Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

NANORREVESTIMENTOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL
UTILIZAÇÃO E APLICAÇÃO EM EDIFICAÇÕES DE PATRIMÔNIO HISTÓRICO

C. MARTINEZ JR.
Eng.º Civil - Diretor
Athena Engenharia
São Carlos–SP-Brasil
celso@athena.eng.br

V. P. MARTINEZ
Gerente Técnico
Athena Engenharia
São Carlos–SP-Brasil
vitor@athena.eng.br

RESUMO

A nanotecnologia aplicada à Construção Civil vem experimentando um desenvolvimento expressivo nos últimos cinco anos. Novas aplicações surgem a cada instante. Mediante o uso de nanocerâmicas e nanocompósitos, podem-se obter ótimas propriedades de repelência de água e sujeira, bem como a decomposição de poluentes em substâncias inertes, conseguida graças à ação dos materiais fotocatalíticos. É importante ressaltar que as propriedades dos nanomateriais diferem das dos materiais convencionais, posto que, nesta área, outras leis físicas e químicas são aplicadas. As vantagens da aplicação da Nanotecnologia à Construção Civil são incontestáveis devido ao fato de que uma baixa concentração do princípio ativo gera grandes efeitos e/ou propriedades excepcionais. Estas propriedades transcendem as do material usual e alcançam soluções inovadoras[11], [12]. A utilização desta classe de materiais no Brasil é ainda incipiente, embora haja fabricantes que disponham de alguns tipos de nanorrevestimentos em seu portfólio. O objetivo deste trabalho consiste, portanto, em incentivar a utilização dos nanorrevestimentos inteligentes no restauro e conservação do Patrimônio Histórico, já que conduzem à manutenção das características originais da edificação por muito mais tempo, o que representa economia no longo prazo.
Palavras-chave: nanorrevestimentos inteligentes, nanomateriais, patrimônio histórico, ultrahidrorrepelência, fotocatálise.

ABSTRACT

Nanotechnology applied to Civil Construction has experienced a significant development in the past five years. New applications appear every moment. By using nanoclays and nanocomposites, one can obtain excellent water repellency properties, as well as the decomposition of pollutants into inert substances, achieved thanks to action of photocatalytic materials. It is important to emphasize that the properties of nanomaterials differ from those of the conventional materials, as long as in this area, other physical and chemical laws are applied. The application advantages of Nanotechnology in Construction are unquestionable due to the fact that a low concentration of active ingredient creates great effects and / or exceptional properties. These properties transcend that of the usual substrate material and reach innovative solutions. The use of this class of materials in Brazil is still in its infancy, although there are manufacturers that have some kind of nano coatings in its portfolio. The objective of this work is therefore to encourage the use of smart nano coatings in the restoration and conservation of historical heritage, since they lead to the maintenance of the original features of the building for much longer, which means savings in the long term.
Keywords: smart nano coatings, nanomaterials, heritage, ultrahydrorepellency, photocatalysis.

1. PERSPECTIVA HISTÓRICA

Os primeiros usos de nanomateriais de que se tem notícia datam da época do Império Romano. A confecção de vitrais coloridos utilizava diversos sais de metais de transição visando a obter uma cor característica com o uso de cada sal. Misturando-se o cloreto de ouro com vidro derretido, os romanos conseguiram obter um vidro de coloração vermelha muito intensa. Porém, devido às limitações tecnológicas e científicas da época, eles nunca poderiam imaginar que estavam criando um dos primeiros, senão o primeiro nanomaterial da humanidade. Hoje, graças aos estudos modernos desses vitrais históricos, sabe-se que a cor vermelha é resultado de reflexões internas e efeitos quânticos das nanopartículas de ouro dentro da matriz de vidro (figura 1) [1].

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 1: Vitral antigo onde se pode observar a ação do pigmento vermelho (nano-ouro) [1]

O surgimento do termo "nanotecnologia" está relacionado diretamente ao professor Norio Taniguchi, que usou essa palavra para explicar sobre tecnologias novas que permitem a construção de materiais na escala nanométrica, que corresponde a objetos com tamanhos nas ordens de grandeza de $1x10^{-9}$ m – $1x10^{-7}$ m, em pelo menos uma dimensão. Entretanto não se pode esquecer de Richard P. Feynman, que primeiramente apresentou os conceitos básicos e necessários para o posterior desenvolvimento dessa nova área. Em 1959 foi apresentada a primeira palestra à Sociedade Americana de Física tratando desses conceitos. A partir dessa data, houve um interesse crescente pela tecnologia e seus potenciais, atraindo diversos pesquisadores das mais variadas áreas [10].

2. OS NANOMATERIAIS, A CONSTRUÇÃO CIVIL E O PATRIMÔNIO HISTÓRICO

O Patrimônio edificado com valor cultural no Brasil é vastíssimo. Praticamente toda cidade do interior ou capital dos estados brasileiros dispõe de construções históricas. Há monumentos, bairros históricos, centros históricos e edifícios que apresentam técnicas e materiais muito específicos, cuja recuperação está em vias de esquecimento e cuja providência é urgente. Todos esses edifícios, com as suas características próprias, são fortes identificadores das cidades e locais onde se integram. Têm um valor cultural que é reconhecido internacionalmente, constituindo um patrimônio que não se pode perder. Estas edificações protagonizam um papel decisivo na criação da identidade da região, e do País como um todo, e desempenham uma utilidade econômica relacionada com o turismo e também às empresas ligadas às atividades envolvidas, como a hotelaria, a gastronomia, os transportes, entre outros. Por este fato, as edificações históricas devem ser conservadas no original tanto quanto seja possível [2]. A figura 2 mostra um edifício cuja reabilitação se faz necessária. Neste caso, a utilização dos nanomateriais inteligentes seria decisiva na durabilidade do trabalho de conservação[15].



Figura 2: Antigo Instituto de Eletrotécnica e Escola de Comunicação da UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro), na Rua Visconde do Rio Branco, na Praça da República[15].

No âmbito da Construção Civil, em que muitas matérias-primas são usadas e a durabilidade desempenha papel importante, essa tecnologia oferece benefícios para os materiais já disponíveis. Revestimentos nanointeligentes e aditivos nano na Indústria da Construção melhoram as propriedades dos materiais e trazem funcionalidades adicionais em longo prazo. Esses recursos também são bem-vindos dentro da Construção Moderna, Pré-Fabricada ou não, sempre que a tônica seja a conservação e a durabilidade. A Nanotecnologia vai mudar a Indústria da Construção enormemente nos próximos 10 anos e seu uso vai continuar a gerar mais e mais possibilidades.
As nanopartículas mais importantes para incrementar as propriedades do concreto são a nanoargila e a nanotitânia. A nanoargila, quando incorporada ao material, adiciona a ele as seguintes propriedades: redução na migração de íons; aumento das resistências à flexão, à compressão e ao cisalhamento (figuras 3 e 4) [10]; acentua a resistência ao impacto; gera uma microestrutura mais densa e mais impermeável etc. A nanotitânia é utilizada nas superfícies do concreto para acentuar suas propriedades de autolimpeza. A fotocatálise é ativada pela presença de luz ultravioleta e, por meio desse processo, cria-se oxigênio molecular. Substâncias poluentes em fachadas são decompostas e precipitadas pela água da chuva, o que faz preservar as qualidades estéticas das estruturas. Uma vez que a nanotitânia é ativada pela luz, não faz sentido aplicá-la na massa do concreto. A aplicação deve ser feita na superfície que se deseja proteger.

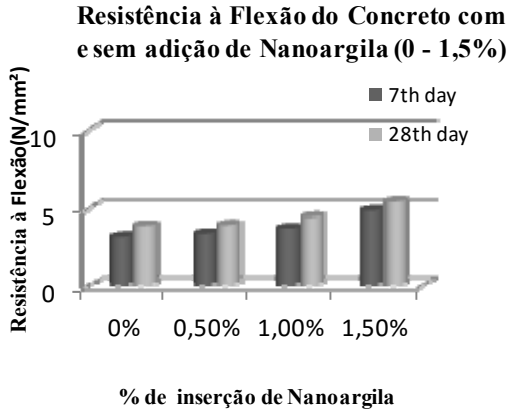

Figura 3: Resistência à flexão vs. % de nanoargila incorporada[10]

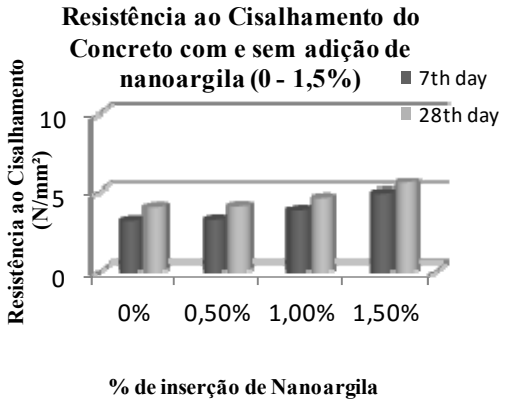

Figura 4: Resistência ao cisalhamento vs. % de nanoargila incorporada [10]

O propósito deste trabalho é apresentar e discutir sobre os nanomateriais hidrofóbicos, oleofóbicos, autolimpantes e fotocatalisadores, e incentivar a utilização dos mesmos na Conservação e Manutenção de Edifícios de valor histórico, bem como na Construção Civil em geral.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

2.1 Materiais Hidrofóbicos [4]

Os materiais hidrofóbicos nunca foram exclusivamente sintéticos e criados pelo homem. Como exemplo, podemos citar a planta Flor-de-Lótus, que possui uma camada capaz de repelir água e sujeira de suas folhas (figura 5) [4]. Ampliando a superfície dessa folha, podemos perceber nitidamente a presença de microrrugosidades que estão intimamente ligadas ao efeito hidrofóbico autolimpante. Essas microrrugosidades são, por sua vez, revestidas de cristais muito pequenos de cera, em formato de "pelos" (figura 6).



Figura 5: Folha da Flor-de-Lótus demonstrando o efeito hidrofóbico [4]

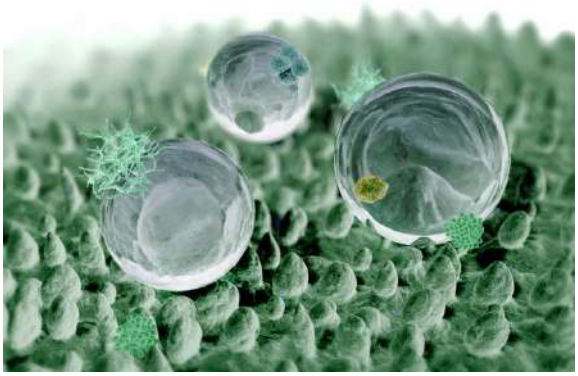

Figura 6: Superfície ampliada da folha da Flor-de-Lótus [4]

Os engenheiros e cientistas logo perceberam que o efeito hidrofóbico teria um potencial muito grande de aplicações. O desafio seria: como recriar tal efeito utilizando materiais sintéticos? A solução estaria nos nanocompósitos e nas nanocerâmicas. É possível obter um efeito semelhante em diversos tipos de superfícies como vidro, plástico, granito, concreto, etc. Entre algumas das aplicações mais interessantes estão fachadas de prédios, viadutos, pontes e outras obras que com o tempo começam a ser impregnados de sujeira proveniente do ambiente, o que gera manchas e degrada a sua aparência.

Para obtenção do efeito hidrofóbico, é importante o entendimento do conceito de ângulo de contato, que varia desde 0º até 180º, sendo que 0º indica um molhamento completo e 180º uma repelência total ao líquido. A descrição teórica de contato surge a partir da consideração de um equilíbrio termodinâmico entre três fases: a fase líquida (L), a fase sólida (S), e a fase de vapor do gás (G) (que pode ser uma mistura de atmosfera ambiente e uma concentração de equilíbrio do vapor do líquido). Se a energia interfacial sólido-vapor é indicada por γ_{SG} , a energia interfacial sólido-líquido por γ_{SL}, e a energia interfacial líquido-vapor (isto é, a tensão de superfície) por γ_{LG}, então o ângulo de contato de equilíbrio, $\theta_{C,}$ é determinado a partir dessas quantidades pela equação de Young:

$$0 = \gamma_{SG} - \gamma_{SL} - \gamma_{LG} \cos \theta_C \quad \text{(equação 1) [3]}$$

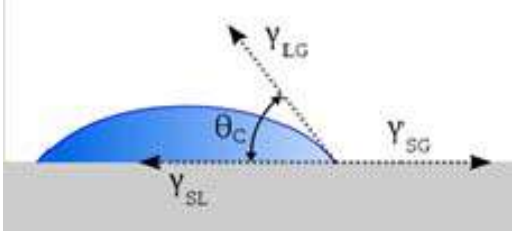

Figura 7: Ângulo de contato e as variáveis relacionadas



Figura 8: Molhabilidade [5]

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

2.2 Nanomateriais Fotocatalíticos [10]

Devido à rápida industrialização do mundo, os contaminantes orgânicos tornaram-se um grande transtorno para o meio ambiente. Por isso uma quantidade considerável de pesquisa é focada para uma remoção eficiente ou degradação desses contaminantes. Revestimentos fotocatalíticos têm sido estudados e desenvolvidos como um processo eficiente para a mineralização de produtos orgânicos e não-orgânicos tóxicos. Os pré-requisitos para o efeito fotocatalítico são a presença de luz e água. Novas pesquisas também têm sido feitas na fotocatálise sob luz visível e pela incorporação de defeitos (dopagem com metais de transição), visando assim a aumentar a eficiência do processo. Entretanto ainda há muita pesquisa a ser realizada e diversos efeitos que precisam ser estudados mais a fundo.

Na ausência de uma substância catalítica ativa, a oxidação da maioria dos hidrocarbonetos prossegue de forma mais lenta, o que pode ser explicado pela cinética-química. Um fotocatalisador diminui a energia de ativação de uma dada reação. Como resultado de processos fotoinduzidos, formam-se partículas com forte capacidade de oxidação e redução.

Um sistema fotocatalítico heterogêneo consiste de partículas semicondutoras (fotocatalisador), que estão em contato próximo a um meio de reação líquido ou gasoso. Expondo o catalisador à luz, estados excitados são gerados, capazes de iniciar os processos subsequentes, como reações redox e transformações moleculares.

A fig. 9 mostra um esquema de reação simplificada de fotocatálise [10]. Devido à sua estrutura eletrônica, caracterizada por uma banda de valência preenchida (Valence Band - VB) e uma banda de condução vazia (Conduction Band - CB), semicondutores (óxidos metálicos ou sulfetos como ZnO, CdS, TiO_2, Fe_2O_3 e ZnS) podem atuar como sensibilizadores para processos redox induzidos pela luz. A diferença de energia entre o menor nível de energia da CB e do mais elevado nível de energia da VB é o chamado intervalo de banda de energia (Bandgap Energy - Eg). Esse intervalo corresponde ao mínimo de energia luminosa necessária para tornar o material eletricamente condutivo. [6]

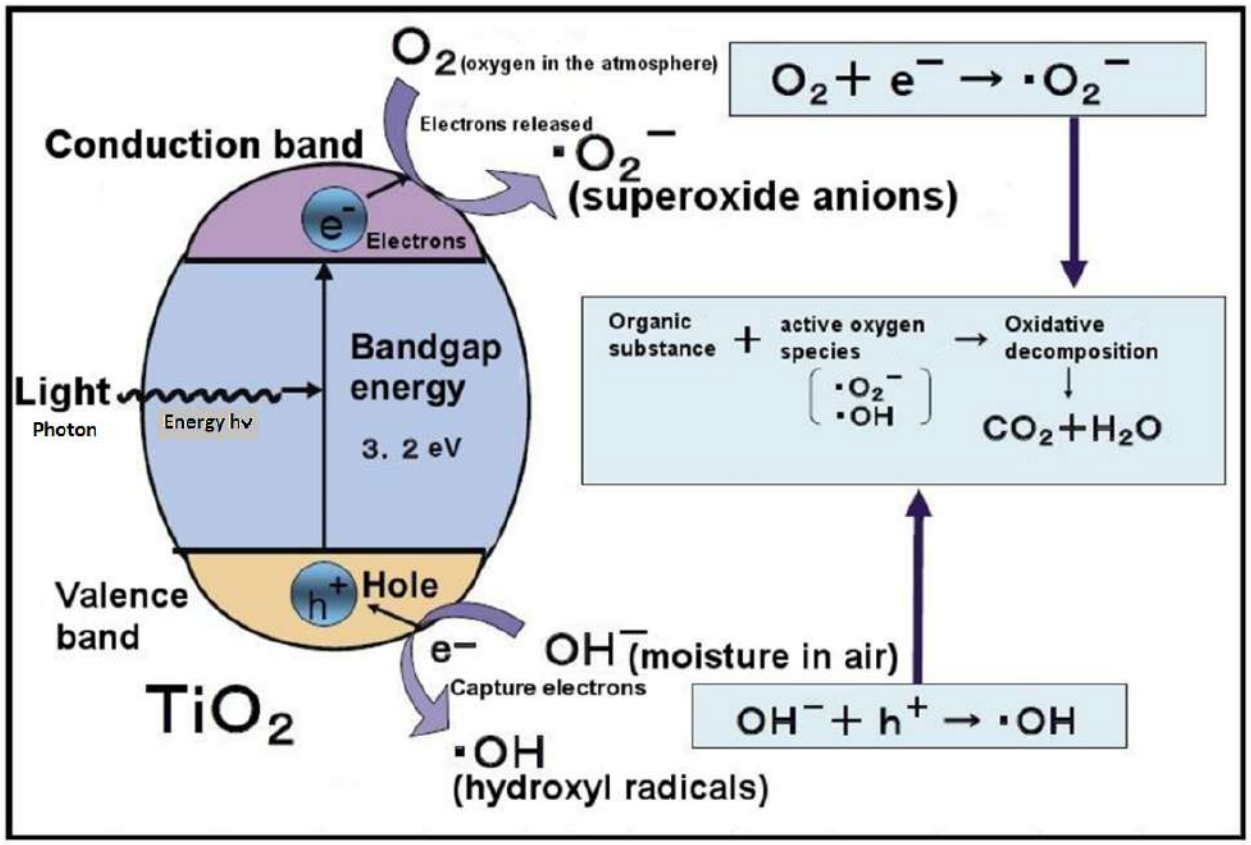

Figura 9: Esquema do mecanismo da fotocatálise [10]

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

O TiO_2 é um semicondutor com um gap de banda de energia Eg = 3,2 eV. Se esse material for irradiado com fótons de energia>3,2 eV (comprimento de onda λ <388 nm – correspondente ao ultravioleta no espectro eletromagnético), a energia da banda é excedida e um elétron é promovido da banda valência para a de condução. Por conseguinte, o processo primário é a geração de transportadores de carga, que em seguida causarão as reações de óxido-redução responsáveis pela degradação dos poluentes.

Para elucidar melhor esse fenômeno: quando um fóton com uma energia h.ν excede a energia do gap (entre CB e VB), um elétron (e^-) salta da banda de valência para a banda de condução deixando um buraco (h^+) atrás. Em materiais eletricamente condutores, isto é, os metais, os pares elétron-buraco são imediatamente recombinados. Nos semicondutores, uma parte desses pares fotoexcitados difunde para a superfície da partícula catalítica e pode tomar parte na reação química com as espécies doadoras (no exemplo, OH^-) ou receptoras (no exemplo, O_2). Os "buracos" podem oxidar espécies doadoras enquanto a condução de elétrons da banda podem reduzir moléculas aceitadoras de elétrons.
Uma característica de óxidos metálicos semicondutores é o forte poder de oxidação de seus buracos h^+. Eles podem reagir num passo de oxidação de um elétron com água para produzir o radical hidroxila altamente reativo (OH •). Ambos os "buracos" e os radicais hidroxila são oxidantes muito potentes e podem ser usados para oxidar a maioria dos contaminantes orgânicos. Em geral, o oxigênio do ar atua como receptor de elétrons, formando o íon superóxido $\bullet O_2^-$. Esse íon também é altamente reativo e capaz de oxidar materiais orgânicos.

O dióxido de titânio é um dos materiais básicos utilizados no dia a dia e amplamente usado como pigmento branco em tintas, cosméticos e alimentos. O TiO_2 existe em três fases ou estruturas cristalinas: rutilo, anatase e brookita. A anatase é a fase mais estável na escala nanométrica, sendo a fase mais estudada em aplicações de nanotecnologia. Usualmente, o dióxido de titânio é um material semicondutor que pode ser ativado quimicamente pela luz. A fotoatividade do TiO_2, conhecida por aproximadamente 60 anos, tem sido investigada extensivamente.

Comparada com rutilo e brookite, a anatase mostra a maior fotoatividade. Em 1972, Fujishima e Honda [7],[8] descobriram a divisão fotocatalítica de água em eletrodos de TiO_2. Este evento marcou o início de uma nova era na fotocatálise heterogênea. Embora o TiO_2 absorva apenas aprox. 5% da luz solar que atinge a superfície da terra, é o melhor semicondutor investigado no campo de conversão química e armazenamento de energia solar. Em anos recentes, a fotocatálise utilizando TiO_2 foi aplicada a problemas importantes de interesse ambiental como desintoxicação da água e do ar.

$$TiO_2 + h\nu \rightarrow h^+ + e^- \qquad \text{(equação 2)} \quad [3]$$

A oxidação fotocatalítica heterogênea com TiO_2 atende aos seguintes requisitos, o que a torna competitiva em relação a outros processos de oxidação de contaminantes:
• Trata-se de um material de baixo custo;
• A reação é bastante rápida em condições ambientais de operação (temperatura ambiente, pressão atmosférica);
• Um largo espectro de contaminantes orgânicos pode ser convertido em água e CO_2;
• Nenhum reagente químico precisa ser utilizado e não são produzidas reações colaterais.

2.3 Nanomateriais Inteligentes

Revestimentos nanointeligentes agregam um significativo valor aos substratos tratados, sem a necessidade de desenvolver um produto completamente novo. As característigas agregadas mais importantes são:
• facilidade de limpar
• são fotocatalíticos
• e muitas outras funcionalidades tais como ultrarrepelência a água e óleo, resistência à corrosão, etc.

Dependendo da necessidade, deve-se escolher entre um revestimento "fácil de limpar" ou um revestimento fotocatalítico, sobre os quais se discorrerá a seguir.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

2.3.1 Revestimentos Nanointeligentes “Fáceis-de-Limpar”.

Mediante o uso de um revestimento nanointeligente "fácil de limpar", a superfície a ser tratada torna-se hidrófobica e oleofóbica, bem como autolimpante (ver figura 10) e com excelentes propriedades hidrorrepelentes. Isto significa que esse sistema de revestimento multifuncional protegerá as superfícies em longo prazo contra a água, óleo, sujeira, pichações, etc. A utilização desses revestimentos torna a limpeza de superfícies muito mais fácil e ecologicamente correta. Por meio do uso desses produtos pode-se remover um elo na cadeia alimentar, a absorção d´água, contribuindo assim para uma grande redução no crescimento de musgos e algas. Por causa da necessidade de menos ciclos de limpeza, a construção tratada terá um longo tempo de vida. Nenhuma contaminação poderá se infiltrar na estrutura de poros tendo como veículo a água, graças aos revestimentos repelentes. Propriedades antigrafite podem ser alcançadas em substratos à base de sílica, tais como arenito, granito, concreto, terracota e tijolos de argila. Muitos produtos comerciais comuns não têm essas propriedades e necessitam de reaplicações. Alguns exemplos desses produtos comuns são óleos de silicone ou produtos baseados em tecnologias de fluorocarbono que são lentamente destruídos pela luz solar. Essas reaplicações implicam um custo adicional e, portanto, não são eficientes. A desvantagem dos produtos à base de óleo de silicone é que, uma vez aplicados na superfície que se deseja tratar, irão atrair a poluição do ar, principalmente contaminado por óleo espalhado no ambiente a partir de motores de combustão interna e plantas industriais. Dependendo das propriedades absorventes ou não absorventes do substrato, a formulação do produto é otimizada. O revestimento pode ser usado como um acabamento invisível, resistente à água, à contaminação e aos raios UV. Sua estabilidade é assegurada em superfícies de substratos porosos. Revestimentos de paredes, fachadas de edifícios, terracota funcional ou telhas estão no âmbito de aplicação. Pelo fato de os nanorrevestimentos gerarem apenas uma proteção ultrafina no interior dos poros, os substratos permanecem respiráveis após o tratamento, dando a proteção estrutural perfeita. O tratamento da porosidade também contribui para a resistência da superfície ao congelamento, proporcionando proteção e durabilidade longa às construções. Comparados aos revestimentos “fáceis-de-limpar” convencionais, os revestimentos de base nanotecnológica possuem o diferencial de realizar ligações covalentes com o substrato, resultando em aplicações mais duráveis e mais sustentáveis. Devido à natureza da ligação covalente, a estabilidade química deste revestimento é excelente, o que resulta em uma resistência muito boa contra quase todos os produtos de limpeza domésticos e industriais disponíveis no mercado (à exceção de soluções alcalinas concentradas), bem como resistência à abrasão.

2.3.2 Revestimentos Nanointeligentes Fotocatalíticos [13].

Os revestimentos fotocatalíticos mais aplicados na construção são baseadas em TiO_2 e ZnO. O ZnO é mais ativo sob luz visível. Revestimentos fotocatalíticos com base em ZnO são melhores repelentes de água do que os revestimentos fotocatalíticos nanoestruturados de dióxido de titânio. O ZnO tem muito boas propriedades antibacterianas e, dependendo da funcionalidade desejada, a escolha tem de ser feita entre os dois sistemas. Vários fatores afetam a eficiência global do revestimento, incluindo a espessura, o tamanho, a porosidade, a estrutura cristalina e a dopagem (ou não) com metais de transição. Uma otimização desses fatores é necessária para se ter um revestimento eficaz (figura 12) [16]. Por exemplo, o concreto recentemente desformado tem um pH muito elevado, o que resulta em uma adesão incorreta do revestimento. Superfícies submetidas a chuvas ácidas podem também apresentar problemas, devido à destruição da estrutura do concreto que, com o tempo, vai resultar na perda de função do revestimento.

Os óxidos de nitrogênio, especialmente o NO_2, são poluentes atmosféricos de grande importância. Em contato com a água, o NO_2 gera ácido nítrico, altamente agressivo ao ambiente e às construções. Mediante a utilização de aplicações de efeito fotocatalítico, o dióxido de nitrogênio pode ser decomposto, em etapa final, em $N_2 + O_2$, substâncias presentes na atmosfera em grandes frações molares. O gráfico na figura 11 mostra a curva da percentagem de remoção de óxidos de Nitrogênio (NOx) como função do tempo de irradiação[10].

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 10: Revestimento Autolimpante [9]

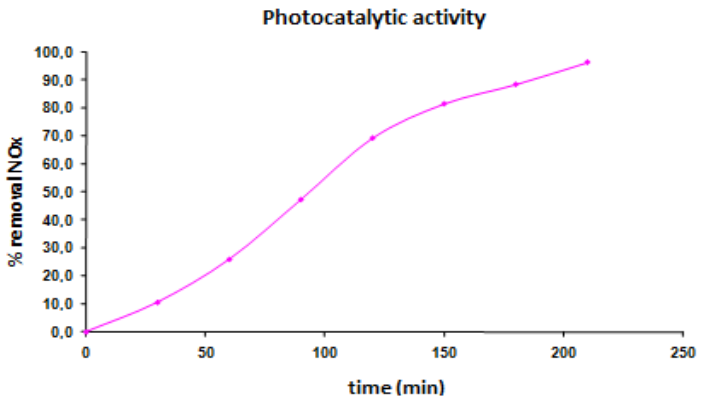

Figura 11 - % de remoção de NOx vs. tempo de irradiação[10]

2.3.2.1 Nanorrevestimentos híbridos antimicrobianos e térmicos

Normalmente, a maneira mais rápida para combater o crescimento indesejável, tanto interna como externamente, de bolor nas paredes e tetos de construções é aplicar tinta fungicida. A desvantagem deste produto é que eles são geralmente baseados em biocidas, que lentamente serão liberados no meio ambiente. Isto significa que as substâncias ativas não só penetram na raiz do fungo, mas podem também infiltrar-se no organismo humano ao ser inalado, por exemplo. Além disso, o biocida é gradualmente consumido, causando prejuízo na eficácia do revestimento à medida que o tempo passa. Uma alternativa antibacteriana permanente e sem emissões para esses revestimentos à base de biocidas são as nanopartículas usadas em revestimentos de pintura. Trata-se de estruturas sólidas e, portanto, a eficiência do sistema mantém o seu efeito de forma permanente. Há soluções que oferecem combinação de deflecção de calor e propriedades antimicrobianas. A baixa condutividade térmica e a capacidade de refletir até 90% dos raios solares reduzem a absorção de calor pelas paredes, gerando uma redução significativa nos custos de funcionamento de ar-condicionado [9].

A redução de expansões de painéis de parede relacionadas à temperatura também implica diminuição de fissuras nas fachadas. A baixa condutividade térmica é proporcionada pela presença de esferas microscópicas e não apenas pelo fato de se utilizar uma cor clara. São possíveis novos projetos de fachada, sem comprometer o componente "isolamento de superfícies".

2.3.2.2 Revestimentos antibacterianos

Existem diferentes abordagens para combater as contaminações bacterianas em substratos. Um dos mais eficazes é, sem dúvida, o uso de partículas de nano-prata. O resultado é tão poderoso que pode destruir até mesmo germes super-resistentes, como o Staphylococcus Aureus ou MRSA, uma fonte comum para as infecções hospitalares. As nanopartículas se ligam ao substrato de forma permanente. Isso é essencial do ponto de vista toxicológico e elimina qualquer decorrência à saúde humana, desde a fabricação até a aplicação. O revestimento não libera substâncias para o ar interior. Devido à elevada procura de uma solução antibacteriana permanente, a tecnologia tem sido utilizada em um número significativo de projetos. Um dos mais recentes é uma obra de 40.000 metros quadrados para o projeto Discovery Gardens, em Dubai. O revestimento também é empregado em hospitais na Europa e na região do Golfo [9].

2.3.2.3 Tratamentos para madeira

Os tratamentos para madeira com base em nanotecnologia têm desenvolvimento mais recente. Ao contrário de concreto e vidro, as variáveis nos substratos são muito mais complexas. A natureza à base d'água dos produtos é uma solução funcional e ambientalmente amigável contra o apodrecimento e formação de líquens. A absorção de água é significativamente reduzida. Além disso, há produtos híbridos com proteção UV e maior resistência ao desgaste mecânico. Há um grande interesse na aplicação desses tratamentos em madeira de fachadas de edificações de interesse histórico (figura 13) [14].

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

2.3.2.4 Metais

Superfícies metálicas também podem ser protegidas com nanotecnologia. No estágio atual, tratamentos ultrafinos são mais um tipo de produto que facilita a limpeza de manutenção. Eles não são criados como uma forma de proteção permanente à corrosão. A superfície tratada é protegida contra manchamento, contaminação por sujeira, fuligem, poeira e poluição atmosférica. O tempo de limpeza é reduzido drasticamente, em até 80-90%. Ele também protege certos aços inox de corrosão do tipo Pitting - relacionado com a formação de cloretos e coloração de óxido metálico, indicado por uma superfície rugosa e manchas de cores vermelha, marrom ou negra. O tempo médio de vida de tais tratamentos varia entre 1 e 3 anos. Revestimentos permanentes com propriedades de proteção contra a corrosão e proliferação de microrganismos estão também disponíveis.



Figura 12 – Espera-se que concreto branco e brilhante da Igreja do Jubileu em Roma permaneça limpo por muitos anos devido à introdução de um aditivo fotocatalítico [16]



Figura 13 – Igreja Matriz do Santíssimo Sacramento de Santo Antonio, em Pernambuco. As portas, de madeira entalhada, com almofadões volumosos, poderiam ser melhor conservadas pela aplicação de tratamentos nanoestruturados, em que a absorção de água seria drasticamente reduzida [14].

3. CONCLUSÕES

A indústria da construção pode ter a tecnologia a custos muito baixos se os empreendedores se dispuserem a substituir algumas das tintas tradicionais, produtos à base de solventes e de silicone e revestimentos utilizados para proteção de superfícies por revestimentos nanoestruturados. Para alguns produtos, a parte "nano" pode ser incorporada aos processos de produção e, portanto, pode ser aplicada aos produtos de construção durante o fabrico.

A Nanotecnologia pode potencialmente aperfeiçoar muitos materiais de construção, incluindo aço estrutural, polímeros, pedras ornamentais e concretos. O concreto, que contém as estruturas complicadas, em escala nano, do cimento e de seus hidratos, é um excelente candidato para a manipulação e controle nanotecnológico. Com materiais compósitos, só produtos que possam oferecer a mais alta qualidade ao produto base devem ser usados.

Não vale a pena adicionar propriedades de nanotecnologia a revestimentos se não for possível oferecer um alto padrão de resistência à lavagem ou se não forem atendidas todas as normas ambientais. Os revestimentos devem cumprir as normas e regulamentos de emissões de VOC para a qualidade do ar interior. Os mesmos princípios de qualidade têm de estar disponíveis para os aplicadores. Certos tratamentos com nanotecnologia exigem um elevado nível de preparação de superfície. A ligação molecular desejável só é possível se a totalidade do processo é feito sob as exigências do fabricante. Se esses princípios são observados e o trabalho é feito por profissional treinado e habilitado, a aplicação pode oferecer excelentes propriedades e benefícios.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Mas usar os melhores materiais possíveis têm um preço. Enquanto o que importa, em curto prazo, para o construtor empreendedor ou restaurador, é investir o mínimo possível, o proprietário do edifício ficará muito mais satisfeito de ter aportado um pouco a mais de recursos e verificar, com os anos, a significância de seu investimento, especialmente no caso das construções de importância histórica. Caberá ao projetista optar por assumir os custos de construção ou reparação ligeiramente superiores, mas fazer com que o cliente desfrute de muito mais durabilidade e baixos custos de manutenção ao longo dos anos. Nesse caso, qualquer valor adicional que alguém paga certamente será recuperado através de taxas mais atrativas de locação, prêmios de aluguel, aumento nos valores de mercado e maior valor de revenda. O uso desta tecnologia de inovação cria uma imagem positiva do grupo empreendedor, o que implica uma diminuição de custos no longo prazo. Isso tem um valor inestimável. Como na maioria das vezes, recebe-se pelo que se paga.

4. REFERÊNCIAS

[1] http://lounge.obviousmag.org/anna_anjos/2013/07/os-vitrais-medievais.html
[2] R. Veiga, "A Nanotecnologia na Conservação e Consolidação do Património" *in* Seminário Nanomateriais na Melhoria do Desempenho de Soluções de Revestimento, IST, Lisboa, 2015
[3] C. Martinez Jr., V. Coolsaet, V. P. Martinez, "Nanorrevestimentos na Construção Civil – Possibilidades de Utilização e Aplicações de Sucesso, *in* Conpat 2015, Lisboa, 2015.
[4] https://futureprospects.wordpress.com/2010/05/17/the-lotus-effect/
[5] http://ctborracha.com/?page_id=10540
[6] Benedix, Roland *et al*, "Application of Titanium Dioxide Photocatalysis to Create Self-Cleaning Building Materials", LACER No. 5, 2000.
[7] A. Fujishima, K. Hashimoto, T. Watanabe, and Applications"; BKC Tokyo; 1999.
[8] A. Fujishima, K. Honda, "Electrochemical Photolysis of Water at a Semiconductor Electrode"; Nature 238 (1972) 37.
[9] Nanotechnology - The use and impact in the Building and Construction Industry *in* China Daily, November 8, 2006.
[10] Coolsaet, V., Nanocoatings and Concrete; Kortijk, Belgium, 2014.
[11] "Nanotechnology, an opportunity for the concrete industry"; in CPI – Concrete Plant International – 4 | 2013, pp 88-89.
[12] "Nanotechnology for the construction industry"; in CPI – Concrete Plant International – 1 | 2014, p 56.
[13] "Photocatalytic construction and building materials: From fundamentals to applications"; in Building and Environment 44 (2009), pp1899–1906, http://www.sciencedirect.com/science/journal/0360132
[14] http://www.old.pernambuco.com/ultimas/nota.asp?materia=20111124162431
[15] http://noticias.uol.com.br/album/2012/12/17/predios-historicos-do-rio-de-janeiro-sofrem-com-falta-de-conservacao.htm
[16]http://blogdopetcivil.com/2010/08/17/inovacao-em-concreto/