriormente é apresentada a análise comparativa de custos dos sistemas de impermeabilização.

### 5.1. Manifestações patológicas

As Figuras 3a, 3b e 3c, a seguir, apresentam exemplos de fissuras por onde ocorreu vazamento de água após o reservatório ser cheio.

Figura 3 – Fissuras com eflorescência e acúmulo de sujeira na Torre de Resfriamento



a)



b)



c)

Fonte: Autor

Fica claro pelo sentido horizontal das fissuras que os pontos de vazamento de água coincidem com as juntas de concretagem, sugerindo que não foi feito um tratamento adequado neste ponto e que foram executadas concretagens em momentos diferentes.

As juntas de concretagem são locais que necessitam de atenção, pois são vários os fatores que levam à ineficiência desta união, como a preparação da superfície do substrato, a forma de aplicação do concreto mais novo, o procedimento de cura e até fatores ambientais. No entanto, a principal influência para o insucesso da ligação, é má execução da ligação e retração de diferentes magnitudes entre o concreto novo e antigo [27]. Essa falta de tratamento da junta de concretagem pode gerar fissuras, as quais podem não ser adequadamente absorvidas por sistemas de impermeabilização rígidos, fazendo com que os mesmos fissurem conjuntamente com a base e percam sua estanqueidade.

Os pontos escuros que aparecem nas imagens da Figura 3 são decorrentes de cinzas provenientes da queima do bagaço da cana pela indústria, que são transportados pelo

vento e aderem na umidade localizada nas fissuras.

Complementarmente, fica evidente nas imagens a presença de eflorescência, através das manchas esbranquiçadas decorrentes da formação de depósitos cristalinos na superfície [9].

## **5.2. Análise comparativa de custo dos sistemas de impermeabilização**

Como a estrutura da torre foi executada em concreto armado, ou seja, uma estrutura rígida, que está sujeita a movimentações, a argamassa com aditivo hidrófugo não se comportou como a solução de impermeabilização ideal, já que também é considerada um impermeabilizante rígido e aderido à base apresentou fissuras por não absorver essas movimentações.

Nesse contexto, a argamassa polimérica pode ser considerada uma solução mais adequada, por ser um sistema mais flexível e absorver melhor movimentações da base sem fissurar. Além de suas características de flexibilidade, esse sistema apresenta facilidade de aplicação, não exigindo mão de obra muito especializada, tal qual o sistema de argamassa com aditivo hidrófugo já aplicado.

Assim, foram comparados os custos de execução dos dois sistemas, visando avaliar o impacto financeiro de sua utilização.

Para a composição de custos dos sistemas, considerou-se as recomendações de fabricantes. A argamassa com aditivo hidrófugo deve ser aplicada em duas ou três camadas de 1 cm, sendo que a primeira camada deve ser assente sobre chapisco, e somente a última camada pode ser alisada com desempenadeira de madeira. A dosagem de aditivo é de 2 litros para cada saco de cimento de 50 kg, utilizando proporcionamento de argamassa 1:3 (cimento:areia) [15].

A argamassa polimérica, seguindo as recomendações do fabricante, deve ser diluída a cada embalagem de 18 kg em 6 L de água, e a aplicação deve ser realizada em camadas

com intervalo de 6 horas, sendo de 3 a 4 camadas uniformes e cruzadas, aplicadas como pintura, utilizando reforço com tela de poliéster entre a primeira e segunda demão nos pontos mais frágeis, como ralos e rodapés [28].

Nas Tabelas 1 e 2 do Apêndice A estão apresentados os orçamentos para a realização da impermeabilização com argamassa com aditivo hidrófugo e argamassa polimérica. Os valores adotados para os produtos e mão de obra correspondem à dados da região de Imperatriz/MA e foram coletados em junho de 2023, junto a fornecedores da região.

Analizando os valores orçados, fica claro que a argamassa polimérica é mais cara do que a argamassa com aditivo hidrófugo. O custo total de materiais mais mão de obra para aplicação da argamassa com aditivo hidrófugo foi de R\$ 12.152,20.

Se a impermeabilização tivesse sido executada com a argamassa polimérica o custo de material mais mão de obra, de acordo com os levantamentos feitos seriam de R\$ 30.347,90. Essa solução apresenta valor mais elevado, mas executada de maneira correta, com reforço de tela estruturante asseguraria a estanqueidade da estrutura. O tempo para execução da argamassa polimérica é rápido, pois ela apresenta facilidade na execução, sendo necessário somente respeitar o tempo entre as camadas recomendada pelo fabricante.

Os valores comparativos para a execução das impermeabilizações, demonstram que a argamassa polimérica tem um custo 2,5 vezes maior que a argamassa com aditivo hidrófugo, mas esse valor pode ser recompensado com a segurança que a impermeabilização traz para a obra, se executada de maneira correta.

No estudo caso, o valor gasto com a solução inadequada trouxe um prejuízo do valor total da argamassa com aditivo hidrófugo, de mais de 12 mil reais. Se considerarmos que esse valor poderia ter sido investido na impermeabilização adequada, no caso deste estudo a argamassa polimérica,

obteve-se um prejuízo de 40% do valor que seria gasto se a impermeabilização tivesse sido executada com argamassa polimérica desde a execução da torre de resfriamento.

No caso de ter sido realizado um sistema de impermeabilização ineficiente que resulta na sua remoção e substituição por outro sistema mais adequado, o custo total da impermeabilização chega a pouco mais de 42 mil reais, sem considerar a mão de obra para retirada da impermeabilização ineficiente e reparo de fissuras da estrutura de concreto.

## 6. Considerações finais

De acordo com este estudo verificou-se que a escolha de uma solução de impermeabilização inadequada, executada sem seguir as recomendações do fabricante e sem projeto de impermeabilização pode acarretar prejuízos financeiros, retrabalho e atrasos na finalização da obra.

A torre de resfriamento, objeto de estudo, apresentou fissuras nas juntas de concretagem espelhadas na impermeabilização de argamassa com aditivo hidrófugo, acarretando vazamento de água. Além disso, identificou-se a presença de eflorescência e sujidade nestes pontos com umidade.

Quanto aos orçamentos dos sistemas de impermeabilização, é possível identificar que o método de impermeabilização selecionado no ato da construção foi consideravelmente mais barato que o outro proposto para aplicação neste estudo. Compreende-se também que o período de construção tinha prazos extremamente apertados, o que poderia influenciar na seleção do sistema de argamassa com aditivo hidrófugo pelo fácil manuseio e rápida aplicação.

A proposta de intervenção, com uso da argamassa polimérica, por ser mais flexível do que a argamassa com aditivo hidrófugo e absorver mais as movimentações da base apresenta-se como uma boa opção para correção dos problemas de vazamento. Deve-se levar em conta que para uma estanqueidade do sistema, deve-se ainda considerar o

tratamento das fissuras e possíveis danos da base antes da aplicação da nova impermeabilização.

A má execução do sistema de impermeabilização gerou um prejuízo de R\$ 12.152,20, ou 40% do valor gasto para executar a impermeabilização com argamassa polimérica, totalizando um custo de impermeabilização de R\$ 42.500,10.

Cabe salientar que, desde que a execução e tratamento de fissuras da base tivessem sido realizados de forma adequada, além de a impermeabilização com argamassa com aditivo hidrófugo ser aplicada de forma correta, esta solução poderia ter tido um bom desempenho quanto a estanqueidade do sistema.

Conclui-se que se faz necessário a execução de um projeto de impermeabilização bem detalhado e escolhas técnicas quanto aos materiais e forma de execução, além de fiscalização e treinamento da mão de obra para que não haja custos desnecessários, retrabalho, desperdício de materiais e comprometimento da qualidade no produto de entrega.

## 7. Referências

- [1] RIGHI, G. V. *Estudo dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções. Análise de casos.* Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Santa Maria, RS, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7741/RIGHI,%20GEOVANE%20VENTURIN.pdf>. Acesso: 20 dez. 2022.
- [2] RIPPER, T.; SOUZA, V. C. M. *Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.* São Paulo, Pini, 1998.
- [3] PEREIRA, F. S. G. *Petróleo e petroquímica: Introdução a tecnologia do petróleo.* Recife, Instituto Federal de Pernambuco, 2010.

- [4] PEREIRA, V. S. *Impermeabilização em obras de construção civil: estudos de casos, patologias e correções*. T.C.C. (Engenharia Civil). Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2018. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/4640/1/TCC%20%20VIVIAN%20DE%20SIQUEIRA%20.pdf> Acesso: 08 de jan. 2023.
- [5] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 9575 – Impermeabilização – Seleção e projeto*. Rio de Janeiro, 2010.
- [6] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15575 - Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais*. Rio de Janeiro, 2013.
- [7] LORENZI, L. S. *Análise crítica e proposições de avanço nas metodologias de ensaios experimentais de desempenho à luz da ABNT NBR 15575 (2013) para edificações habitacionais de interesse social térreas*. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, BRRS, 2013. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/96630>. Acesso: 13 jan 2023.
- [8] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto - procedimento*. Rio de Janeiro, 2014.
- [9] GRANATO, J. E. *Patologia das construções*. Apostila, 2002. Disponível em: <http://irapuama.dominiotemporario.com/doc/Patologiadasconstrucoes2002.pdf>. Acesso: 21 dez 2022.
- [10] PIEPER, R. *Só se nota a impermeabilização quando ela não existe*. Revista Impermeabilizar, São Paulo, n. 43, fev. 1992.
- [11] SCHLAEPFER, C. B. R.; CUNHA, R. *Impermeabilização e Recuperação Estrutural*. Rio de Janeiro, Sika do Brasil, 2001.
- [12] SOUZA, J C S. MELHADO, S B. *Parâmetros para seleção e projeto de impermeabilização de pisos do pavimento tipo de edifícios*. XVII ENEGEP. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Gramado, 1997. Disponível em: [https://abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997\\_T3215.PDF](https://abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1997_T3215.PDF). Acesso: 15/01/2023.
- [13] PEREIRA, M. B. *Avaliação in loco da aderência do revestimento cerâmico sobre impermeabilização cimentícia*. T.C.C. (Engenharia Civil). Centro Universitário de Brasília, 2013. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/e/235/6369>. Acesso em: 24 jan. 2023.
- [14] GAZABIN, B. *Impermeabilização rígida e flexível. Entenda a diferença*. Disponível em <https://hmrubber.com.br/entenda-a-diferenca-da-impermeabilizacao-rigida-e-flexivel/>. Acesso em 30 jun. 2023.
- [15] SIKÁ BRASIL. *Sika-1: Aditivo impermeabilizante de pega normal para argamassa e concreto não armado*. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://bra.sika.com/pt/construcao/impermeabilizacao/impermeabilizacaoparaespacosinteriores/impermeabilizantesparaumidadedorodape/aditivos-impermeabilizantes/sika-1.html>. Acesso: 22 dez. 2022.
- [16] MORAES, C. R K. *Impermeabilização em lajes de cobertura: levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/2708>. Acesso em: 21 jan. 2023.
- [17] BOLINA, F. L.; TUTIKIAN, B. F.; HELENE, P. R. L. *Patologia de estruturas*. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

- [18] CERQUEIRA, M. F.; GONÇALVES, R. S.; LEITE, I. C. S. *Manifestações patológicas em concreto armado estudo de caso corrosão nas armaduras*. Projectus, v. 3, n. 1, p. 62-79, 2018.
- [19] ALMEIDA, R. *Manifestações patológicas em prédio escolar: uma análise qualitativa e quantitativa*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Santa Maria, RS, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7717>. Acesso em: 21 dez. 2022.
- [20] CÁNOVAS, M. F. *Patologia e terapia do concreto armado*. 1. Ed. São Paulo: Pini, 1988. 522 p.
- [21] SOUZA, A. K. L. *Identificação das manifestações patológicas em reservatório de água executado em concreto armado em condomínio unifamiliar: estudo de caso*. T.C.C. (Especialização). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014. 45 f. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/19797>. Acesso: 19 fev. 2023.
- [22] MARTINS, J. G. *Impermeabilizações – condições técnicas de execução*. Série Materiais. Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2006. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/47462019/impermeabilizacoes-condicoes-tecnicas>. Acesso: 22 dez. 2022.
- [23] AHMAD, S. *Reinforcement corrosion in concrete structures, its monitoring and service life prediction – a review*. Cement & Concrete Composites, 25. 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(02\)00086-0](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(02)00086-0). Acesso: 17 fev. 2023.
- [24] COSTA, N. G.; MAIA, D. A. S.; BARBOSA, A. H. *Identificação de patologias em reservatórios de concreto armado em Juazeiro/BA*. Juazeiro, 2017. Disponível em: <http://revistas.poli.br/index.php/CONPAR/article/view/620>. Acesso em 15 jan 2023.
- [25] CORSINI, R. *Trinca ou fissura*. São Paulo: Técnica, v. 160, 2010. Disponível em: <http://mr2estruturas.hospedagemdesites.ws/wp-content/uploads/2016/08/Trinca-ou-fissura.pdf>. Acesso: 18 fev. 2023.
- [26] FIGUEIREDO, E. J. P. *Terapia das construções de concreto: metodologia de avaliação de sistemas epóxi destinadas a injeção de fissuras passivas das estruturas de concreto*. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1989. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1335/000011453.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso: 20 fev. 2023.
- [27] DORIA, M. R.; SALES, A. C.; Andrade; N. F. *Aderência aço-concreto e entre concretos de diferentes idades em recuperação de estruturas*. Revista Ibracon de Estruturas e Materiais, Vol. 8, Nr. 5, 2015.
- [28] VEDACIT. *Vedacit PRO Vedatop argamassa polimérica flexível*. Disponível em: [https://www.vedacit.com.br/vedacit-pro/produtos-e-solucoes/argamassas\\_especiais/vedacit-pro-vedatop-argamassa-polimerica-flexivel](https://www.vedacit.com.br/vedacit-pro/produtos-e-solucoes/argamassas_especiais/vedacit-pro-vedatop-argamassa-polimerica-flexivel). Acesso: 30 jul. 2023.

Anexos e Apêndices

APÊNDICE A

| Tabela 1 – Orçamento para impermeabilização com argamassa com aditivo hidrófugo |                                  |       |        |             |        |               |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------|--------|-------------|--------|---------------|
| ORÇAMENTO IMPERMEABILIZAÇÃO TORRE DE RESFRIAMENTO COM ADITIVO HIDRÓFUGO         |                                  |       |        |             |        |               |
| MATERIAIS                                                                       |                                  |       |        |             |        |               |
| ITEM                                                                            | DISCRIMINAÇÃO                    | UNID. | QUANT. | VALOR UNIT. |        | VALOR TOTAL   |
| 1.0                                                                             | Cimento portland CP-II 32        | SC    | 25     | R\$         | 45,00  | R\$ 1.125,00  |
| 2.0                                                                             | Aditivo impermeabilizante Sika 1 | UN    | 4      | R\$         | 180,00 | R\$ 720,00    |
| 3.0                                                                             | Areia média                      | m³    | 4      | R\$         | 190,00 | R\$ 760,00    |
| 4.0                                                                             | Aditivo para chapisco bianco     | UN    | 3      | R\$         | 380,00 | R\$ 1.140,00  |
| Total                                                                           |                                  |       |        |             |        | R\$ 3.745,00  |
| MÃO DE OBRA                                                                     |                                  |       |        |             |        |               |
| ITEM                                                                            | DISCRIMINAÇÃO                    | UNID. | QUANT. | VALOR UNIT. |        | VALOR TOTAL   |
| 1.0                                                                             | Chapisco                         | m²    | 175,15 | R\$         | 13,50  | R\$ 2.364,53  |
| 2.0                                                                             | Reboco                           | m²    | 175,15 | R\$         | 34,50  | R\$ 6.042,68  |
| Total                                                                           |                                  |       |        |             |        | R\$ 8.407,20  |
| Total geral                                                                     |                                  |       |        |             |        | R\$ 12.152,20 |

Fonte: Autor

| Tabela 2 – Orçamento para impermeabilização com argamassa polimérica flexível       |                                                           |       |        |             |        |               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------|--------|-------------|--------|---------------|
| ORÇAMENTO IMPERMEABILIZAÇÃO TORRE DE RESFRIAMENTO COM ARGAMASSA POLIMÉRICA FLEXÍVEL |                                                           |       |        |             |        |               |
| MATERIAIS                                                                           |                                                           |       |        |             |        |               |
| ITEM                                                                                | DISCRIMINAÇÃO                                             | UNID. | QUANT. | VALOR UNIT. |        | VALOR TOTAL   |
| 1.0                                                                                 | Argamassa polimérica flexível - Vedacit PRO Vedatop 18 kg | SC    | 90     | R\$         | 269,90 | R\$ 24.291,00 |
| 2.0                                                                                 | Broxa retangular 18 cm                                    | UN    | 12     | R\$         | 20,25  | R\$ 243,00    |
| 3.0                                                                                 | Tela estruturante 73 cmx10 m                              | UN    | 14     | R\$         | 90,00  | R\$ 1.260,00  |
| Total                                                                               |                                                           |       |        |             |        | R\$ 25.794,00 |
| MÃO DE OBRA                                                                         |                                                           |       |        |             |        |               |
| ITEM                                                                                | DISCRIMINAÇÃO                                             | UNID. | QUANT. | VALOR UNIT. |        | VALOR TOTAL   |
| 1.0                                                                                 | Impermeabilização de superfície com argamassa polimérica  | m²    | 175,15 | R\$         | 26,00  | R\$ 4.553,90  |
| Total                                                                               |                                                           |       |        |             |        | R\$ 4.553,90  |
| Total geral                                                                         |                                                           |       |        |             |        | R\$ 30.347,90 |

Fonte: Autor