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

AVALIAÇÃO DO EFEITO AUTOLIMPANTE PROMOVIDO PELA ASPERSÃO DE FOTOCATALISADORES EM ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

Evaluation of the self-cleaning effect induced by the spraying of photocatalysts on coating mortar

RAMON MENDONÇA TELES[1], ROBSON JORDAN FERREIRA GUIMARÃES[2], EDUARDA RAFAELA NOVELLO[3], KAUÃ HENKE PAIM[4], DAIANA CRISTINA METZ ARNOLD[5]
[1]Mestrando PPG em Materiais e Processos Industriais, Universidade Feevale, 0151420@feevale.br
[2] Engenheiro Civil, Universidade Feevale, 0145069@feevale.br
[3] Graduanda em Engenharia Civil, Universidade Feevale, 0331773@feevale.br
[4] Graduando em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Feevale, 0404367@feevale.br
[5] Profª. Drª., Universidade Feevale, daim@feevale.br

RESUMO
Argamassas autolimpantes absorvem luz UV para remover impurezas do substrato. Este estudo investigou o efeito autolimpante de argamassas de revestimento, utilizando TiO_2 e ZnO aplicados por aspersão em concentrações de 5%, 10% e 15%. A eficiência fotocatalítica foi avaliada pela degradação do corante RodaminaB, analisada no software ImageJ, após exposição ao intemperismo natural e ao envelhecimento acelerado. Os resultados mostraram que as concentrações foram eficazes, com o TiO_2 apresentando desempenho superior, especialmente a 15%. O ZnO, embora fotocatalítico, teve menor eficiência devido a diferenças na absorção de luz e reatividade, indicando que o TiO_2 é mais adequado para superfícies autolimpantes.

Palavras-chave: Argamassa estabilizada. Revestimento Autolimpante. Atividade Fotocatalítica. Intemperismo Natural. Envelhecimento Acelerado.

ABSTRACT
Self-cleaning mortars absorb UV light to remove impurities from the substrate. This study investigated the self-cleaning effect of coating mortars using TiO_2 and ZnO applied by spraying at concentrations of 5%, 10%, and 15%. Photocatalytic efficiency was assessed by the degradation of Rhodamine B, analyzed using ImageJ software, after exposure to natural weathering and accelerated aging. The results showed that all concentrations were effective, with TiO_2 exhibiting superior performance, especially at 15%. ZnO, although photocatalytic, showed lower efficiency due to differences in light absorption and reactivity, indicating that TiO_2 is more suitable for self-cleaning surfaces.

Key-words: Stabilized Mortar. Self-Cleaning Coating. Photocatalytic Activity. Natural Weathering. Accelerated Aging.

Como citar:
TELES, R. N.; GUIMARÃES, R. J. F.; NOVELLO, E. R.; PAIM, K. H.; ARNOLD, D. C. M. Avaliação do efeito autolimpante promovido pela aspersão de fotocatalisadores em argamassa de revestimento. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2025, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2025.

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas e a intensificação da poluição atmosférica têm impactado diversos ecossistemas [1], incluindo as fachadas de edificações, que são diretamente expostas às condições ambientais adversas [2]. Essas superfícies estão vulneráveis não apenas à variabilidade climática, mas também ao acúmulo de poluentes, como poeira, fuligem e compostos orgânicos, que comprometem sua durabilidade e estética [3].

Com o objetivo de agregar propriedades autolimpantes na argamassa de revestimento, estudos têm explorado a incorporação de fotocatalisadores, como dióxido de titânio (TiO_2) e óxido de zinco (ZnO) [3][4][5][6]. A ação fotocatalítica em argamassas autolimpantes, quando expostas à luz UV, promove reações químicas que decompõe compostos orgânicos e diferentes poluentes [5][7]. Esse processo reduz a sujidade, diminuindo a manutenção e melhorando a qualidade do ar e do ambiente urbano [8].

Estudos como o de [9] enfatizam a relevância de avaliar a eficiência fotocatalítica de materiais submetidos ao intemperismo natural, especialmente para aplicações em ambientes urbanos, onde as condições climáticas e a exposição a contaminantes atmosféricos podem impactar diretamente o desempenho dos fotocatalisadores ao longo do tempo.

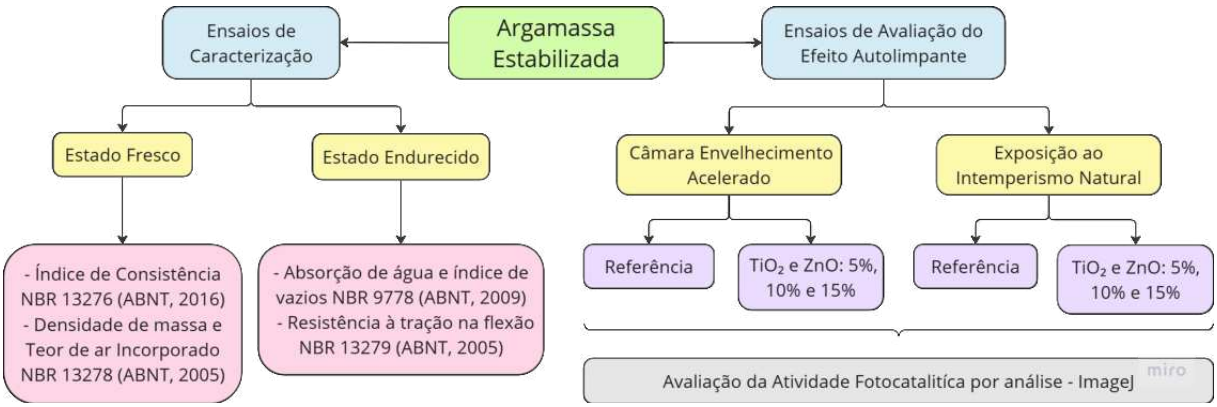
Esta pesquisa avaliou a eficiência da atividade fotocatalítica promovida pelos fotocatalisadores na autolimpeza das argamassas, analisando três diferentes percentuais de aspersão. Serão realizados as caracterizações física e química da argamassa e ensaios fotocatalíticos tanto em ambiente externo quanto em câmara de envelhecimento, analisando a remoção de cor do corante RhB (rodamina b).

A investigação sobre a eficiência fotocatalítica em condições de intemperismo natural é essencial para compreender como fatores ambientais, como luz solar e água da chuva, influenciam a degradação de poluentes em cenários reais. Esse entendimento não apenas contribui para o desenvolvimento de tecnologias mais eficazes e sustentáveis, mas também para a adaptação de materiais fotocatalíticos às condições ambientais, promovendo soluções viáveis para a mitigação de impactos ambientais [4][9].

PROGRAMA EXPERIMENTAL: MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa investigou a degradação do pigmento Rodamina B sob a radiação UV, ativado pelo processo fotocatalítico em condições de intemperismo natural e envelhecimento acelerado de argamassas de revestimento. O programa experimental seguiu o fluxograma ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma do programa experimental.



Fonte: Os autores (2025).

Os materiais utilizados foram argamassa estabilizada com tempo de estabilização de 36h, dióxido de titânio (TiO_2), óxido de zinco (ZnO) e Rodamina b. As soluções fotocatalíticas foram preparadas em concentrações de 5%, 10% e 15%, aspergidas uniformemente nas amostras. Os ensaios de caracterização foram realizados conforme normas técnicas específicas, garantindo a padronização e a confiabilidade dos resultados obtidos.

Essa abordagem permite avaliar com precisão as propriedades físicas e mecânicas do material, assegurando a qualidade dos dados e sua comparabilidade com outros estudos. Na Tabela 1 são apresentados os resultados dos ensaios de caracterização realizados para a argamassa estabilizada.

Tabela 1 – Resultado dos ensaios de caracterização.

NBR	Ensaios	Resultados	Unidades
13276	Índice de consistência	268,00	mm
13278	Densidade de massa	1900,00	kg/m³
9778	Absorção de água	12,73	%
9778	Índice de vazios	23,71	%
13279	Resistência à tração na flexão	2,27	MPa

Fonte: Os autores (2025).

Após caracterização da argamassa, os ensaios para avaliação da atividade fotocatalítica foram realizados. Em ambiente externo, utilizou-se blocos cerâmicos chapiscados e revestidos com argamassa estabilizada para revestimento. Os blocos revestidos foram posicionados em ambiente externo, por um período contínuo de 28 dias. A localização foi cuidadosamente selecionada para minimizar o sombreamento e maximizar a radiação solar recebida, favorecendo a ativação do processo fotocatalítico. As variações de cor e a degradação do pigmento foram registradas fotograficamente ao longo do período de exposição.

O ensaio na câmara de envelhecimento acelerado foi conduzido em câmara EQUV com lâmpadas UVB ajustadas para 1,25 W/m². nm a 50 °C. Foram analisadas placas de argamassa de 8x7x2cm manchadas com rodamina b. As amostras foram expostas na câmara e fotografadas em oito intervalos de tempo diferentes, três intervalos de 10 minutos, dois de

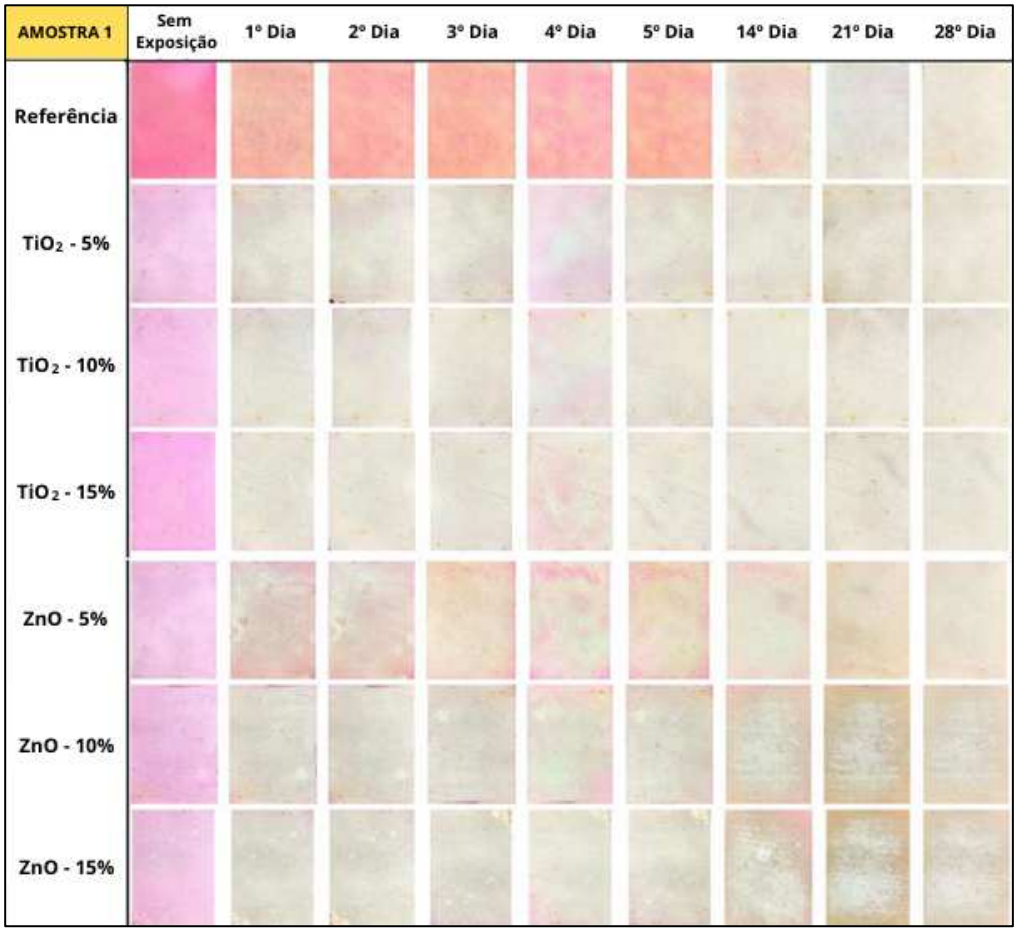
15 minutos, dois de 30 e um intervalo de 60 minutos, totalizando três horas de exposição. A análise foi realizada com o software ImageJ, no sistema RGB.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Este capítulo apresenta e analisa os resultados dos ensaios realizados, destacando os resultados visuais e colorimétricos por ImageJ dos blocos revestidos com argamassa e das placas de argamassa, ambos pigmentados com Rodamina B, com acabamento liso e aspersões de TiO_2 e ZnO.

A Figura 2 apresenta a evolução da aparência dos blocos revestidos com argamassa contendo diferentes concentrações de TiO_2 e ZnO ao longo de 28 dias de exposição externa, evidenciando a atividade fotocatalítica dos materiais. As amostras com TiO_2 e ZnO demonstram uma redução gradual na intensidade da coloração inicial, indicando a degradação do corante sob exposição à luz solar, em comparação com a amostra de referência.

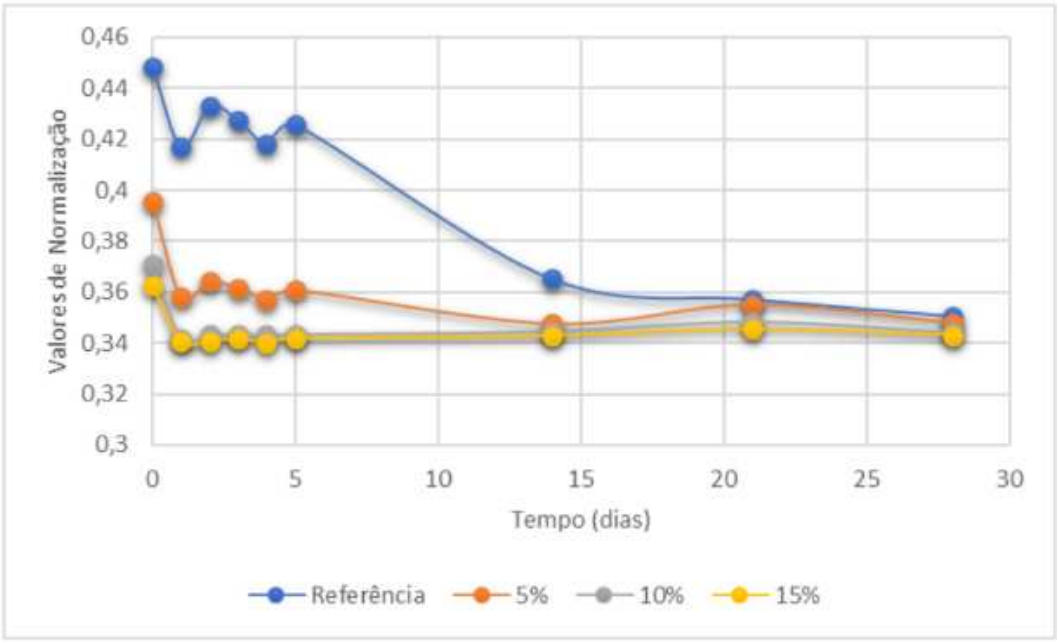
Figura 2 - Fotografias dos blocos manchados expostos ao ambiente externo.



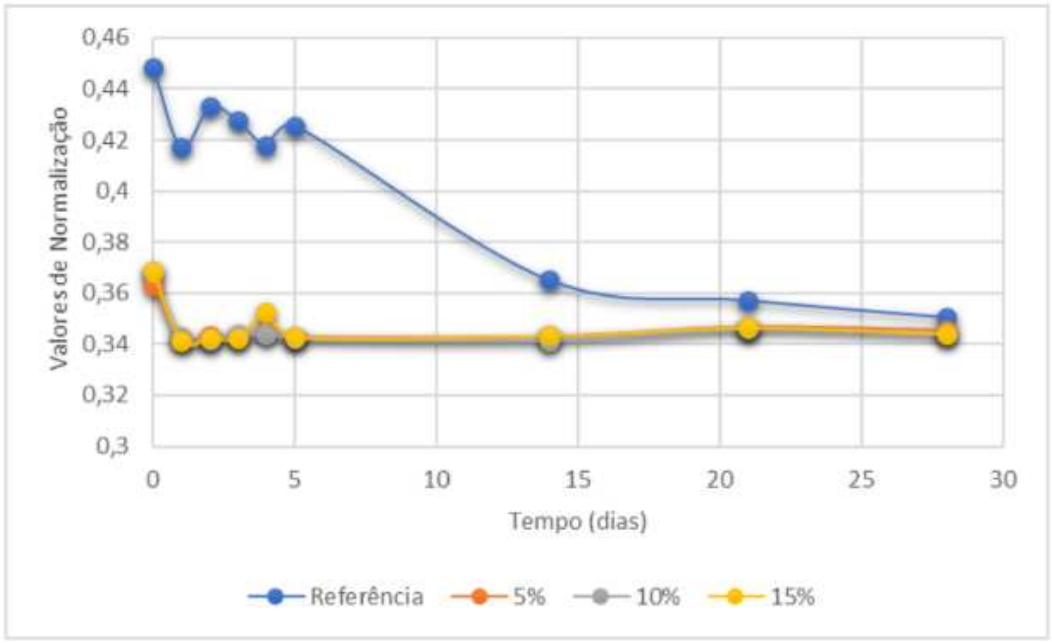
Fonte: Os autores (2025).

O gráfico obtido por meio da degradação de RhB para o TiO_2 e ZnO está representado na Figura 3, o modelo de cor RGB foi aplicado para descrever as mudanças de coloração das imagens. O gráfico possibilita analisar a degradação do corante por meio da ação da atividade fotocatalítica.

Figura 3 - Degradação da cor vermelha em função do tempo de exposição submetido ao intemperismo natural em 3 concentrações para (a) TiO_2 e (b) ZnO.



(a)



(b)

Fonte: Os autores (2025).

As imagens mostram e degradação da coloração das placas analisadas. As amostras com TiO_2 mostram maior eficiência na degradação do manchamento, especialmente na concentração

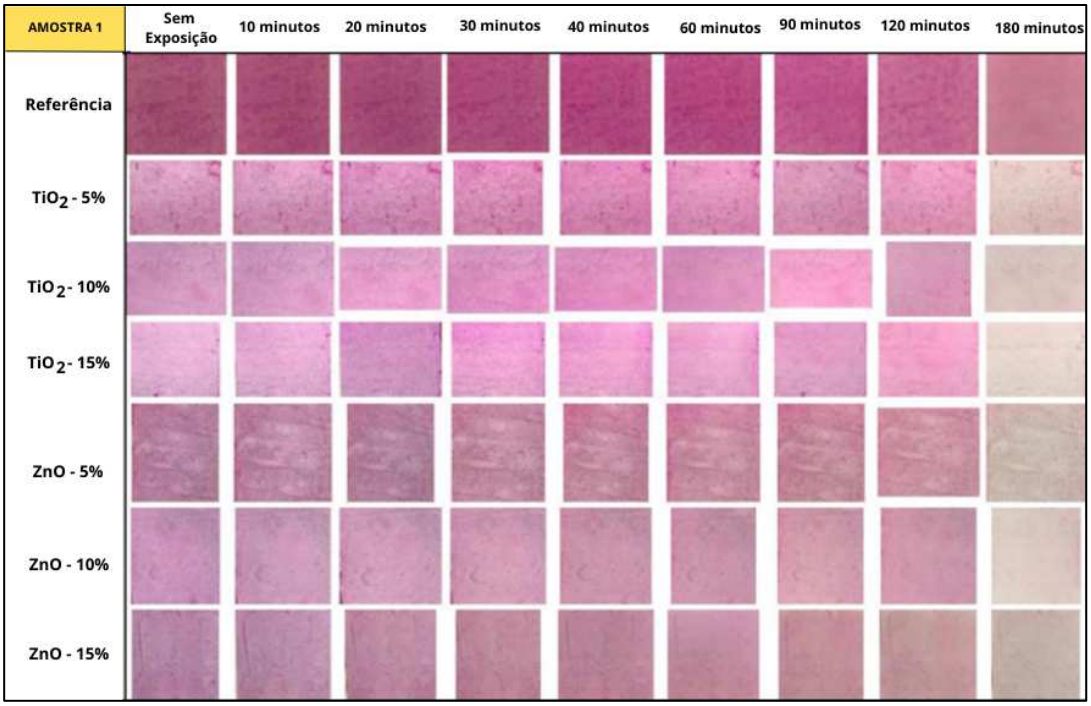
de 15%, destacando sua eficácia como fotocatalisador. O ZnO também apresenta capacidade fotocatalítica, porém com eficiência inferior, devido a diferenças nas propriedades de absorção de luz e reatividade. [10] investigaram a descoloração fotocatalítica de uma solução de corante utilizando nanopartículas de TiO_2 e ZnO e concluíram que o TiO_2 demonstrou desempenho superior na remoção do corante. Essa diferença de eficiência é atribuída às distintas propriedades de absorção de luz e reatividade entre os dois materiais.

Conforme estudos recentes, como os de [2][3], os fotocatalisadores são eficazes na autolimpeza de superfícies expostas ao ambiente urbano. Estes autores destacam que o TiO_2, devido à sua alta estabilidade química e eficiência sob luz UV, é amplamente utilizado para este propósito.

Por outro lado, pesquisas de [1] sugerem que o ZnO, apesar de ser menos estável, pode ser uma alternativa eficaz devido ao seu menor custo e à capacidade de operar sob luz visível, o que pode ser vantajoso em regiões com baixa exposição à radiação UV.

A Figura 4 apresenta a mudança na aparência de placas de argamassa contendo diferentes concentrações de TiO_2 e ZnO, submetidos a câmara de envelhecimento por até 180 minutos. A avaliação busca demonstrar a atividade fotocatalítica em condições controladas.

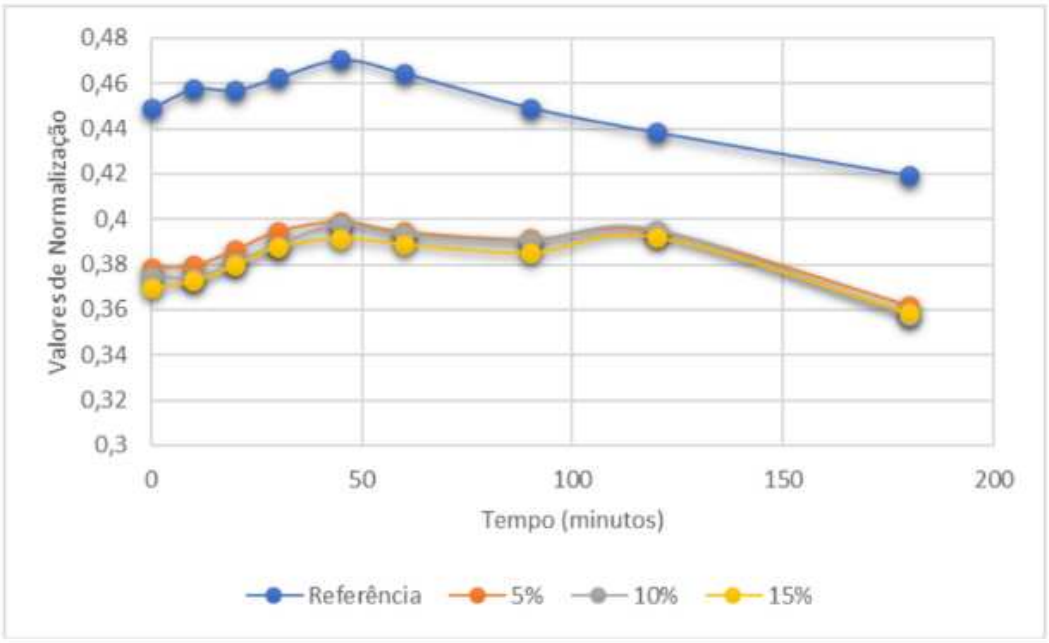
Figura 4 -Fotografias das placas manchadas expostas na câmara de envelhecimento.



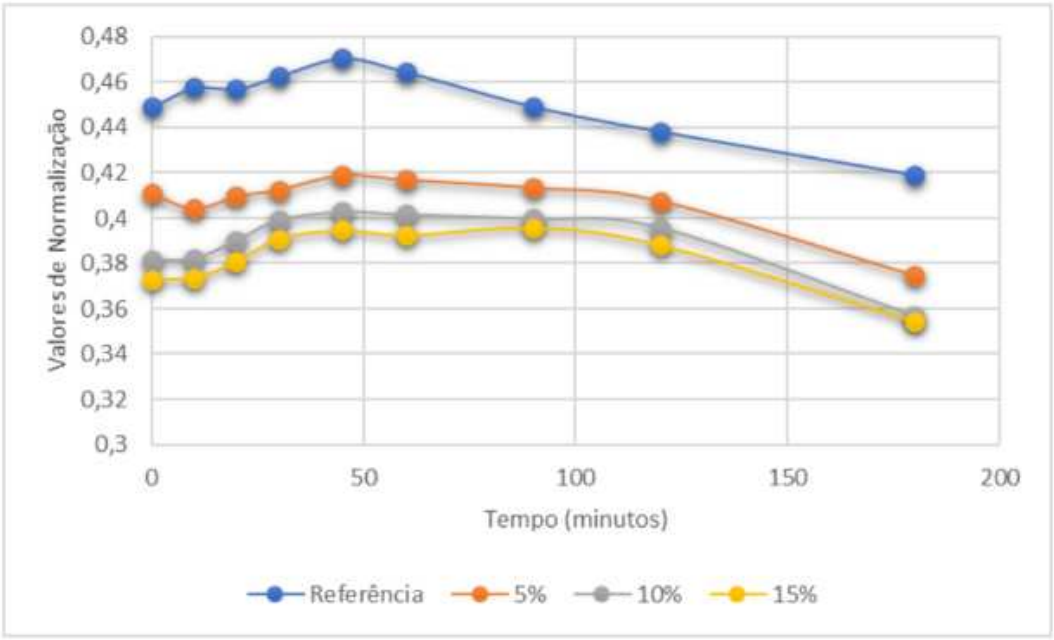
Fonte: Os autores (2025).

Os gráficos obtidos para a degradação do corante RhB estão apresentados na Figura 5 a seguir. Esses gráficos ilustram a variação da intensidade da cor ao longo do tempo, destacando a eficiência fotocatalítica dos materiais sob luz UV.

Figura 5 - Degradação da cor vermelha em função do tempo de exposição submetido à câmara de envelhecimento com diferentes concentrações de (a) TiO_2 e (b) ZnO.



(a)



(b)

Fonte: Os autores (2025).

As amostras com 5%, 10% e 15% de TiO_2 mostram uma redução gradual da intensidade da cor, com maior eficiência observada a 15%. O TiO_2 demonstra a atividade fotocatalítica sob luz UV. As amostras com ZnO também apresentaram redução na coloração, com o ZnO a 15% mostrando uma diminuição visível após 90 minutos. Embora menos eficaz que o TiO_2 em UV, o ZnO ainda exibe atividade fotocatalítica.

Os resultados dos dois ensaios realizados indicam que a maior eficiência de degradação ocorreu no ambiente de intemperismo natural, devido à maior irradiação de luz UV, além dos

raios solares emitidos. Esse ambiente simula de forma mais fiel as condições reais de exposição, o que favorece um processo de degradação mais intenso. Outro fator relevante foi a ação da chuva no ambiente externo, que contribuiu para uma degradação mais acentuada nos primeiros dias de exposição, acelerando a quebra das ligações químicas e a deterioração dos materiais. Essa combinação de radiação solar e umidade externa é importante para a avaliação da durabilidade e resistência dos materiais em condições naturais, destacando a importância de considerar esses fatores ao realizar testes de intemperismo.

A literatura atual, como apontado por [2][3], reafirma o papel do TiO_2 como um dos fotocatalisadores mais eficazes devido à sua forte reatividade sob luz UV. Por outro lado, [1] sugere que o ZnO, apesar de menos eficiente em condições UV, pode oferecer benefícios em aplicações sob luz visível, o que poderia ser explorado em futuras investigações para ambientes internos ou regiões com menor exposição à luz solar direta.

A eficiência da atividade fotocatalítica sob condições de intemperismo natural e em câmara de envelhecimento acelerado é influenciada por diferentes fatores ambientais. No intemperismo natural, a água da chuva contribui para a remoção de contaminantes, renovando a superfície do substrato e auxiliando na formação de espécies reativas, enquanto a radiação solar, com seu amplo espectro, intensifica as reações fotocatalíticas. Já na câmara de envelhecimento, a exposição controlada à umidade e à radiação UV simula esses processos, porém sem a variabilidade e a interação dinâmica com fatores externos, o que pode impactar a replicabilidade dos efeitos observados em condições reais. Como observado [3][4], a combinação entre luz solar e umidade potencializa a formação de radicais livres, favorecendo os resultados.

Em contrapartida, os ensaios em câmara, restritos à radiação UV com intensidade controlada, não replicam as condições reais de aplicação, o que explica a discrepância nos resultados entre os dois processos. [5] ressalta a importância de um espectro mais amplo de luz para melhorar a excitação dos fotocatalisadores, enquanto [6] enfatiza que a interação com fatores ambientais, como chuva e variabilidade de luz, é essencial para simular condições reais. Assim, os ensaios ao ar livre refletem melhor o desempenho fotocatalítico em situações práticas, evidenciando a relevância de estudar sistemas em condições naturais.

Além disso, estudos como os de [8] destacam que a modificação estrutural de fotocatalisadores pode otimizar sua resposta à luz solar, ampliando seu espectro de absorção e aumentando sua eficiência em aplicações externas. A adição de dopantes metálicos ou a criação de heteroestruturas, por exemplo, têm se mostrado estratégias promissoras para superar as limitações do TiO_2 e do ZnO, permitindo que ambos os materiais apresentem um desempenho aprimorado em diferentes condições ambientais [11]. Dessa forma, o desenvolvimento de novos compósitos fotocatalíticos poderia levar a uma maior viabilidade desses materiais para aplicações tanto internas quanto externas, expandindo suas possibilidades de uso em ambientes urbanos e industriais.

Diante disso, a estabilidade e a durabilidade dos fotocatalisadores em longo prazo devem ser investigadas com maior profundidade, uma vez que fatores ambientais, como poluentes atmosféricos e ciclos de umidade, podem impactar sua eficiência ao longo do tempo [2][12]. Para que a fotocatálise se consolide como uma solução viável em larga escala, é essencial que

os estudos futuros avaliem não apenas o desempenho inicial dos materiais, mas também sua resistência ao envelhecimento e sua capacidade de manter a reatividade. Dessa forma, será possível aprimorar a aplicação desses materiais, garantindo sua eficiência e viabilidade em diferentes cenários.

CONCLUSÕES

Os resultados mostram que o TiO_2 apresenta maior eficiência fotocatalítica na degradação do corante RhB, com redução da intensidade da cor, especialmente na concentração de 15%. O ZnO, embora menos eficiente sob luz UV, também demonstrou atividade fotocatalítica relevante, com redução visível da coloração após 90 minutos.

A diferença entre o intemperismo natural e acelerado pode ser explicado pela maior intensidade e diversidade do espectro de luz solar, além da interação com fatores ambientais, como a água da chuva, que favorecem a remoção contínua do corante. Por outro lado, no intemperismo acelerado, a radiação UV controlada limita o processo, tornando-o menos representativo das condições reais. Assim, o TiO_2 destaca-se como o material mais eficaz em ambos os cenários, embora o desempenho sob condições naturais seja mais próximo do potencial prático.

REFERÊNCIAS

[1] ATHAUDA, R.; ASMONE, A.; CONEJOS, S. Impactos das mudanças climáticas em materiais de construção de fachadas: um estudo qualitativo. **Sustentabilidade**, 2023.

[2] ESTEBAN-CANTILLO, Oscar Julian; MENENDEZ, Beatriz; QUESADA, Benjamin. Climate change and air pollution impacts on cultural heritage building materials in Europe and Mexico**. Science of the Total Environment**, v. 921, p. 170945, 2024.

[3] FERNANDES, Cristiane do Nascimento. **Estudo sobre a incorporação de nanopartículas de dióxido de titânio em argamassas fotocatalíticas.** 2017.

[4] HOSSEN, Md Arif et al. Recent progress in TiO_2-Based photocatalysts for conversion of CO_2 to hydrocarbon fuels: A systematic review. **Results in Engineering**, v. 16, p. 100795, 2022.

[5] LIMA, G. G. C. et al. Estudo comparativo da aplicação de nanopartículas de TiO_2 e ZnO na descoloração fotocatalítica de uma solução de corante empregando radiação UV artificial. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 9, n. 1, 2014.

[6] OLIVEIRA, Isabela Santos. **Estudo sobre argamassas autolimpantes: incorporação de dióxido de titânio em argamassa para fotocatálise de contaminantes orgânicos e bactérias em luz visível.** 2024.

[7] OTUKA, P. H. **Argamassa autolimpante por meio da aspersão superficial de dióxido de titânio.** 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2022.

[8] PALANISAMY, Chandrasekaran et al. Study on the Behavior of Self-Cleaning Impregnated Photocatalyst (TiO_2) with Cement Mortar. **Advances in Materials Science and Engineering**, v. 2023, p. 1-10, 2023. DOI: https://doi.org/10.1155/2023/3571526. Acesso em: 16 novembro 2023.

[9] PEREIRA LESSA, Fabíula et al. Application of nano-TiO_2 and micro-ZnO on cementitious surfaces for self-cleaning façades by spray coating and dip coating: A comparative study. **Journal of Building Pathology and Rehabilitation**, v. 10, n. 1, p. 1-18, 2025.

[10] LIMA, G. G. C. et al. Estudo comparativo da aplicação de nanopartículas de TiO 2 e ZnO na descoloração fotocatalítica de uma solução de corante empregando radiação UV artificial. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 9, n. 1, 2014.

[11] EYMEN SUMER, Mehmet; OZUGUR UYSAL, Bengu. Enhanced optical, structural and antibacterial properties of ZnO doped TiO2 composites. **arXiv e-prints**, p. arXiv: 2312.09338, 2023.

[12] ALMOHAMADI, Hamad et al. Atividade fotocatalítica de nanocatalisadores de ZnO e TiO2 ancorados em metais e não metais para fotocatálise avançada: estudo comparativo. **Catalysts**, v. 14, n. 7, p. 420, 2024.