XV SBTA Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas
Porto Alegre/RS - 11 a 13 de junho de 2025

AVALIAÇÃO DA INCIDÊNCIA DE EFLORESCÊNCIAS EM ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

Evaluation of efflorescence occurrence in plastering mortars

RHYANNE VITÓRIA LEAL LOURENÇO[1], MARIENNE DO ROCIO DE MELLO MARON DA COSTA [2], SARAH HONORATO LOPES DA SILVA TAMURA[3]
[1]Graduanda em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, rhyleal@hotmail.com
[2] Professora Doutora, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Paraná, mariennemaron@gmail.com
[3] Professora Doutora, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, sarahh@utfpr.edu.br

RESUMO
Este estudo propôs uma metodologia acelerada para avaliar a ocorrência de eflorescências em argamassas, além de testar tratamentos superficiais para mitigação. Corpos de prova foram expostos à água por 56 dias em quatro condições: sem tratamento, com tinta acrílica, com impermeabilizante acrílico e com ambos. A área afetada foi quantificada por imagens no MATLAB. Resultados mostraram que a combinação de resina e tinta acrílica reduziu em até 98% a eflorescência. A análise por imagens demonstrou sensibilidade a fatores externos, mas foi coerente com a avaliação visual, validando a metodologia proposta para quantificação do fenômeno.

Palavras-chave: Eflorescência. Argamassa industrializada. Tratamento superficial. Método acelerado. Análise de imagem.

ABSTRACT
This study proposed an accelerated methodology to evaluate the occurrence of efflorescence in mortars, as well as to test surface treatments for its mitigation. Specimens were exposed to water for 56 days under four conditions: untreated, with acrylic paint, with an acrylic waterproofing agent, and with both. The affected area was quantified using image analysis in MATLAB. Results showed that the combination of resin and acrylic paint reduced efflorescence by up to 98%. Image analysis was sensitive to external factors but was consistent with visual assessment, validating the proposed methodology for quantifying the phenomenon.

Keywords: Efflorescence. Industrialized mortar. Surface treatment. Accelerated method. Image analysis.

Como citar:
LOURENÇO, R. V. L.; COSTA, M. R. M. M..; TAMURA, S. H. L. S. Avaliação da incidência de eflorescências em argamassas de revestimento. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2025, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2025.

INTRODUÇÃO

A eflorescência em argamassas cimentícias é uma manifestação patológica caracterizada por depósitos esbranquiçados de sais solúveis, presentes na argamassa, que migram para a superfície devido à presença de umidade e subsequente evaporação [1].

Além do prejuízo estético, a eflorescência pode comprometer a integridade estrutural, levando ao desprendimento de revestimentos e pintura [2]. Aponta-se também a possibilidade de redução da resistência mecânica devido às alterações físico-químicas causadas pelo fenômeno [3]. Ressalta-se que, em argamassas armadas, a exposição das armaduras decorrentes da perda de revestimento aumenta o risco de corrosão [4].

Para mitigar ou evitar a eflorescência, recomenda-se a escolha criteriosa de materiais e técnicas construtivas, bem como a implementação de sistemas de drenagem e impermeabilização eficientes [5]. Manutenções regulares e limpezas periódicas das superfícies também são práticas recomendadas para minimizar o problema. Estudos corroboram a importância da impermeabilização, observando que falhas nesse sistema estão frequentemente associadas ao surgimento do fenômeno [6,7]. Adicionalmente, estudos apontaram que o uso de bloqueadores de umidade pode ser eficaz na prevenção da eflorescência [8].

Há uma carência significativa de normas técnicas no Brasil para estudar a incidência de eflorescência em argamassas cimentícias, com a única norma disponível, a NBR 12829 [9], limitando-se a couros. Além disso, as normas internacionais também abordam o fenômeno apenas em materiais como revestimentos de látex e sistemas de pavimentação, sem considerar as argamassas.

Nesse contexto, diversos pesquisadores desenvolveram metodologias para estudar a eflorescência, destacando-se entre eles De Bem [10], que realizou um estudo comparativo de oito metodologias desenvolvidas anteriormente por outros autores com algumas adaptações e propôs ainda dois novos ensaios. Os resultados obtidos dessa comparação apontaram que o método denominado "COPO" destacou-se como mais eficaz. Posteriormente Lopes da Silva [11] adaptou esse ensaio, utilizando pastilhas maiores e pregos de aço zincado, sendo essa a metodologia empregada no presente trabalho.

Diante disso, o presente estudo tem como objetivo avaliar a ocorrência de eflorescências em revestimentos argamassados submetidos a diferentes tratamentos superficiais, com foco na aplicação de tinta acrílica e resina acrílica, visando mitigar o fenômeno e contribuir para a durabilidade e sustentabilidade das edificações. Além disso, busca-se analisar uma adaptação da metodologia do ensaio acelerado de eflorescência “COPO” [10,11], com o intuito de validar sua aplicabilidade e eficácia no estudo do fenômeno em argamassas cimentícias.

MATERIAIS E MÉTODOS

MATERIAIS

Os ensaios foram realizados em laboratório, utilizando corpos de prova fabricados com argamassa cimentícia industrializada, composta por Cimento Portland, agregados minerais com granulometria controlada e aditivos químicos. Destaca-se que o material escolhido contém Cimento Portland de alta resistência inicial (CPV-ARI), que atinge resistência em 7 dias, a fim de realizar um menor período de cura.

Além disso, foi utilizada água fornecida pela rede pública, na proporção recomendada pelo fabricante de 3,4 litros de água para cada 20 kg de material seco. Foi adicionado à mistura um pigmento inerte na cor preta, com o objetivo de escurecer a cor da matriz cimentícia e evidenciar os depósitos salinos, seguindo a recomendação da literatura [10, 11].

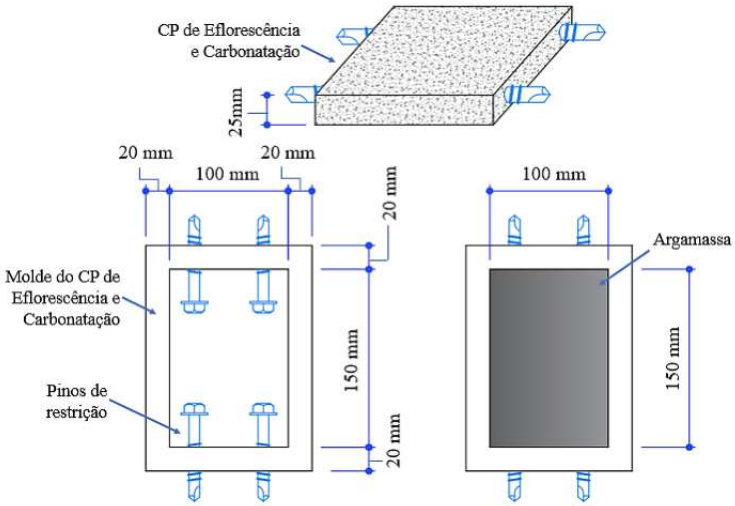
Por fim, para o tratamento superficial dos corpos-de-prova, foram aplicados tinta acrílica, composta por: resina acrílica emulsionável, coalescente, espessantes, pigmentos orgânicos e inorgânicos livres de metais pesados, água, preservantes e aditivos funcionais; e resina acrílica à base de água composta por: emulsão acrílica modificada, pigmentos, ativos e inertes, cargas minerais, coalescentes e água.

MÉTODOS

O desenvolvimento da pesquisa se deu em duas partes, sendo elas os ensaios de caracterização da argamassa e o ensaio acelerado de eflorescência. Sendo que na primeira foram realizados de ensaios de índice de consistência [12], de densidade de massa fresca [13], de resistência à compressão [14], de resistência à tração na flexão [14], de absorção de água por capilaridade [15], de módulo de elasticidade [16] e de fluorescência por Raio-X (FRX), seguindo as normas vigentes para cada um deles.

Para o ensaio acelerado, foram utilizados corpos de prova com dimensões de 100 x 150 x 25 mm, nos quais foram inseridos pregos de aço zincado com cabeça, com as dimensões 3 x 62,10 mm, como apresentado na Figura 1, conforme metodologia proposta por Silva [11].

Figura 1 - Modelo dos corpos de prova utilizados.



Fonte: Silva [11]

Foram moldadas 12 placas seguindo metodologia proposta anteriormente:

> [...] em camada única, promovendo o adensamento da argamassa através da execução de movimentos verticais com uma espátula na posição horizontal e sua lâmina perpendicular ao plano superior do molde, com a aplicação de 10 golpes paralelos e uniformemente distribuídos no comprimento do corpo-de-prova. [...] Por fim, rasou-se o molde com a espátula com movimentos de vai-e-vem, com inclinação de aproximadamente 45º em relação à superfície da argamassa [11].

Os corpos de prova (CP) foram mantidos por 48 horas em laboratório, sob condições controladas de umidade e temperatura (temperatura média de 25°C e umidade relativa de 50%). Após esse período, os corpos de prova foram desformados e submetidos a um ciclo de cura submersa de 7 dias em uma solução saturada de cal.

Em seguida, os CPs foram secos em estufa a 40°C por 24 horas. Após a secagem, foi aplicado o tratamento superficial com resina acrílica, que exigiu um tempo de secagem de 7 dias antes da próxima etapa. Finalizado esse período, foi aplicada a tinta acrílica, com duas demãos, sendo necessária secagem total de 24 horas, seguindo as recomendações do fabricante.

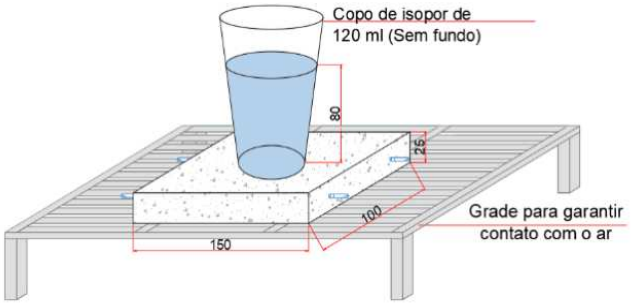
Destaca-se que entre as 12 placas, 3 delas não passaram por tratamentos, 3 receberam aplicação de tinta acrílica, 3 foram tratadas com resina acrílica e as 3 restantes receberam ambos os tratamentos. A aplicação dos tratamentos superficiais foi realizada em todas as faces das placas, utilizando rolo de lã, a fim de assegurar a eficácia dos mesmos.

O método adotado visa induzir a percolação descendente da água no corpo de prova, utilizando o contato direto com uma lâmina d'água. Embora, na aplicação prática, o revestimento tenha apenas uma face exposta ao meio externo, para este ensaio, optou-

se por envolver todo o corpo de prova com o tratamento obejtivando que o aparecimento da eflorescência em maior escala na face inferior (contrária à face onde o copo ficou aderido).

A metodologia empregada para o ensaio foi fundamentada no método “COPO” de De Bem [10], com adaptações de Lopes da Silva [11], o qual demonstrou eficácia na formação acentuada de eflorescências, simulando uma condição crítica de exposição do revestimento à umidade. O procedimento consistiu no uso de um copo de isopor de 120 ml, com a base removida, fixado no centro da face da placa por meio de resina epóxi, a qual necessitou de 24 horas de cura. A placa foi posicionada sobre uma grade, e o copo foi preenchido até alcançar uma lâmina d'água com altura de 80 mm, como demonstrado na Figura 2.

Figura 2 – Representação esquemática da configuração do ensaio acelerado.

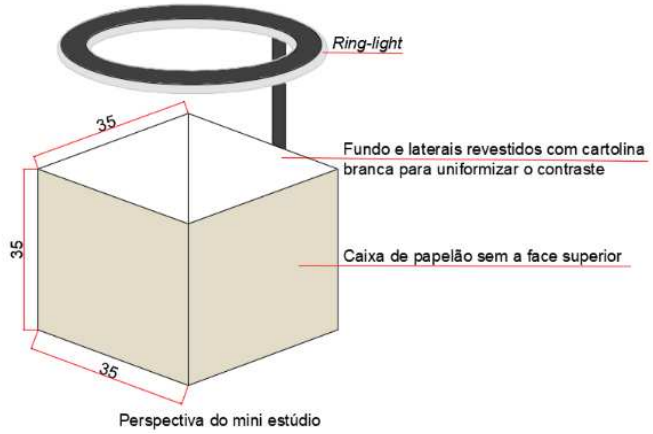


Fonte: Lourenço [17].

É importante destacar que a introdução da grade de apoio representa uma modificação no método experimental original. Essa alteração foi proposta neste trabalho, para garantir que toda face inferior do CP estivesse em contato com o ar.

Simultaneamente, foi realizado o registro fotográfico dos corpos de prova, com imagens capturadas antes do início do ensaio acelerado, no primeiro, terceiro e sétimo dias, e posteriormente a cada sete dias até o 56º dia. Para garantir a padronização das imagens, todas as fotografias foram feitas com um único smartphone, posicionado a aproximadamente 30 cm da superfície da placa, sem o uso de flash. A iluminação foi controlada por meio de um mini estúdio fotográfico especialmente montado para este estudo (Figura 3), juntamente com um ring-light.

Figura 3 - Mini estúdio confecionado.



Fonte: Lourenço [17].

As imagens capturadas foram submetidas a um processamento utilizando o software MATLAB, por meio de um script específico previamente empregado por outros autores [3, 5]. Esse processamento seguiu uma abordagem sistemática, iniciando pelo ajuste de proporção das imagens, que foi realizado por meio da seleção de 16 pontos de referência comuns entre pares de imagens. Esses pontos serviram para corrigir a distância entre eles, garantindo a padronização geométrica necessária para a análise comparativa.

Na etapa seguinte, foi conduzida a análise para determinar a escala de branco ideal para cada imagem. Destaca-se que a cor branca, no modelo RGB, varia de 0 a 255, onde 0 corresponde ao preto absoluto e 255 ao branco absoluto. Dada essa variação, tornou-se necessário identificar os níveis mínimos ideais de branco para cada corpo de prova (CP). Essa determinação foi realizada com base na metodologia proposta por Silva [11], que utiliza a análise do histograma de distribuição de pixels em relação aos níveis de branco. Esse procedimento permitiu identificar padrões de luminosidade característicos para cada CP, fundamental para minimizar os efeitos da diferença de luminosidade entre as imagens.

As etapas principais do processo de análise de imagens incluem a conversão das imagens para tons de cinza para padronização das cores seguida do recorte da área específica do corpo de prova, focando nas regiões de interesse, e aplicaram-se cálculos de média e desvio-padrão da luminosidade, a fim de uniformizar a iluminação entre as imagens. Como resultado desse processo, foi obtida a contagem de pixels brancos, que foram interpretados como representações do fenômeno em estudo no corpo de prova.

Após o processamento de imagens, os dados obtidos foram submetidos a análises estatísticas para avaliar a confiabilidade dos resultados. A Análise de Variância (ANOVA) foi empregada para verificar diferenças significativas entre os grupos, enquanto o teste t pareado permitiu uma avaliação detalhada das variáveis comparadas. Paralelamente, foi realizada uma análise química por fluorescência de Raios-X (FRX) na mistura seca da argamassa, com o objetivo de identificar os elementos químicos presentes no material, fornecendo informações adicionais relevantes para a compreensão do comportamento do corpo de prova.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

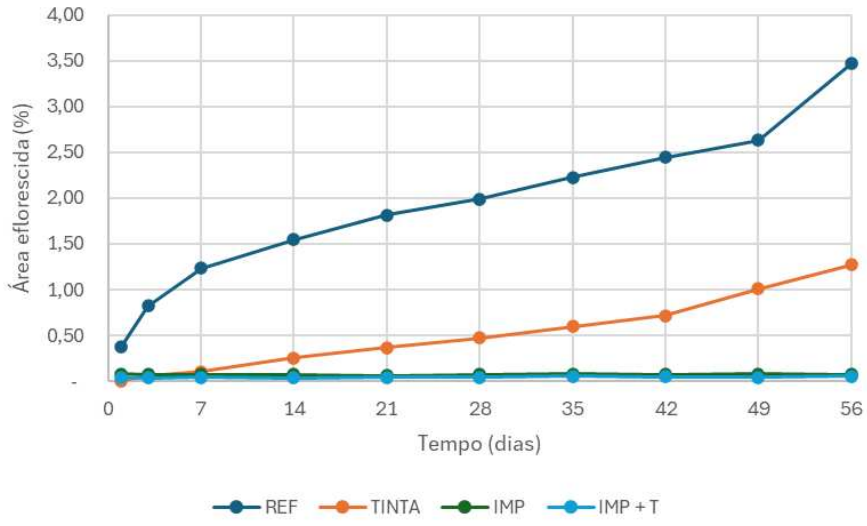
Os resultados dos ensaios de caracterização, conforme especificado na NBR 13281 - Argamassas inorgânicas — Requisitos e métodos de ensaios [18] apresentaram as seguintes classes:

- resistência à compressão (4,0 a 6,5 MPa) – Classe P4;
- densidade de massa no estado fresco (1800 a 2000 kg/m3) –Classe D5;
- módulo de elasticidade dinâmico (< 7000 MPa) – Classe E4;
- resistência à tração na flexão (1,0 a 2,5 MPa) – Classe C2;

Visto isso, expõe-se a seguir os resultados do ensaio acelerado.

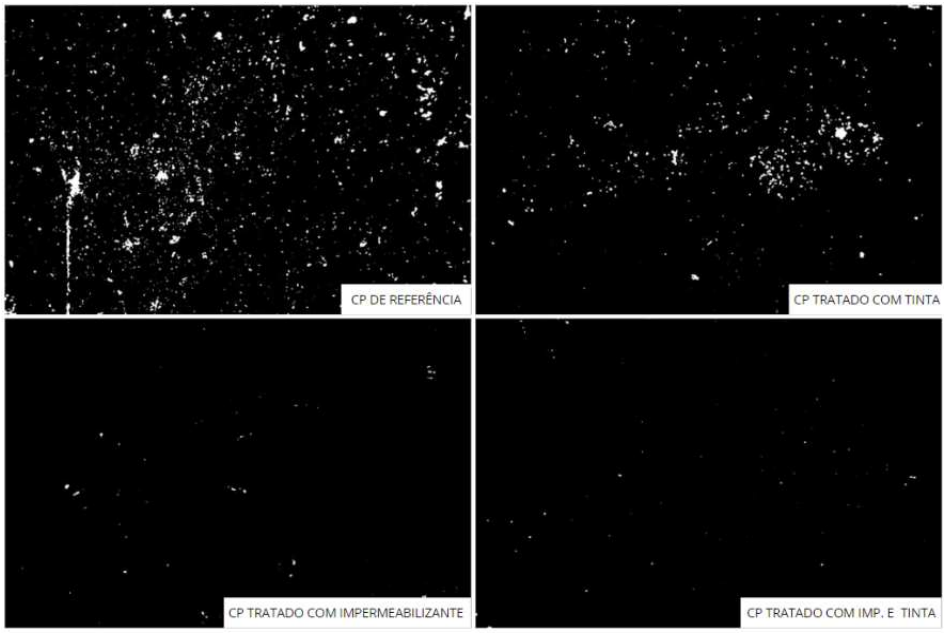
Através da análise das imagens, obteve-se a porcentagem das áreas eflorescidas, cujos dados estão representados na Figura 4. Além disso, a Figura 5 exibe imagens dos corpos de prova tratados aos 56 dias, permitindo uma comparação visual da extensão das áreas afetadas.

Figura 4 - Resultados do ensaio acelerado de eflorescência.



Fonte: Os autores (2025).

Figura 5 - Imagens tratadas dos corpos de prova aos 56 dias.



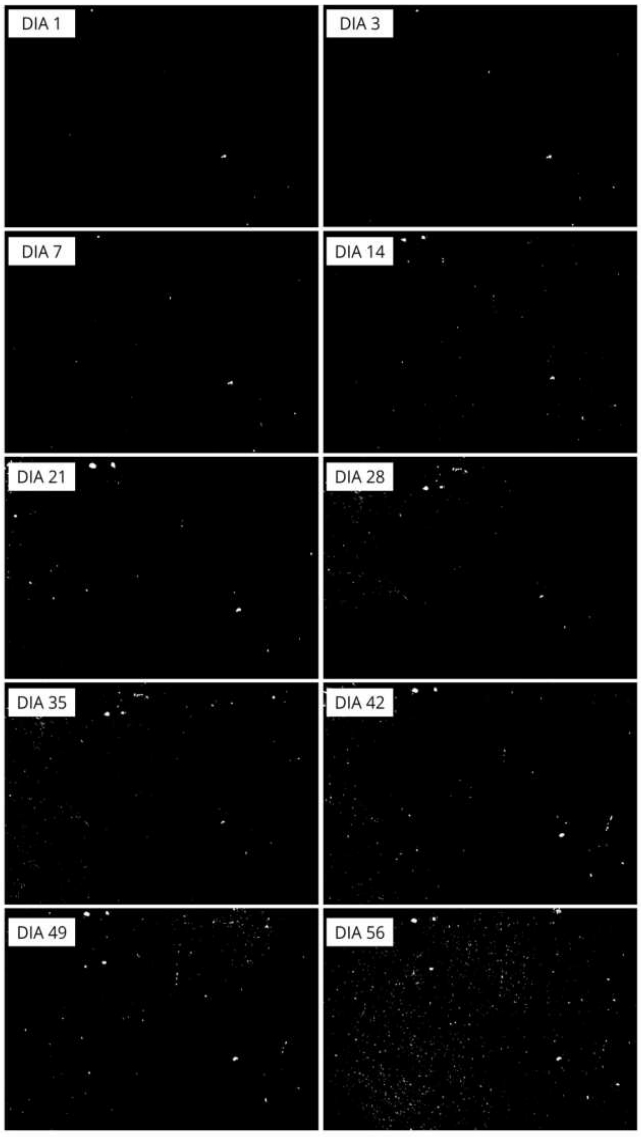
Fonte: Os autores (2025).

Observou-se que os corpos de prova impermeabilizados apresentaram valores próximos de zero para a porcentagem de área afetada. Os exemplares que receberam apenas a aplicação de tinta exibiram uma área eflorescida em média 67% inferior à dos corpos de prova de referência, fato atribuído à menor absorção de água e consequente redução do processo de lixiviação.

Essa diferença pode ser relacionada à expressiva variação na altura da coluna de água nos recipientes que continham os corpos de prova submetidos a distintos tratamentos. Tal fenômeno está associado à alteração na capacidade de absorção capilar de água pela estrutura, em função da formação de uma película protetora ao redor dos corpos de prova.

Para ilustrar a evolução do fenômeno, a Figura 6 apresenta imagens de um corpo de prova ao longo dos 56 dias de ensaio. Destaca-se que a eflorescência ocorreu apenas na face oposta ao recipiente com água, uma vez que o ensaio acelerado promoveu a percolação descendente do líquido, causando a lixiviação dos hidróxidos para a superfície oposta, onde se formaram os depósitos salinos.

Figura 6 - Evolução da eflorescência em uma amostra tratada com tinta.



Fonte: Os autores (2025).

Comparativamente, os corpos de prova de referência apresentaram um avanço significativo da eflorescência em relação aos demais, embora a área afetada aos 56 dias tenha sido 88,30% menor que a observada em argamassas convencionais (1:1:6) [11]. Essa diferença pode ser atribuída ao emprego de argamassa industrializada com controle tecnológico superior e aditivos que aumentam sua durabilidade.

Adicionalmente, verificou-se que a argamassa utilizada em estudo anterior apresentava maior teor de óxidos totais em comparação à argamassa de referência deste estudo [11]. A argamassa industrializada empregada, composta por cimento Portland CP V-ARI, agregado miúdo e aditivos, exibiu uma menor concentração de CaO e MgO, diferentemente da argamassa mista, que continha cal dolomítica, fonte adicional de MgO [11]. Esses resultados confirmam que além da microestrutura da argamassa, a seleção dos materiais constituintes desempenha um papel crucial na formação de sais de eflorescência.

Para os corpos de prova com tratamento superficial, que apresentaram tendência quase nula de eflorescência, conclui-se que o uso de sistemas de impermeabilização adequados é eficaz na prevenção desse fenômeno, garantindo a manutenção da estética e qualidade do revestimento. A impermeabilização impede a infiltração de água, principal fator desencadeador de manifestações patológicas. Dessa forma, corrobora-se a afirmação sobre a importância de investir em materiais e técnicas de impermeabilização de qualidade para garantir a durabilidade das edificações [1].

Realizou-se também uma análise de variância (ANOVA) para verificar a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os corpos de prova quanto à porcentagem de área eflorescida. Os resultados,indicam que, com um nível de confiança de 99,5%, não foram observadas diferenças significativas entre os corpos de prova submetidos ao mesmo tratamento e com a mesma idade, sugerindo homogeneidade estatística entre as amostras. Em seguida, foi aplicado o teste t pareado para comparar as médias das porcentagens de área eflorescida entre diferentes idades. Os resultados, indicam diferenças significativas em todos os pares, corroborando a evolução do fenômeno ao longo do tempo.

O método apresenta algumas limitações que precisam ser destacadas. Apesar do uso do miniestúdio para capturar as imagens, foi observada uma variação na iluminação devido à presença de sombras, o que interfere diretamente nos resultados da análise realizada no MATLAB. Como mencionado anteriormente, cada imagem possui um nível de cinza ideal, sendo necessário examinar cuidadosamente cada uma delas até identificar a escala mais adequada, levando em conta a luminosidade de cada imagem.

Além disso, durante o processo de impermeabilização, constatou-se que algumas regiões do corpo de prova receberam uma concentração excessiva de resina, o que gerou uma superfície heterogênea. Essa irregularidade na aplicação do material também influenciou os resultados obtidos, tornando indispensável uma análise mais detalhada e criteriosa. Assim, os desafios apontados reforçam a importância de aprimorar tanto o controle das condições de iluminação quanto a uniformidade no preparo das amostras, a fim de minimizar os fatores que possam impactar a precisão dos dados analisados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados evidenciam que a aplicação de tratamentos superficiais é uma estratégia eficaz para reduzir a percolação de água na estrutura, minimizando o processo de lixiviação e, consequentemente, o surgimento de eflorescências. O uso de tinta acrílica demonstrou uma redução de 67% nas áreas afetadas, funcionando como uma barreira física que dificulta a penetração da água e mitiga os efeitos da lixiviação. Já o impermeabilizante apresentou um desempenho ainda mais significativo, reduzindo a manifestação patológica em até 98%, atingindo valores próximos de zero.

Além disso, a análise fotográfica mostrou-se estatisticamente confiável para avaliar a eficácia dos tratamentos aplicados. No entanto, desafios ainda persistem no processamento das imagens devido a variações de luminosidade, sombras e reflexos,

indicando a necessidade de aprimoramentos técnicos para garantir maior precisão na análise dos resultados.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à UTFPR e ao Laboratório de Materiais e Práticas Construtivas, do Campus Apucarana, pelo financiamento desta pesquisa, bem como ao LAMAP pelas análises realizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BAUER, E.; VASCONCELOS, P.H.C.O.; GRANATO, J.E. **Sistemas de impermeabilização e isolamento térmico**. In: ISAIA, G.C. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. 2 ed. São Paulo, IBRACON, 2010.

[2] SOUZA, M. F. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. Monografia (Especialização em Construção Civil). Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia de Materiais de Construção, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

[3] SANTOS, P. H. C.; SILVA FILHO, A. F. **Eflorescência: causas e consequências**. Salvador: [s.n.], 2008. Disponível em:http://info.ucsal.br/banmon/. Acesso em: 15 Ago. 2023.

[4] MENEZES, R. R.; FERREIRA, H. S.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C. Sais solúveis e eflorescência em blocos cerâmicos e outros materiais de construção-revisão. **Cerâmica**, v. 52, n. 321, p. 37-49, 2006.

[5] UEMOTO, K. L. **Patologia: Danos causados por eflorescência**. 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. 1988. p.561-64.

[6] FREITAS, P. H. A.; BRASILEIRO, F. L. C.; COSTA, J. R. R.; MAGALHÃES, M. L.; XIMENES, M. M.; VASCONCELOS, S. D.; RAMOS, S. P. Patologias por umidade: causas e consequências da formação de eflorescência nas edificações / Pathologies caused by moisture: causes and consequences of efflorescence formation in buildings. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 8, n. 6, p. 46780–46794, 2017. DOI: 10.34117/bjdv8n6-269.

[7] RIBEIRO, I. J. da C. et al. Implantação de métodos de tratamento para combater as eflorescências. **Revista Principia** - Divulgação Científica e Tecnológica do Ifpb, [S.L.], v. 1, n. 38, p. 43, 15 fev. 2018. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. http://dx.doi.org/10.18265/1517-03062015v1n38p43-53.

[8] BAUER, E.; SALOMÃO, B. C. F.; SILVA, M. N. B. Investigação da mitigação das eflorescências em argamassas com a utilização de sistemas bloqueadores de umidade. **Anais** [...].10º Simpósio brasileiro de tecnologia das argamassas, Fortaleza, 2013.

[9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12829**: Couro — Determinação da propensão à eflorescência salina. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

[10] DE BEM, D. H. **Efeito da adição de pozolanas e da cal hidratada na incidência de eflorescência medida através de ensaios acelerados em argamassas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

[11] SILVA, S. H. L. **Avaliação do ciclo de vida de argamassas de revestimento com parâmetros de carbonatação e eflorescência**. 2022. 209 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2022.

[12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

[13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

[14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

[15] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9779**: Argamassa e concreto endurecidos — Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

[16] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15630**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

[17] LOURENÇO, R. V. L. **Avaliação da incidência de eflorescências em argamassas cimentícias**. 2024. 58 f. (não publicado). Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2024.

[18] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13281**: Argamassas inorgânicas — Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.