

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA IMPERMEABILIZAÇÃO DE VIGAS BALDRAMES COM EMULSÃO ASFÁLTICA

Claudio Henrique Pitzer de Azevedo

Mariana Silva Pedrosa

Curso: Engenharia Civil Período: 10º Área de Pesquisa: Eng. Civil

Resumo: O presente trabalho tem como objetivo investigar o processo de umidade ascendente por capilaridade na construção e avaliar a eficiência da impermeabilização com emulsão asfáltica no combate à umidade ascendente por capilaridade, sendo esta uma das principais responsáveis pelas manifestações patológicas estruturais. Para a realização dos estudos, foram conduzidos testes práticos que permitiram um comparativo detalhado do comportamento da água na estrutura. Foram produzidas duas placas de concreto, utilizadas como base para o assentamento de tijolos nos ensaios. Em uma das placas foi aplicada a emulsão asfáltica, enquanto a outra permaneceu sem qualquer tratamento impermeabilizante. O processo foi documentado por meio de registros fotográficos realizados em diferentes horários. Além disso, o concreto utilizado foi submetido ao ensaio de compressão axial, para avaliar a resistência alcançada aos 14 e 28 dias de cura. A análise desses resultados possibilitou identificar a influência do uso de emulsões na redução da absorção de água. Este estudo reforça a importância de medidas preventivas nas etapas iniciais de construção, destacando o impacto das práticas de impermeabilização na durabilidade e segurança das estruturas de concreto armado. O ensaio contribui para o aprimoramento técnico e para a mitigação de manifestações patológicas em edificações

Palavras-chave: Umidade ascendente. Impermeabilização. Emulsão asfáltica.

1. INTRODUÇÃO

Dentre os diversos elementos estruturais presentes em uma edificação, as vigas baldrames se destacam pela relevância, na distribuição das cargas da edificação e na estabilidade das estruturas. Na maioria das vezes, elas estão localizadas no nível da superfície do terreno e em contato com o solo, o que as tornam particularmente suscetíveis à penetração de umidade por capilaridade. Quando este fenômeno ocorre, a integridade da edificação é comprometida por fatores como, por exemplo, a degradação do concreto, a corrosão das armaduras e infiltração nas paredes causando manchas, mofos, desplacamento do reboco e danificando revestimentos e pinturas (Marangon, 2018).

Para que isso possa ser evitado, as vigas baldrames devem passar pelo procedimento de impermeabilização, que auxilia na obtenção de uma maior durabilidade e integridade das construções. Esse processo visa evitar com que haja infiltração de água no interior da viga, assim tais manifestações patológicas podem ser prevenidas (De Almeida e Faria, 2017).

Portanto, é evidente a importância da impermeabilização das vigas baldrames para que exista uma maior durabilidade e segurança das edificações, uma vez que existem muitos casos de manifestações patológicas envolvendo a negligência do uso da impermeabilização. Além disso, sua falta pode ocasionar a danificação da estrutura com o passar do tempo, além de problemas de capilaridade que podem ocorrer quando as moléculas de águas sobem pela viga e chegam até a parede da edificação, podendo ocasionar outras manifestações patológicas como bolor e bolhas (De Melo e Alves, 2017).

Para a execução do processo de impermeabilização das vigas baldrames existem vários métodos disponíveis no mercado que atendem as necessidades de cada obra. Porém, definir qual método deverá ser utilizado para cada caso torna-se, na maioria das vezes, um empasse. Isso ocorre diante a necessidade de se entender onde a viga baldrame será executada, em relação ao solo, visto que, se a mesma estiver abaixo do nível do terreno e for utilizado o solo como fôrma, a impermeabilização em suas laterais se torna inviável (Eggers, 2018).

Sendo assim, o presente trabalho apresentará os tipos de impermeabilização mais utilizados, e fornecerá resultados que possam nortear a escolha do material a ser empregado na impermeabilização dos baldrames. Em concordância, realizou-se um ensaio experimental que permitiu avaliar a eficiência do impermeabilizante por emulsão asfáltica no combate à umidade ascendente por capilaridade, ao comparar o comportamento de uma base impermeabilizada com esse material e uma base em concreto natural, ambas em contato direto com a água.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Referencial Teórico

As estruturas são fundamentais em uma construção, pois desempenham o papel crucial de absorver e distribuir os esforços, sendo vitais para a segurança e estabilidade de uma edificação. Uma estrutura é composta por diversos elementos estruturais que, ao serem combinados, formam os sistemas estruturais. A principal função de uma estrutura é receber e transferir as cargas e impactos sofridos para o solo. Portanto, é necessário que as estruturas sejam construídas com materiais perfeitamente rígidos (Bauer, 1994).

Os elementos estruturais de uma construção em concreto armado são fundamentais para garantir a integridade e segurança da edificação. As lajes são

elementos horizontais planos que formam os pisos e tetos das construções, distribuindo as cargas para as vigas e, consequentemente, para os pilares. Além de suportar o peso, as lajes ajudam na compartimentação dos espaços internos e podem contribuir para o isolamento térmico e acústico da edificação. Os pilares são componentes verticais que transferem as cargas das lajes e vigas para a fundação, funcionando como colunas de suporte que asseguram a estabilidade da estrutura. As vigas, por sua vez, são elementos horizontais que conectam os pilares, distribuindo o peso das lajes e outras cargas para os pilares. Os baldrames são vigas de fundação no nível do solo, responsáveis por distribuir essas cargas de forma linear ao longo da fundação.

A fundação é a base sobre a qual toda a construção repousa, transmitindo as cargas para o solo e evitando recalques que poderiam comprometer a estabilidade da edificação. Dependendo das características do solo, a fundação pode ser superficial, como as sapatas, ou profunda, como as estacas. Juntos, esses elementos trabalham de maneira integrada para assegurar a durabilidade e resistência da construção ao longo do tempo (Cintra et al., 2011).

2.1.1. As fundações superficiais e vigas baldrames

As fundações superficiais, também chamadas de diretas ou rasas, são definidas pela ABNT NBR 6122 (2022) como aquelas onde as cargas da superestrutura são distribuídas diretamente da sua base para o solo. Essas fundações possuem uma profundidade de assentamento que é menor que duas vezes a menor dimensão da fundação, e essa dimensão não deve ser inferior a 60 cm. Normalmente, são executadas com escavações de pequeno porte, não exigindo grandes equipamentos para sua implementação.

Por sua vez, as vigas baldrames (Figura 1) são responsáveis por distribuir uniformemente as cargas das paredes para as fundações, unindo-as e garantindo uma melhor estabilidade do sistema. As vigas baldrames são posicionadas abaixo do nível do solo (enterradas) ou acima, e se estende ao longo de todo o comprimento das paredes da edificação. Sua função principal é conectar as fundações isoladas, garantindo uma distribuição uniforme das cargas da construção. Além disso, a viga baldrame desempenha um papel crucial no travamento das colunas ou pilares, proporcionando maior estabilidade à estrutura, conforme afirmado por (Bauer, 1994).

FIGURA 1 – Vigas baldrames concretadas



Fonte: Morais, 2011.

2.1.2 Impermeabilização

A ABNT NBR 9575 (2010) define a impermeabilização como um conjunto de operações e técnicas construtivas que consistem em uma ou mais camadas, com o objetivo de proteger as construções contra os efeitos prejudiciais de fluidos, vapores e umidade. A impermeabilização foi desenvolvida para encontrar soluções que aumentem a durabilidade das edificações. Como grande parte dos problemas patológicos nas construções é causada pela ação da água, tornou-se essencial criar métodos para isolar a água das estruturas (Righi, 2009).

A impermeabilização pode ser aderente ou não ao substrato e é classificada como rígida ou flexível. Para determinar o impermeabilizante mais adequado, é necessário avaliar os locais de aplicação e o tipo de solicitação a que os materiais serão submetidos. Por exemplo, o sistema rígido de impermeabilização não suporta a movimentação da estrutura, sendo indicado para áreas com carga estrutural estabilizada e baixa movimentação térmica. Portanto, em áreas externas expostas a intempéries ou a maiores movimentações térmicas e vibrações, a impermeabilização flexível é a mais apropriada (Oliveira, 2006).

No que diz respeito à impermeabilização flexível, um dos tipos mais utilizados são os impermeabilizantes líquidos à base de asfalto. Eles são compostos por asfalto modificado, polimérico e revestidos com materiais estruturantes. O asfalto modificado atua como uma película protetora, impedindo que a umidade penetre na estrutura (Gonçalves et al., 2021).

De acordo com as informações apresentadas na Tabela 1, é possível selecionar o tipo de impermeabilização apropriado conforme o ambiente de aplicação, dessa forma fica mais fácil a identificação do método de impermeabilização adequado para cada situação (De Almeida e Faria, 2017).

TABELA 1 – Tipos de impermeabilizante conforme ambiente de aplicação

TIPO DE IMPERMEABILIZANTE	ONDE USAR
Impermeabilizantes rígidos	Subsolos
	Poços de elevador
	Reservatórios
	Piscinas enterradas
	Galeria de barragens
	Galerias enterradas
	Silos
	Moegas
	Baldrames
	Muros de arrimo
Impermeabilizantes flexíveis	Terraços
	Lages maciças e mistas.
	Reservatório De águas superiores
	Piscinas suspensas ou apoiadas
	Varandas
	Terraços
	Espelhos D'água
	Pisos de banheiro, cozinha e área de serviço

Fonte: Adaptado de De Almeida e Faria, 2017.

Além da classificação de acordo com a rigidez, a ABNT NBR 9575 (2010) também classifica os tipos de impermeabilização segundo o principal material constituinte da camada impermeável, podendo ser de origem cimentícia, asfáltica ou polimérica. Na sequência estão apresentados os principais materiais impermeabilizantes.

2.1.2.1. Argamassa ou concreto com aditivo impermeabilizante

A argamassa de assentamento é amplamente utilizada na construção civil e é o método construtivo predominante em edificações residenciais, comerciais e industriais sendo consideradas impermeabilização rígida. No comércio, encontram-se aditivos impermeabilizantes que atuam como repelentes à absorção capilar ou como redutores de permeabilidade, aplicáveis em argamassas e concretos para impermeabilização, prevenindo assim o surgimento de problemas causados pela umidade. Dado o impacto da umidade na durabilidade das construções e o risco de patologias, a impermeabilização se destaca como a medida preventiva mais eficaz (Maccari, 2010).

Os aditivos para concreto e argamassa são incorporados em misturas de cimento, água, areia e brita, proporcionando melhorias nas características, elevando a qualidade e reduzindo desvantagens da mistura, modificando suas propriedades. Assim, os sistemas de impermeabilização na construção civil protegem as diversas áreas de uma edificação contra a ação de fluídos nocivos, que podem comprometer os elementos estruturais (ABNT NBR 9575, 2010).

2.1.2.2. Impermeabilização por cristalização

Classificado como um sistema rígido de impermeabilização, Bertolini (2010, *apud* Cappellessi, 2016) afirma que o impermeabilizante por cristalização é considerado um sistema de proteção e fechamento dos poros do concreto. Isso ocorre devido à composição desses impermeabilizantes que é composta por substâncias à base de silicatos que, ao penetrarem no concreto, reagem com os subprodutos do mesmo, formando cristais que provocam o tapamento dos poros. Os aditivos cristalizantes são misturados ao concreto no momento de sua produção (Polesello e Maus, 2020)

2.1.2.3. Argamassa polimérica

As argamassas poliméricas representam uma forma de impermeabilização pré-fabricada comumente empregada em superfícies de concreto ou alvenaria, considerada um impermeabilizante rígido. Elas são compostas por agregados minerais inertes, cimento e polímeros, resultando em um revestimento que possui propriedades impermeabilizantes. Essa argamassa forma uma camada que assegura a estanqueidade, devido à reação entre o cimento polimérico modificado e o concreto (De Almeida e Faria, 2017). Dentre as vantagens desses revestimentos, destacam-se a resistência a pressões hidrostáticas positivas, a facilidade de aplicação, a ausência de impacto na qualidade da água, a capacidade de atuar como barreira contra sulfatos e cloretos, e a capacidade de uniformizar e selar os substratos (Righi, 2009).

2.1.2.4. Membrana de polímero modificado com cimento

Um exemplo de impermeabilizante flexível é a membrana de polímero modificado com cimento, cuja principal indicação é na impermeabilização de torres de água e reservatórios de água potável elevados ou apoiados em estruturas de concreto

armado. O sistema é composto por resinas termoplásticas e cimento aditivado, o que resulta em uma membrana de polímero que é modificada com cimento. Uma de suas principais características é a resistência a pressões hidrostáticas positivas. É facilmente aplicável, não altera a potabilidade da água, é atóxica, não tem cheiro e acompanha as movimentações estruturais e fissuras, de acordo com o previsto nas normas brasileiras (Denver Impermeabilizantes Ltda., 2024).

2.1.2.5. Membranas asfálticas

De acordo com a ABNT NBR 9575 (2010) as membranas são camadas de impermeabilização moldadas no local, com características de flexibilidade e com espessura compatível para suportar as movimentações do substrato, podendo ser estruturada ou não. Righi (2009) afirma que as membranas asfálticas utilizam como impermeabilizantes materiais derivados do CAP (cimento asfáltico de petróleo), sendo, portanto, um impermeabilizante flexível. Os três principais tipos de membrana asfáltica são: emulsão asfáltica, asfalto elastomérico e asfalto oxidado.

A emulsão asfáltica é produzida pela dispersão de asfalto em água, é um produto economicamente viável e de fácil aplicação em áreas onde não ocorrerá empoçamento ou retenção de água, podendo ser aplicada a frio, como se fosse uma pintura Lwart (2009). É recomendada sua aplicação em pelo menos duas demãos, sendo sempre a segunda em direção cruzada em relação a primeira. A Figura 2 mostra vigas baldrames impermeabilizadas por meio de emulsão asfáltica.

FIGURA 2 – Emulsão asfáltica aplicada em vigas baldrames



Fonte: Righi, 2009

Esse material é um tipo de revestimento com alta resistência química, formando uma camada impermeável que combate a capilaridade da água (ABNT NBR 9575, 2010) e é recomendada para proteger estruturas revestidas com argamassa que estejam em contato com o solo. Suas aplicações incluem muros de arrimo, cortinas de concreto, fundações e vigas baldrames, além de estruturas metálicas e de madeira não expostas ao tempo, e estruturas enterradas, como caixas d'água e reservatórios.

Por sua vez, o asfalto elastomérico é produzido através da modificação do CAP, pela incorporação de polímeros elastoméricos, que proporcionam ao produto, além da impermeabilidade característica do asfalto, uma boa ductilidade, resiliência e

flexibilidade. Isso resulta em excelente alongamento e memória, ou seja, uma alta elasticidade, juntamente com uma notável resistência a condições climáticas adversas e à fadiga. É bastante utilizada em vigas baldrames, piscinas, lajes e áreas molhadas (ABNT NBR 9575, 2010). Esse tipo de membrana asfáltica pode ser aplicado tanto pelo método a quente quanto pelo método a frio, a diferença que no método quente, precisará de uma estrutura para fazer o aquecimento para deixá-la na consistência de aplicação.

O asfalto oxidado também é obtido pela modificação do cimento asfáltico de petróleo, que é aquecido gradualmente para adquirir características físico-químicas de estanqueidade. Sua aplicação é realizada pelo método a quente (Righi, 2009).

2.1.2.6. Membrana acrílica

É um impermeabilizante à base de resinas acrílicas dispersas, indicado para a proteção de áreas expostas, como lajes de cobertura, marquises, telhados, pré-fabricados e outros (Denver Impermeabilizantes Ltda, 2024). Uma das vantagens desse sistema é que ele não demanda uma camada de proteção mecânica (contrapiso) sobre a membrana. Isso somente se fará necessário se houver trânsito muito intenso de pessoas sobre a laje, ou se ela for destinada a tráfego de automóveis. Em contrapartida, a ausência da proteção mecânica exigirá a reaplicação periódica do produto.

2.1.2.7. Mantas asfálticas

De acordo com a ABNT NBR 9575 (2010) as mantas também constituem impermeabilizantes flexíveis, porém são produtos impermeáveis pré-fabricados, obtidos por processos industriais. A manta asfáltica é fabricada a partir de asfalto polimérico e estruturantes em poliéster ou materiais similares. Este método de impermeabilização é reconhecido pela sua facilidade de aplicação, proporcionando rapidez e eficiência na impermeabilização de vigas baldrames ou outros tipos de alicerces, permitindo o assentamento imediato da alvenaria. Destina-se a impermeabilizar e bloquear a umidade de elementos estruturais em contato direto com o solo (Figura 3), evitando danos causados pela água às paredes da estrutura e prevenindo a infiltração por umidade ascendente, que pode deteriorar os elementos de vedação das edificações (Dakron, 2024).

FIGURA 3 – Manta asfáltica aplicada em vigas baldrames



Fonte: Dakron, 2024.

Existem diversos tipos de mantas asfálticas que podem ser selecionadas de acordo com as exigências específicas da obra. No entanto, é fundamental seguir as recomendações dos fabricantes para garantir a correta aplicação (De Almeida e Faria, 2017). A seleção do tipo adequado de manta asfáltica depende das características dos locais e estruturas a serem impermeabilizadas, das cargas máximas e mínimas que atuam diretamente sobre a manta, do nível de fissuração previsto no projeto, da flecha máxima permitida das estruturas, da exposição às condições climáticas e do método de aplicação, seja aderente ou não aos substratos. A responsabilidade de definir o tipo de manta a ser utilizada para cada obra cabe aos profissionais técnicos responsáveis (ABNT NBR 9952, 2010).

2.1.2.8. Manta de policloreto de vinila (PVC)

As impermeabilizações convencionais geralmente têm uma vida útil de serviço de cinco a dez anos. Em contrapartida, os sistemas de impermeabilização que utilizam membranas flexíveis de PVC podem ter uma expectativa de vida superior a 30 anos, com pouca ou nenhuma manutenção durante esse período, mesmo em condições extremas de uso, que exigem ao máximo o sistema implantado. Isso se deve principalmente às características físico-químicas e mecânicas dos materiais e à tecnologia proporcionada por esse método de impermeabilização (De Almeida e Faria, 2017).

As membranas flexíveis de PVC são compostas por um composto químico virgem de PVC, aditivos plastificantes especiais e estabilizadores, que conferem à resina básica algumas propriedades de flexibilidade, resistência aos raios solares ultravioleta e até mesmo resistência química. Portanto, suas características permitem sua aplicação em diversas áreas que requerem impermeabilização (Guarizo, 2008).

As mantas de PVC são especialmente indicadas para obras subterrâneas, como fundações, e também podem ser usadas em coberturas, que reduz o risco de rompimentos devido a movimentações estruturais (Righl, 2009).

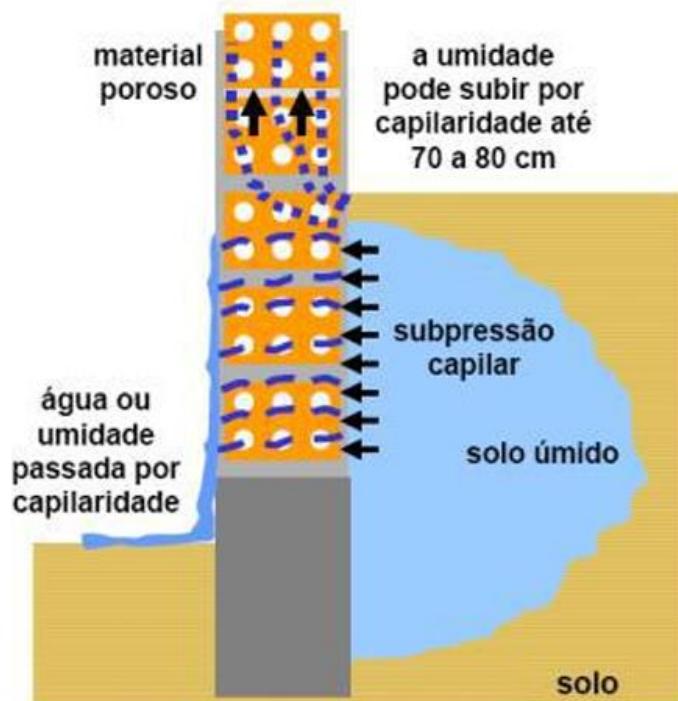
2.1.3 Manifestações patológicas em edificações ocasionadas por umidade ascendente

A ascensão de umidade por capilaridade ocorre quando a água do solo é absorvida pelos materiais de construção porosos, como tijolos e concreto, subindo pelos poros desses materiais. Esse fenômeno é causado pela atração da água pelas superfícies internas dos poros. A Figura 4 ilustra como esse fenômeno ocorre, se propagando pela ausência de impermeabilização no baldrame e na parede de alvenaria.

Como consequência da presença de umidade, tem-se a possível corrosão das armaduras da estrutura, que consiste em um processo eletroquímico que ocorre quando o aço dentro do concreto se degrada. Tal processo pode ter início na carbonatação do concreto, que reduz a alcalinidade do mesmo, de passivando a armadura e deixando-a apta à corrosão. Esse fenômeno acontece quando o dióxido de carbono (CO_2) do ar reage com a água presente no concreto.

Portanto, a presença de água é fundamental nesse fenômeno, visto que a umidade, ao se infiltrar no concreto, facilita a entrada de CO_2 e outros agentes que aceleram a corrosão. Além disso, a água atua como meio condutor para as reações químicas que levam à formação de ferrugem no aço. Quando isso acontece, o aço se expande, gerando fissuras no concreto, que pode perder sua resistência ao longo do tempo (Soares, 2014).

FIGURA 4 – Mecanismo de ação da umidade ascendente por capilaridade

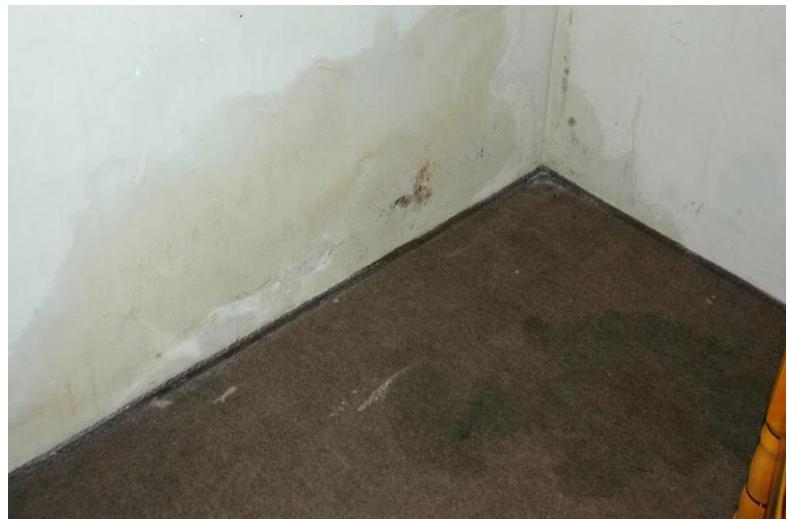


Fonte: Pozzobon (2007 apud Schonardie, 2023).

De acordo com De Almeida e Faria (2017) as manifestações patológicas relacionadas à água são geralmente observadas nas partes inferiores das paredes, pois esses elementos de alvenaria estão mais expostos à umidade proveniente do solo, o que resulta em movimentações diferentes dos demais componentes. As fileiras superiores de tijolos são menos suscetíveis à infiltração capilar e frequentemente recebem radiação solar, o que facilita a evaporação da umidade. Os autores também comentam que a presença ou ausência de água na estrutura causa comportamentos distintos na alvenaria de vedação, resultando em trincas ou fissuras predominantemente horizontais nas paredes de vedação.

A Figura 5 apresenta uma parede que não teve impermeabilização em suas vigas baldrames, e ocorreu a perda da pintura devido a infiltração da água. Outra manifestação patológica comum nesse cenário são os mofos e bolores (Figura 5) em que fungos e vegetais não clorofilados que surgem na alvenaria (Righi, 2009). Conclui-se, portanto, que diversas são as anomalias originadas pela umidade ascendente, o que ressalta a importância do processo de impermeabilização das fundações, vigas baldrames e alvenaria até determinada altura.

FIGURA 5 - Parede com umidade ascendente



Fonte: Righi, 2009.

FIGURA 6 – Proliferação de mofos e bolores na alvenaria



Fonte: Righi, 2009.

2.2. MATERIAIS E MÉTODOS

Com base no que foi apresentado no capítulo anterior, fica evidente a importância da impermeabilização das vigas baldrames. Por ser um dos métodos de impermeabilização mais utilizados na construção civil.

Tal análise foi feita através de um ensaio experimental em que dois conjuntos base de concreto e tijolo cerâmico (uma base impermeabilizada e outra não) foram posicionados sobre uma camada d'água, simulando a viga baldrame e a alvenaria da construção em contato com a umidade do solo. Além disso, o concreto empregado na fabricação das bases passou pelo ensaio de abatimento de tronco de cone (*slump test*) e, para efeitos de definição da resistência, foram fabricados corpos de prova desse concreto que, posteriormente, foram submetidos ao ensaio de compressão axial aos 14 e 28 dias de idade.

2.2.1. Ensaios de caracterização

2.2.1.1. Dosagem e composição da mistura

Para a confecção do concreto foram utilizados os seguintes materiais: cimento CPII-E-32-RS, brita 0, areia natural e aditivo super plastificante. A dosagem foi feita com base no método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) para cimento CPII-32, considerando classe de agressividade ambiental II, que de acordo com a ABNT NBR 6118 (2023) exige relação água-cimento menor ou igual a 0,60. A dosagem estabeleceu uma resistência à compressão axial característica (f_{ck}) DE 25 MPa uma relação água/cimento de 0,46. A Tabela 2 apresenta o traço do concreto utilizado nos experimentos.

TABELA 2 – Traço para moldagem

Traço	Cimento (kg/m ³)	Areia (kg/m ³)	Brita (kg/m ³)	Água (L/m ³)	Aditivo Super plastificante (kg/m ³)
NAT	478,26	823,73	847,00	220,00	4,78

Fonte: O Autor, 2024.

2.2.1.2. Produção, moldagem e cura dos concretos

O concreto foi preparado em uma betoneira com capacidade de 150 litros, da marca Menegotti. Inicialmente, o interior do misturador foi umedecido com água, e o excesso foi retirado com um pano úmido. Em seguida, os agregados foram adicionados na sequência de brita 0 e, depois, areia, para evitar que a areia aderisse às paredes do equipamento. A mistura dos materiais ocorreu por um minuto para garantir uma homogeneização adequada.

Em seguida, foi adicionado 50% da quantidade total de água, e a betoneira foi acionada novamente por um minuto. Após essa primeira etapa, o cimento foi incorporado e misturado por mais um minuto. Finalmente, o restante da água foi adicionado à mistura, juntamente com o aditivo superplastificante, e a mistura dos materiais ocorreu por mais oito minutos.

Após finalizar a mistura, iniciou-se a moldagem dos corpos de prova de 10 cm de diâmetro por 20 cm de comprimento, utilizando o método de adensamento manual, conforme a ABNT NBR 5738 (2015). O processo de moldagem foi realizado em duas etapas. Na primeira, o molde foi parcialmente preenchido com concreto, e 12 golpes foram aplicados com uma haste metálica ao longo da seção transversal, sem atingir a base. Essa técnica promoveu leve vibração para melhorar a compactação e reduzir vazios. Na etapa seguinte, o restante do molde foi preenchido e nivelado, com a aplicação de outros 12 golpes que penetraram parcialmente na camada inferior, garantindo a união entre as camadas.

Após a moldagem, os corpos de prova permaneceram nos moldes por 24 horas em ambiente úmido para manter a umidade. Em seguida, foram desmoldados e imersos em um tanque de cura até o momento dos ensaios de compressão axial. A Figura 7 mostra os corpos de prova recém moldados e cura dos mesmos.

FIGURA 7 – Moldagem e cura dos corpos de prova



(a) Corpos de prova recém moldados

Fonte: O Autor, 2024.

(b) Tanque de cura dos corpos de prova

Fonte: O Autor, 2024.

Além disso, foi necessário a produção de duas placas de concreto para o ensaio de umidade ascendente por capilaridade. Essas placas de concreto possuíam 40 cm de comprimento, 20 cm de largura e 3 cm de espessura (similar ao cobrimento mínimo exigido para vigas em CAA II, de acordo com a ABNT NBR 6118 (2023)). Feito isso, uma das placas foi impermeabilizada com duas demãos de emulsão asfáltica da marca Quartzolit tecplus 1, e a outra foi mantida em concreto natural, conforme mostrado na Figura 8.

FIGURA 8 – Placas de concreto utilizadas como base no ensaio de umidade ascendente



(a) Placa de concreto impermeabilizada com emulsão asfáltica

Fonte: O Autor, 2024.

(b) Placa em concreto natural

Fonte: O Autor, 2024.

2.2.1.3. Ensaio de abatimento de tronco de cone

O teste de abatimento do tronco de cone de Abrams foi realizado de acordo com as diretrizes da ABNT NBR 16889 (2020). Esse procedimento consiste em compactar o concreto em três camadas, aplicando 25 golpes uniformemente distribuídos em cada uma delas, utilizando uma haste metálica. Após a compactação das camadas, o molde que sustenta o concreto é cuidadosamente removido na direção vertical. Em seguida, é feita a medição do abatimento com o auxílio de uma régua, o que permite avaliar a consistência e a trabalhabilidade do material.

2.2.1.4. Ensaio de resistência à compressão axial

O processo para medir a resistência a compressão dos corpos de prova seguiu os parâmetros da ABNT NBR 5739 (2018). Para a realização dos ensaios foram produzidos 8 corpos de provas, onde quatro foram submetidos ao ensaio com 14 dias de idade e quatro com 28 dias de idade. As rupturas dos corpos de prova foram efetuadas com o uso de uma prensa Paviteste, modelo 3025A 054 05/93. Antes da execução do ensaio, foi realizado o processo de capeamento dos corpos de prova para assegurar que suas superfícies estivessem planas e uniformes, conforme as exigências da norma. A Figura 9 apresenta a realização do capeamento e o posicionamento dos corpos de prova na prensa de ensaio.

FIGURA 9 – Capeamento e posicionamento dos corpos de prova na prensa de ensaio de compressão axial



(a) Capeamento dos corpos de prova

(b) Posicionamento dos corpos de prova na prensa de ensaio



(c) Corpos de prova capeados

Fonte: O Autor, 2024.

2.2.2. Ensaio empírico de umidade ascendente por capilaridade

Para a realização do ensaio de umidade ascendente foi necessário assentar tijolos cerâmicos nas placas de concreto, para isso foi necessário produzir uma argamassa de assentamento seguindo o traço 1:3 (cimento: areia), conforme mostrado na Figura 10. Logo após, as placas com os tijolos foram colocadas em

bacias com água para início dos ensaios. Para o acompanhamento da ascensão da água foi realizado um registro fotográfico em determinados horários, sendo em 1 hora, 8 horas e 28 horas de ensaio, e medição da altura da camada de água ascendente por capilaridade.

FIGURA 10 – Amostras prontas para o ensaio de umidade ascendente



Fonte: O Autor, 2024.

2.3 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

2.3.1. Ensaios de caracterização

2.3.1.1. Ensaio de abatimento de tronco de cone

Após a realização do ensaio de abatimento de tronco de cone conforme as diretrizes da ABNT NBR 16889 (2020) obteve-se o abatimento de 13 cm conforme mostrado na Figura 11.

FIGURA 11 – Ensaio de abatimento de tronco de cone



Fonte: O Autor, 2024.

2.3.1.2. Ensaio de resistência à compressão axial

Quatro corpos de prova foram rompidos com a idade de 14 dias, obtendo os resultados mostrados na Tabela 3 e resistência máxima de 33,10 MPa. Todos sem a utilização de impermeabilizantes.

TABELA 3 – Resistência à compressão axial aos 14 dias de idade

Corpo de prova	Carga de ruptura (tf)	f_{c14} (MPa)
CP1	24,5	31,19
CP2	22,8	29,03
CP3	26,0	33,10
CP4	24,5	31,19

Fonte: O Autor, 2024.

Os outros quatro corpos de prova foram rompidos com 28 dias de cura, obtendo os resultados mostrados na Tabela 4.

TABELA 4 – Resistência à compressão axial aos 28 dias de idade

Corpo de prova	Carga de ruptura (tf)	f_{c14} (MPa)
CP1	29,5	37,56
CP2	29,0	36,92
CP3	29,0	36,92
CP4	24,0	30,56

Fonte: O Autor, 2024.

Ao avaliar os resultados dos corpos de prova rompidos aos 14 e 28 dias, observou-se uma evolução da resistência à compressão axial conforme esperado. Para os corpos rompidos aos 14 dias a média da resistência foi de 31,13 MPa, o que foi rompido com 28 dias apresentou uma média de 35,49 MPa.

Ao comparar essas médias, o ganho médio de resistência entre os 14 e 28 dias foi de 4,36 MPa, representando um aumento percentual de aproximadamente 14%. Esse aumento está associado com o comportamento típico do concreto, onde a tendência é um aumento gradual de resistência devido à continuidade do processo de hidratação do cimento.

Além disso, considerando a resistência esperada de 25 MPa, os corpos de prova aos 14 dias apresentaram uma média de 24,5% superior ao esperado, enquanto aos 28 dias essa diferença foi ainda maior, com uma média 42% superior à resistência característica esperada. Esses resultados indicam que o concreto utilizado superou significativamente a resistência mínima especificada, evidenciando a qualidade do material e da execução do processo.

Os resultados demonstram que o concreto atingiu valores de resistência superior ao esperado já aos 14 dias, o que é um indicativo de um controle de qualidade eficaz na produção e na cura inicial do material, reforçando a importância de um processo de cura bem executado, visto que o concreto tem um ganho de resistência elevado nos primeiros dias. O aumento de 14,3% na resistência entre os 14 e 28 dias reforça a importância do tempo de cura para o desenvolvimento das propriedades mecânicas. Assim, conclui-se que o concreto analisado não apenas atingiu, mas superou as expectativas de desempenho, consolidando a eficiência dos materiais e processos adotados.

2.3.2. Ensaio empírico de umidade ascendente por capilaridade

Nas primeiras horas do ensaio de umidade ascendente por capilaridade foi possível observar que o concreto natural absorveu a umidade com muito mais rapidez do que o concreto impermeabilizado. Tal afirmação pode ser verificada na Figura 12

que compara os concretos natural e impermeabilizado com 1h e 8h de ensaio. Observa-se que decorridas as 8h e 28h de ensaio, a umidade tomou praticamente toda a argamassa de assentamento do concreto natural, enquanto no concreto com impermeabilização, ela permanece seca. Se o tijolo estivesse rebocado a perspectiva da umidade aparente seria bem maior, trazendo uma oportunidade para um possível trabalho, e através desse ensaio mostra a importância de uma boa impermeabilização e a efetividade a impermeabilização por emulsão asfáltica, sendo ela uma das mais acessíveis no mercado.

FIGURA 12 – Comparativo entre 1h, 8h e 28h de ensaio de umidade ascendente



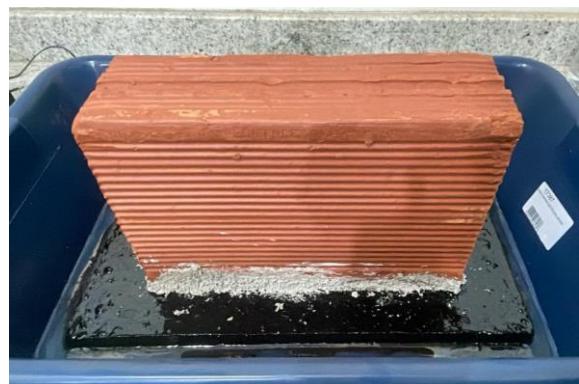
(a) 1 hora de ensaio concreto natural



(b) 1 hora de ensaio concreto com emulsão asfáltica



(c) 8 horas de ensaio concreto natural



(d) 8 horas de ensaio concreto com emulsão asfáltica



(e) 28 horas de ensaio concreto natural



(f) 28 horas de ensaio concreto com emulsão asfáltica

3. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da impermeabilização com emulsão asfáltica em comparação à ausência dessa proteção no concreto, investigando seu impacto na durabilidade. Os resultados obtidos, tanto em ensaios práticos quanto em análises teóricas, demonstraram de maneira consistente que o uso da emulsão asfáltica reduz significativamente a absorção de água pelo concreto, proporcionando uma barreira contra a penetração de agentes agressivos.

Essa proteção desempenha um papel crucial na prevenção de patologias relacionadas à ação da umidade, garantindo maior longevidade e desempenho estrutural das obras. Assim, a emulsão asfáltica se apresenta como uma solução prática e eficaz para proteger estruturas sujeitas a condições agressivas, reduzindo riscos de degradação.

No que tange às propriedades mecânicas, os ensaios de compressão axial, os resultados indicaram valores de resistência condizentes com o esperado para a classe de concreto utilizada, garantindo que o concreto analisado atende aos critérios projetados de desempenho estrutural.

Conclui-se, portanto, que a aplicação da emulsão asfáltica é altamente recomendável para aumentar a durabilidade. Este estudo destaca a relevância de integrar práticas de impermeabilização no planejamento e execução de obras, promovendo um equilíbrio eficaz entre proteção, funcionalidade e sustentabilidade.

Para um eventual trabalho futuro seria interessante a comparação do concreto natural em relação ao concreto com impermeabilização por cristalização, e no momento de o ensaio de umidade ascendente fazer o reboco nos tijolos, por na argamassa de reboco possui mais poros, onde ocorre uma maior percolação de agua, onde vai ficar mais visível para os resultados.

4. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5738:** Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5739:** – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos; Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118:** Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6122:** Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9575:** Impermeabilização – Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9952:** Manta asfáltica com armadura para impermeabilização - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16889:** Concreto — Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 2020.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção:** novos materiais para a construção civil. v. 2. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1994.

CAPPELLESSO, V. G. **Uso de impermeabilizante por cristalização para redução da permeabilidade do concreto.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016.

CINTRA, J. C. A.; AOKI, N.; ALBIERO, J. H. **Fundações diretas:** Projeto geotécnico. São Paulo: Oficina de Texto, 2011.

DAKRON. **Manta Baldrame (Manta Para Vigas).** Disponível em: <<https://akronrs.com.br/produto/manta-baldrame/>>. Acesso em: 09 nov. 2024.

DE ALMEIDA, M. A.; FARIA, P. A. R. **Métodos de impermeabilização como prevenção aos efeitos patológicos da ação da água em residências na cidade de Goianésia - GO.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, 2017.

DE MELO, A. S.; ALVES, L. S. **Patologias em residencial multifamiliar proveniente da ausência de impermeabilização:** estudo de caso Edifício Moradas do Sol. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017.

DENVER IMPERMEABILIZANTES LTDA. **Denver Impermeabilizantes.** Disponível em: <http://www.denverimper.com.br>. Acesso em: 12 nov. 2024.

EGGERS, A. R. **Levantamento dos tipos de impermeabilizantes utilizados por construtoras na construção civil:** estudo de caso. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Regional do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí 2018.

GONÇALVES, D. H. et al. **Sistema de impermeabilização na construção civil com ênfase em fundações:** estudo de caso. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Universitário UMA. Belo Horizonte, 2021.

GUARIZO, E. A. **Impermeabilização Flexível.** 2008. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Unidade Acadêmica da Área de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade São Francisco. Itatiba, 2008.

LAGE, A. D. B. **Patologias associadas à umidade soluções ao caso concreto.** 2012. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

LWART - **Manual técnico de impermeabilização.** Disponível em: <http://www.lwart.com.br/> (Acessado em 20/3/2009).

MACCARI, G. H. **Argamassa de assentamento com saibro:** um estudo das práticas na região de tubarão/SC. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação em

Engenharia Civil) - Coordenação de Projetos e Novas Tecnologias de Edificações, Universidade do Extremo Sul Catarinense. Tubarão, 2010.

MARANGON, M. Fundações diretas. In: MARANGON, M. **Geotecnia de fundações**. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2018.

MORAIS, R. **Caixaria viga baldrame**. Construção, 2011. Disponível em: <<https://construcaotga.blogspot.com/2011/12/caixaria-viga-baldrame.html>>. Acesso em: 22 out. 2024.

POLESELLO, E.; MAUS, M. A influência do aditivo cristalizante nas propriedades do concreto endurecido. **Revista Tecnologia e Tendências**. n.1. p. 14-36. 2020.

RIGHI, G. V. **Estudo dos sistemas de impermeabilização**: patologias, prevenções e correções – análise de casos. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

SILVA, D. O.; OLIVEIRA, P. S. F. **Impermeabilização com mantas de PVC**. Revista Téchne, São Paulo, n. 111, p. 76-80, jun. 2006.

SOARES, F. F. **A importância do projeto de impermeabilização em obras de construção civil**. 2014. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

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.