

# Alguns contributos da nanotecnologia para a indústria da construção: o caso de materiais com capacidade de auto-limpeza e de redução de poluentes atmosféricos.

F.Pacheco-Torgal

Investigador da Unidade C-TAC, Grupo de Construção Sustentável, Universidade do Minho

A nanotecnologia constitui uma área de elevado crescimento e com um extraordinário potencial económico que a nível mundial atrai cada vez mais atenção e investimentos na ordem dos biliões de euros. Embora as aplicações para a indústria da construção não constituam o cerne dos investimentos nas investigações nanotecnológicas, as mesmas são no entanto já suficientemente numerosas e inovadoras, permitindo perspectivar mudanças substantivas nesta indústria nos próximos anos. O presente artigo analisa o caso de materiais com capacidade de auto-limpeza e de redução de poluentes atmosféricos.

## Introdução

O início da era da nanotecnologia é atribuído a uma palestra proferida pelo físico Richard P. Feynman com o título “There’s plenty of room at the bottom”, num encontro da Sociedade Americana de Física, que teve lugar em 1959, no Instituto de Tecnologia da Califórnia-CalTech [1]. A nanotecnologia envolve o estudo à escala do nanómetro ( $1\text{nm} = 1 \times 10^{-9}\text{m}$ ), para se ter um ponto de comparação é preciso ter presente que um cabelo humano tem 80.000nm de espessura e que a dupla hélice de ADN tem aprox. 2nm de diâmetro. Dezenas de países já aprovaram estratégias para a nanotecnologia e estão já na fase da implementação de planos nacionais nesta área. A União Europeia alocou 4865 milhões de euros para “*Nano ciências, nanotecnologias, materiais e novas tecnologias de produção*” do 7º Quadro Comunitário (2007-2013). Nos EUA foi aprovada a lei da nanotecnologia com um financiamento de 3679 milhões de dólares para o período 2005–2008 [3]. Já a China considerou a nanotecnologia como uma área prioritária na sua estratégia nacional referente ao desenvolvimento da ciência e tecnologia, e aumentou em conformidade o nível de investimento em investigação na mesma. Em consequência dessa política, a China tornou-se uma das potências mundiais em nanotecnologia, sendo actualmente responsável pelo maior número de artigos científicos naquela área logo a seguir aos EUA [4]. Contudo, quando a produção de artigos científicos dos países da UE-27, nesta área, é analisada no seu conjunto, esta ultrapassa a da China e mesmo a dos EUA (Fig. 1). A produção de artigos científicos em nanotecnologia, na Europa a 27, fica a dever-se em grande parte ao elevado crescimento da produção da Alemanha e também mas em menor grau, à produção de um grupo de países constituído pela França, Inglaterra, Itália e Espanha, já que os restantes apresentam um nível de produção com um crescimento que é inegavelmente modesto.

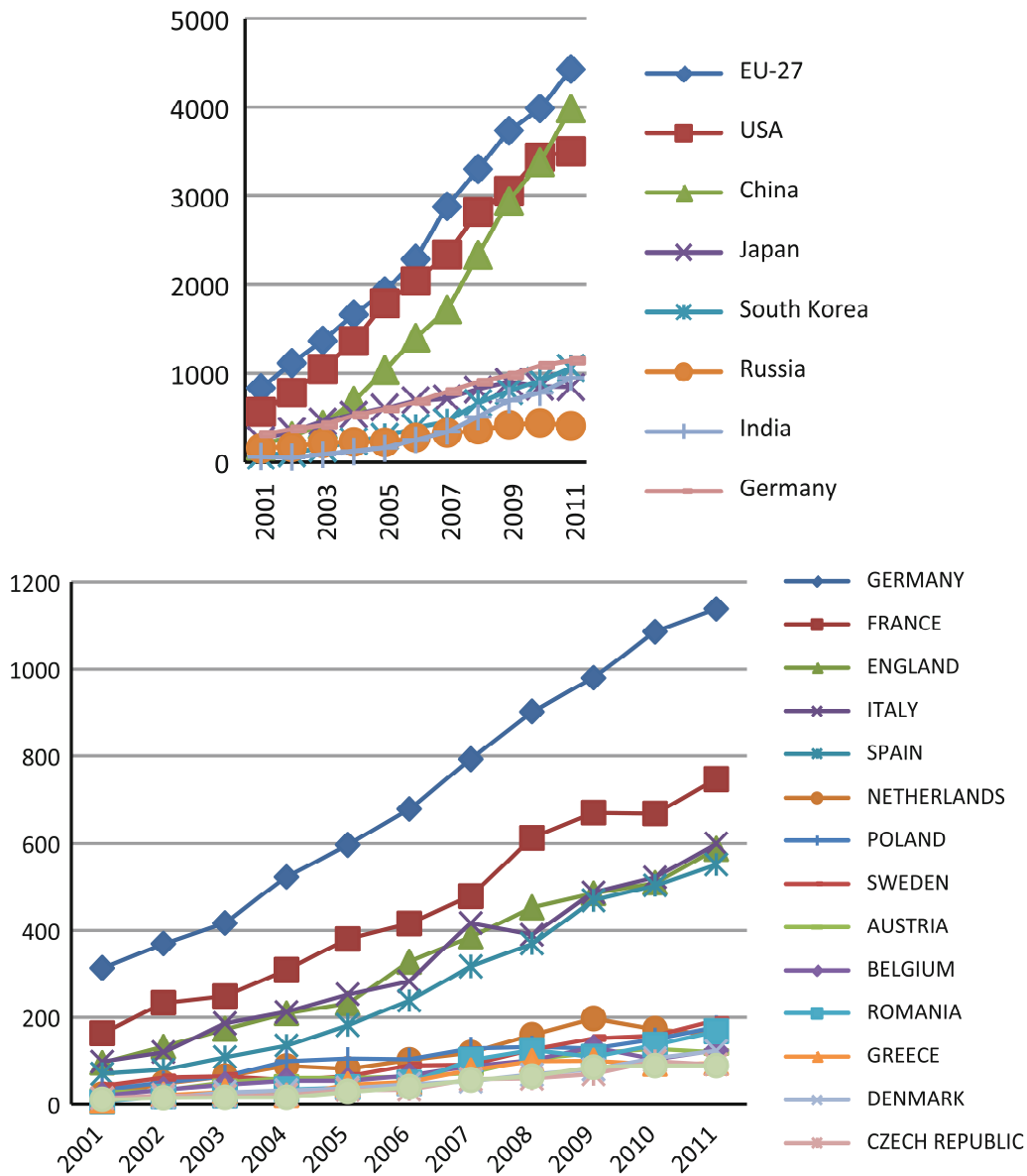


Fig. 1 – Evolução da produção de artigos na área da nanotecnologia: Em cima a comparação entre a produção dos países da UE-27 e os sete países mais produtivos; em baixo os 15 países mais produtivos da UE-27 [5]

Em 19 de Novembro de 2005 Portugal e a Espanha anunciaram a decisão conjunta de construir o Laboratório Ibérico Internacional de Nanotecnologia-INL. Com 26.000m<sup>2</sup> de área construída o INL está localizado na cidade de Braga (Fig. 3) tendo sido inaugurado em 17 de Julho de 2009. A actividade do INL centra-se em quatro áreas de investigação prioritárias: Nanomedicina, nanoelectrónica, monitorização ambiental, segurança e controlo de qualidade alimentar, nanomáquinas e nanomanipulação. Afigura-se pertinente referir que actualmente a Universidade do Minho coordena o projecto Nanovalor no qual participam ainda o INL, a Fundación Empresa-Universidad Gallega, a Universidad de Santiago de Compostela, a Universidade do Porto, o Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto e a Asociación de Investigación Metalúrgica del Noroeste. A missão principal deste projecto passa pelo fortalecimento dos vínculos institucionais entre actores



Fig. 3 - Laboratório Ibérico Internacional de Nanotecnologia em Braga

chave na área da nanotecnologia das regiões do Norte de Portugal e da Galiza, através da criação de um Pólo de Competitividade em Nanotecnologia, que possa potenciar o desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços de elevado valor acrescentado para o tecido empresarial. Embora o cerne dos investimentos em investigações na área da nanotecnologia, não seja dirigido a aplicações para a indústria da construção, as mesmas são no entanto já suficientemente numerosas e inovadoras, para que nos próximos anos se possam perspetivar mudanças substantivas nesta indústria. As potencialidades da nanotecnologia relativamente à indústria da construção incluem:

- Utilização de nanopartículas para aumentar a durabilidade de pavimentos rodoviários
- Tecnologias de recolha de energia (energy harvesting)
- Aços de elevado desempenho
- Revestimentos anti-corrosão
- Estudo à nano escala dos compostos gerados durante a hidratação do cimento Portland
- Utilização de nanopartículas e nanotubos para aumentar a resistência mecânica e a durabilidade de argamassas e betões
- Betões com capacidade sensora
- Dispositivos sensores para monitorização estrutural
- Pavimentos rodoviários com capacidade de monitorização de tráfego
- Materiais com capacidade de auto-limpeza e redução de poluentes atmosféricos
- Materiais com capacidade bactericida
- Isolamentos térmicos de elevado desempenho
- Janelas com vidros de baixa condutibilidade térmica e transmitância regulável
- Células fotovoltaicas de 3ª geração

Em dois artigos anteriores já foram analisadas várias das aplicações acima referidas [6,7] pelo que o presente aborda somente os casos de materiais com capacidade de auto-limpeza e de redução de poluentes atmosféricos.

### Materiais com propriedades de auto-limpeza e de redução de poluentes atmosféricos

Os materiais com propriedades de auto-limpeza e de redução da poluição do ar contêm nanopartículas de semi-condutores (com propriedades fotocatalíticas) que durante o processo de absorção dos raios ultravioletas da luz solar (320-400nm), conjuntamente com a presença de moléculas de água, originam a formação de substâncias que possuem um forte poder oxidante (radicais hidróxilos (OH) e iões superóxidos (O<sup>2-</sup>). Estas por sua vez vão reagir com poluentes orgânicos ou inorgânicos provocando a sua dissociação e assim contribuindo para a sua desintegração. O dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>) é o semi-condutor mais utilizado devido à sua baixa toxicidade e à sua estabilidade [8]. O TiO<sub>2</sub> pode cristalizar sob três formas: rutilo, anatase e brooquite. A primeira é mais estável em termos termodinâmicos e também mais disponível e é correntemente utilizada para aplicações de pigmentação. Já as outras variedades são meta-estáveis podendo ser transformadas em rutilo por aquecimento. Na tabela 1 apresenta-se o comprimento de onda óptimo para vários semi-condutores.

Tabela 1. Comprimento de onda óptimo de vários semi-condutores

Semi-condutores	Comprimento de onda óptimo (nm)
ZnS	345
SnO <sub>2</sub>	345
Anatase TiO <sub>2</sub>	390
SrTiO <sub>3</sub>	390
ZnO	390
$\alpha$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	400
CaBi <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	400
Rutilo TiO <sub>2</sub>	415
Brookite TiO <sub>2</sub>	415
In <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	430
WO <sub>3</sub>	445
CdS	495
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	565
CdSe	690

Ao efeito oxidante atrás referido soma-se ainda o facto das nanopartículas de semi-condutores quando sujeitas à radiação ultravioleta serem responsáveis pela redução do ângulo de contacto entre uma gota de água e uma superfície. Dessa forma não é possível a formação de gotas formando-se antes um filme de água característico das superfícies hidrofílicas ou super-hidrofílicas (Fig 4), o que por sua vez contribui para o aumento do efeito auto-limpante. Esta propriedade é especialmente interessante para aplicações em vidros de prédios de elevada altura (Fig. 5) pois permite poupar nos elevados custos associados à sua limpeza regular.



Fig. 4 – Ângulo de contacto de uma gota de água com uma superfície hidrofílica (<90°) e super-hidrofílica (~0°)

A oferta comercial de vidros com estas características inclui por exemplo o Bioclean™ da Saint Gobain, o Pilkington Activ da Pilkington Group ou o Renew™ da Viridian [10]. Alguns autores referem ainda que a

super-hidrofilicidade pode ainda contribuir para o arrefecimento das superfícies contendo  $\text{TiO}_2$ . Os mesmos demonstraram já que a aspersão contínua de uma superfície com uma quantidade de água muito diminuta (12l/hora) permite formar uma película de água com apenas 0.1mm de espessura numa área de  $5\text{m}^2$ , e a sua evaporação irá permitir uma redução da temperatura de  $15\text{ }^\circ\text{C}$  em vidros e entre 40 a  $50\text{ }^\circ\text{C}$  em azulejos de cor escura [11].



Fig. 5 – Edifício Matsushita Denso no Japão revestido com vidros com super-hidrofilicidade foto-induzida [9]

Este facto irá assim possibilitar uma redução das necessidades de arrefecimento dos edifícios, o que é de extrema importância pois só na Europa o número de aparelhos de ar condicionado aumentou 500% nos últimos 20 anos e as necessidades energéticas para arrefecimento aumentaram de 6 TJ em 1990 para 160 TJ em 2010 [12]. Também porque até ao ano 2050 haverá um aumento de mais de 2000 milhões de pessoas a viver em ambiente urbano, o que conduzirá a um aumento das necessidades de arrefecimento associadas aos fenómenos das “ilhas de calor urbano” [13, 14]. E mais ainda no contexto das alterações climáticas, cujo impacto pode vir a resultar num aumento do consumo de energia para arrefecimento, de aprox. 20% em edifícios localizados nos trópicos e numa mudança de necessidades de aquecimento para necessidades de arrefecimento em edifícios localizados em zonas de climas moderados [15]. Uma outra forma de auto-limpeza ocorre quando se utilizam tintas fotocatalíticas (contendo nano-silica) que mimetizam a superfície da folha da flor de lótus conhecida pela sua não “molhabilidade”. Nestas superfícies porém o fenómeno é de aumento do ângulo de contacto entre uma gota de água e uma determinada superfície, fenómeno característico das superfícies não molháveis ou também designadas por hidrófobas e super-hidrófobas (Fig. 6). Existem já disponíveis no mercado algumas tintas super-hidrófobas como por exemplo a Lotusam e a Deletum 5000. Estas tintas podem também ser usadas como tinta anti-graffiti ou para evitar a formação de gelo. Guerrini [16] descreve o caso da reabilitação do túnel Umberto I, na cidade de Roma com 347 metros de extensão e em funcionamento desde 1902.



Fig. 6 – Ângulo de contacto de uma gota de água com uma superfície hidrofóbica (>90°) e super-hidrofóbica (>150°)

Os trabalhos de reabilitação envolveram (entre outros) a substituição do sistema de iluminação por um novo sistema capaz de gerar radiação no espectro ultra-violeta e a pintura do túnel com uma tinta com propriedades fotocatalíticas (Fig. 7). Análises posteriores revelaram que a conjugação do novo sistema de iluminação com a pintura fotocatalítica permitiu reduções de quase 50% do poluente  $\text{NO}_x$ . Este facto é de especial relevância pois de acordo com a UNEP [17] 90% da poluição urbana tem origem nas emissões do tráfego rodoviário e o custo associado às mesmas é de aproximadamente 2% do PIB nos países desenvolvidos (5% do PIB nos países em desenvolvimento).

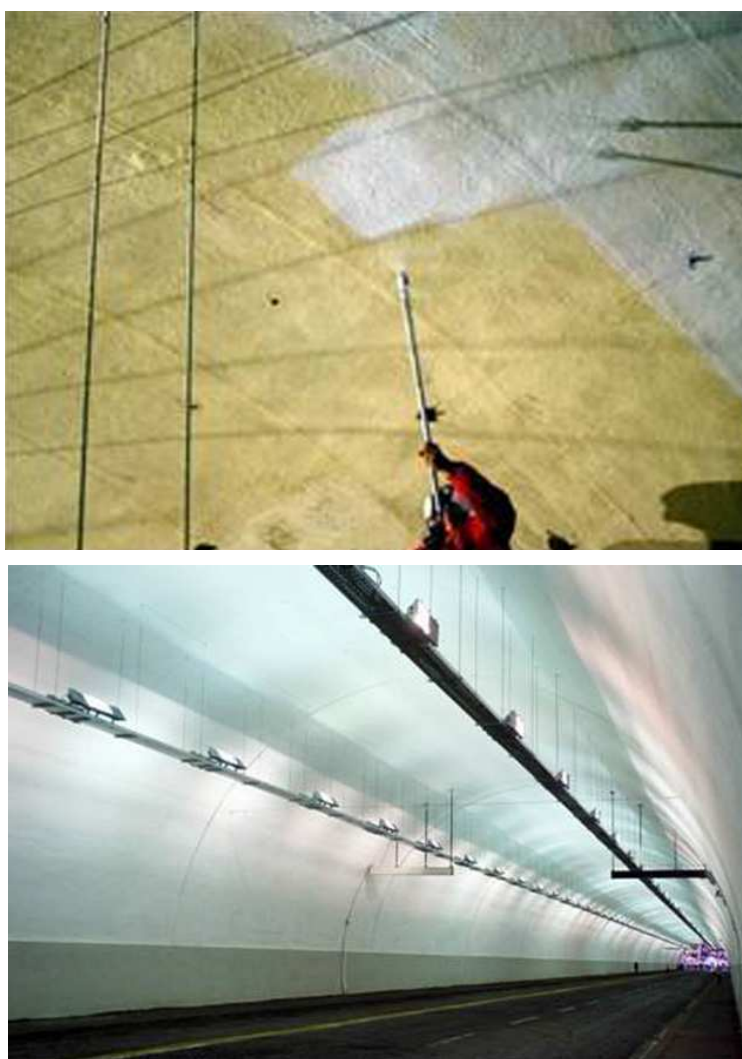


Fig. 7 – Pintura de túnel Umberto I em Roma com tinta fotocatalítica

## Referências

- [1] Feynman, R. (1960) There's plenty of room at the bottom (reprint from the speech given at the annual meeting of the West Coast section of the American Physical Society). *Engineering Science*, 23, pp.22-36.
- [2] Pacheco-Torgal, F.; Labrincha, J. (2013) The future of construction materials research and the seventh UN Millennium Development Goal: A few insights. *Construction and Building Materials* 40, pp.729-737
- [3] Salerno, M., Landoni, P. and Verganti, R. (2008) Designing foresight studies for Nanoscience and Nanotechnology (NST) future developments. *Technological Forecasting and Social Change* 75, 1202-1223
- [4] Wang, G. and Guan, J. (2012) Modeling the dynamic relation between science and technology in nanotechnology. *Scientometrics* (in press)
- [5] Ovalle-Perandones, M.; Gorraiz, J.; Wieland, M.; Gumpenberger, C.; Olmeda-Gómez, C. (2013) The influence of European Framework Programmes on scientific collaboration in nanotechnology. *Scientometrics* 97, pp.59-74.
- [6] Pacheco-Torgal, F. (2012) Utilização de nanopartículas no desenvolvimento de betões de elevado desempenho. *Revista Maquinaria*, 225, 56-62
- [7] Pacheco-Torgal, F. (2012) Contributos da nanotecnologia para os Nearly Zero Energy Buildings. *Revista Maquinaria*, 221, 58-63.
- [8] Djebbar, K.; Sehili, T. (1998) Kinetics of Heterogeneous photocatalytic decomposition of 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid over TiO<sub>2</sub> and ZnO in aqueous solution. *Pesticide Science*, Vol. 54, 269-276.
- [9] Fujishima, A.; Zhang, X.; Tryk, D. - TiO<sub>2</sub> photocatalysis and related surface phenomena. *Surface Science Reports* 63 (2008) 515-582.
- [10] Midtal, K.; Jelle, B. (2013) Self-cleaning glazing products: A state-of-the-art review and future research pathways. *Solar Energy Materials & Solar Cells* 109, 126-141.
- [11] Hashimoto K.; Irie H.; Fujishima, A. (2005) TiO<sub>2</sub> photocatalysis: a historical overview and future prospects: *Jpn J Appl Phys* 44, 8269-8285.
- [12] Balaras, C.; Grossman, G.; Henning, H.; Infante-Ferreira, C.; Podesser, E.; Wang, L.; Wiemken, E. (2007) Solar air conditioning in Europe-an overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 11, 299-314.
- [13] Mirzaei, P.; Haghighat, F. (2010) Approaches to study Urban Heat Island – Abilities and limitations. *Building and Environment* 45, 2192-2201.
- [14] Allegrini, J., Dorer, V., Carmeliet, J. (2012) Influence of the urban microclimate in street canyons on the energy demand for space cooling and heating of buildings. *Energy and Buildings* 55, 823-832.
- [15] Crawley DB (2008) Estimating the impacts of climate change and urbanization on building performance. *J Building Perform Simulation* 1:91–115.
- [16] Guerrini GL (2012) Photocatalytic performances in a city tunnel in Rome: NOx monitoring results, *Construction and Building Materials*, 27, 165-175.
- [17] [http://www.unep.org/urban\\_environment/issues/urban\\_air.asp](http://www.unep.org/urban_environment/issues/urban_air.asp)