

## NORMAS E MÉTODOS DE ENSAIO PARA CONCRETO FOTOCATALÍTICO COM $\text{TiO}_2$ INCORPORADO: ANÁLISE DA PROPRIEDADE FOTOCATALÍTICA E AUTO-LIMPANTE

E REIS, Pedro Victor Correia, <sup>1</sup>; RIVETTI, Marianna Luna Sousa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Civil; Iniciação Científica – EMBRAPPII; [Pedro.victor@fbter.org.br](mailto:Pedro.victor@fbter.org.br)

<sup>2</sup> Centro Universitário SENAI CIMATEC; Salvador - BA; [marianna.rivetti@fieb.org.br](mailto:marianna.rivetti@fieb.org.br)

### RESUMO

O presente artigo, tem por objetivo, coletar informações essenciais para o desenvolvimento e aprimoramento de técnicas de fabricação de concreto fotocatalítico, bem como a sua aplicabilidade em ambientes urbanos visando à redução da poluição do ar e a otimização da manutenção das estruturas, com menor necessidade de limpeza. Esse estudo investiga normas e métodos de ensaio para corpos de prova de concreto fotocatalítico incorporado com  $\text{TiO}_2$ , com foco na análise de suas propriedades fotocatalíticas e autolimpantes. A eficácia dessas propriedades é avaliada através de uma série de ensaios padronizados por normas internacionais, considerando parâmetros como taxa de degradação de poluentes orgânicos, resistência à sujeira e estabilidade das características fotocatalíticas ao longo do tempo. Os resultados obtidos na pesquisa quanto à aplicação da normativa nos ensaios, fornecem informações valiosas quanto aos meios de coleta de dados, quantificação da degradação de gases de cadeia  $\text{NO}_x$  e do processo de análise da degradação do composto de azul de metileno em sua superfície. A revisão dessas normas internacionais e métodos de ensaio permitiu uma compreensão abrangente dos procedimentos de ensaio atualmente disponíveis para avaliar as propriedades fotocatalíticas e autolimpantes do concreto incorporado com  $\text{TiO}_2$ .

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto; fotocatalítico; autolimpante;  $\text{TiO}_2$ .

### 1. INTRODUÇÃO

É de amplo conhecimento da sociedade que o desenvolvimento dos materiais foi impulsionado em função da implantação de indústrias manufatureiras durante a Revolução Industrial, mas em contrapartida a este progresso, surgiram diversos problemas ambientais, tais como a poluição do ar, degradação de recursos naturais e geração de resíduos. A construção civil é umas das principais indústrias que causam impacto ambiental, na qual uma das soluções que podem minimizar este problema é a incorporação de resíduos na constituição dos materiais e o desenvolvimento de produtos fotocatalíticos, que possibilitam degradar gases poluentes, contribuindo para qualidade do ar.

A utilização de materiais fotocatalíticos, como o dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ), tem ganhado crescente interesse na construção civil devido à sua capacidade de decompor poluentes orgânicos e gases  $\text{NO}_x$  presentes no ar sob a influência da luz solar ou artificial. O concreto fotocatalítico, que incorpora  $\text{TiO}_2$  em sua matriz, representa uma promissora solução para a mitigação da poluição ambiental e a melhoria da qualidade do ar em ambientes urbanos. No entanto, a eficácia desses materiais depende não apenas da sua composição química, mas também da aplicação de normas e métodos de ensaio adequados para avaliar suas propriedades fotocatalíticas e autolimpantes.

O objetivo deste estudo é investigar as normas e métodos de ensaio disponíveis para corpos de prova de concreto fotocatalítico com  $\text{TiO}_2$  incorporado, com foco na análise da sua propriedade fotocatalítica e capacidade de autolimpeza. A partir da análise e comparação dessas normas, busca-se identificar padrões e diretrizes que possam orientar a avaliação precisa e consistente desses materiais, promovendo assim o seu desenvolvimento e aplicação eficazes em projetos de construção sustentável. Os resultados desta pesquisa fornecerão dados valiosos para o aprimoramento das técnicas de fabricação de concreto fotocatalítico, bem como para a sua aplicabilidade em diferentes contextos ambientais e de infraestrutura urbana.

### 2. METODOLOGIA

A metodologia de estudo utilizada para a pesquisa das normas e métodos de ensaio voltados ao concreto fotocatalítico incorporado com  $\text{TiO}_2$  iniciou-se com uma revisão detalhada da literatura, identificando as normas internacionais e diretrizes existentes relacionadas ao tema. Em seguida, foram selecionadas as normas mais relevantes e atualizadas para o ensaio de propriedades fotocatalíticas e auto-limpantes de materiais de construção, especialmente aquelas aplicáveis ao concreto. Após a seleção das normativas, foram verificados outros métodos de ensaio, desenvolvidos de forma empírica em laboratório e apresentados na literatura, para a análise dessas características. Tais procedimentos de ensaio foram adaptados das normas, quando necessário, para atender às especificidades do concreto fotocatalítico com  $\text{TiO}_2$  e, dessa forma, aperfeiçoar a coleta de dados, obtendo-os de forma mais consistente. Essa abordagem metodológica

proporcionou uma avaliação sistemática e rigorosa das normas e métodos de ensaio para o concreto fotocatalítico com  $\text{TiO}_2$  incorporado, fornecendo informações valiosas de sua aplicação prática em diferentes contextos de construção e meio ambiente.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os resultados da pesquisa das normas e métodos de ensaio para concreto fotocatalítico com utilização de  $\text{TiO}_2$  incorporado revelaram uma variedade de padrões e diretrizes relevantes. Foram identificadas normas internacionais, como ISO 22197-1:2016,<sup>1</sup> JIS R 1701-1:2016<sup>2</sup> e DIN EN 16980-1:2021,<sup>3</sup> como pode ser visto na tabela 1, que abordam especificamente ensaios de atividade fotocatalítica em concreto. Além disso, trabalhos como os de Albuquerque<sup>4</sup> e Casagrande<sup>5</sup> também forneceram diretrizes úteis para métodos de ensaio alternativos para a verificação da propriedade autolimpante de concretos fotocatalíticos, que se mostraram mais eficientes que as normas: ISO 10678:2010,<sup>6</sup> ISO 27448:2009,<sup>7</sup> JIS R 1703-1:2020<sup>8</sup> e JIS R 1703-2:2014.<sup>9</sup> A análise comparativa dessas normas e outros métodos de ensaio permitiu a identificação de áreas de convergência e possíveis lacunas ou divergências entre os diferentes padrões.

Tabela 1 - Normas técnicas para os parâmetros de ensaio (fotocatálise/autolimpante).

Propriedade Autolimpante		
Ensaio	Normas	Justificativa de utilização
Determinação da atividade fotocatalítica de superfícies em meio aquoso por degradação do azul de metileno	ISO 10678:2010	Verificação da capacidade fotocatalítica dos traços de concreto manchadas com o composto de azul de metileno
Medição do ângulo de contato com a água	ISO 27448:2009	
Medição do ângulo de contato com a água	JIS R 1703-1:2020	
Decomposição de azul de metileno úmido	JIS R 1703-2:2014	
Propriedade fotocatalítica		
Ensaio	Normas	Justificativa de utilização
Método de teste para desempenho de purificação de ar de materiais fotocatalíticos semicondutores — Remoção de óxido nítrico	ISO 22197-1:2016	Avaliação da capacidade dos traços de concreto em degradar os gases $\text{NO}_x$
Método de teste para desempenho de purificação de ar de materiais fotocatalíticos - Parte 1: Remoção de óxido nítrico	JIS R 1701-1:2016	
Determinação da degradação do óxido nítrico (NO) no ar por materiais fotocatalíticos	DIN EN 16980-1:2021	

A norma ISO 22197-1:2016<sup>1</sup> aborda os métodos de ensaio para determinar a atividade fotocatalítica de materiais semicondutores utilizados em superfícies planas e porosas, como o dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ), comumente incorporado ao concreto para que apresente propriedades fotocatalíticas. Esta norma estabelece procedimentos para avaliar a capacidade desses materiais em decompor gases poluentes de cadeia  $\text{NO}_x$ , tais como NO e  $\text{NO}_2$ , presentes no ar. Para tanto, é utilizada a influência da luz solar ou artificial, através da medição da taxa de degradação desses poluentes. Os ensaios descritos na norma incluem a exposição dos materiais a uma fonte de luz ultravioleta ou solar simulada por meio de um aparato, seguida da análise quantitativa da concentração dos poluentes antes e após a exposição. Essa norma fornece diretrizes essenciais de forma a contribuir para o desenvolvimento de soluções mais sustentáveis para a redução da poluição do ar em ambientes urbanos.

Além de mensurar a degradação de gases, o aparato normatizado pela ISO 22197-1:2016 pode também ser utilizado para avaliar a eficácia da autolimpeza. Estudos desenvolvidos por Albuquerque e Casagrande avaliaram a degradação de gases em revestimentos de argamassa, usando o azul de metileno e a resazurina como indicadores de degradação para compostos orgânicos. O procedimento baseia-se no ensaio de decomposição do composto orgânico azul de metileno e solução de resazurina sobre superfícies cimentícias. O método adaptado com o auxílio de um colorímetro, seguindo uma faixa de medição de 400nm a 700nm, é recomendado para maior precisão de resultados, sendo possível analisar a variação da cor da solução de Resazurina e de Azul de Metileno na superfície de amostras de matrizes cimentícias endurecidas, após serem submetidas à radiação UV-A. A variação da integridade do composto aspergido na superfície indica a ocorrência e a capacidade fotocatalítica das amostras analisadas.

O ensaio utilizando o aparato consiste em acionar uma vazão de gases para o interior de uma câmara contendo a amostra cimentícia, onde ocorre a fotocatalise induzida pela radiação UV-A, fornecida por lâmpadas especiais que degradam as moléculas de NO/NOx.

A discussão desses resultados enfatizou a importância da harmonização e adaptação das normas existentes para garantir uma avaliação precisa e consistente das propriedades fotocatalíticas e autolimpantes do concreto com TiO<sub>2</sub>, promovendo assim sua aplicação eficaz em projetos de construção sustentável e mitigação da poluição ambiental.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais deste estudo refletem sobre os resultados obtidos na pesquisa das normas e métodos de ensaio para corpos de prova de concreto fotocatalítico incorporado com TiO<sub>2</sub>, com ênfase na análise da propriedade fotocatalítica e autolimpante. A revisão das normas internacionais e diretrizes relevantes permitiu uma compreensão abrangente dos procedimentos de ensaio atualmente disponíveis para avaliar essas propriedades. Identificou-se uma variedade de normas, como a ISO 22197-1:2016,<sup>1</sup> JIS R 1701-1:2016<sup>2</sup> e DIN EN 16980-1:2021,<sup>3</sup> que abordam especificamente ensaios de atividade fotocatalítica em materiais de construção, fornecendo diretrizes valiosas para a padronização e avaliação desses materiais. No entanto, observou-se a necessidade de adaptações e harmonização das normas que determinam os métodos de ensaio das características autolimpantes para atender às particularidades do concreto fotocatalítico, visando garantir a confiabilidade e a comparabilidade dos resultados obtidos em diferentes estudos e aplicações práticas. Conclui-se, portanto, que a padronização de normas e métodos de ensaio é fundamental para promover o avanço do conhecimento científico e facilitar a adoção de materiais de construção sustentáveis, como o concreto fotocatalítico, contribuindo assim para a mitigação da poluição ambiental e a promoção de ambientes urbanos mais saudáveis e sustentáveis.

#### 5. REFERÊNCIAS

- <sup>1</sup> International Organization for Standardization. ISO 22197-1:2016. Photocatalytic materials -- Part 1: Determination of photocatalytic activity of surfaces in an aqueous medium using a photocatalytic reactivity test. Geneva: ISO, 2016.
- <sup>2</sup> Japanese Industrial Standards Committee. JIS R 1701-1:2016. Testing methods for photocatalyst materials -- Part 1: Evaluation of photocatalytic activity of surface-treated materials. Tokyo: Japanese Industrial Standards Committee, 2016.
- <sup>3</sup> Deutsches Institut für Normung. DIN EN 16980-1:2021. Photocatalysis in the built environment -- Test methods for the photocatalytic performance of surfaces -- Part 1: Depollution efficiency. Berlin: Deutsches Institut für Normung, 2021.
- <sup>4</sup> ALBUQUERQUE, D. D. M. Avaliação da influência do resíduo proveniente da produção do dióxido de titânio (MNR) nas propriedades das argamassas de revestimento e na sua capacidade fotocatalítica. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2018.
- <sup>5</sup> CASAGRANDE, C, A; JOCHEM, L, F.; REPETTE, W, L.; HOTZA, D. Estudo da utilização da titânia em argamassas cimentícias como fotocatalisador de óxidos de nitrogênio. XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Minas Gerais. 2012.
- <sup>6</sup> International Organization for Standardization. ISO 10678:2010. Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) -- Test method for photocatalytic activity of surfaces -- Photodegradation of methylene blue under ultraviolet irradiation. Geneva: ISO, 2010.
- <sup>7</sup> International Organization for Standardization. ISO 27448:2009. Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) -- Test method for air-purification performance of photocatalytic materials -- Decomposition of acetaldehyde. Geneva: ISO, 2009.
- <sup>8</sup> Japanese Industrial Standards Committee. JIS R 1703-1:2020. Testing methods for photocatalytic activity of photocatalytic materials -- Part 1: Evaluation of the photocatalytic activity of photocatalytic materials based on decomposition of acetaldehyde. Tokyo: Japanese Industrial Standards Committee, 2020.
- <sup>9</sup> Japanese Industrial Standards Committee. JIS R 1703-2:2014. Testing methods for photocatalytic activity of photocatalytic materials -- Part 2: Evaluation of the photocatalytic activity of photocatalytic materials based on degradation of nitrogen oxides. Tokyo: Japanese Industrial Standards Committee, 2014.