



NANO@CONSTRUÇÃO

*A nanotecnologia aplicada ao serviço
da eficiência energética e das necessidades
do sector da construção*

2011

Promotores



Entidade Financiadora



Índice

1. Introdução	3
2. Nanotecnologia em Edifícios	4
2.1. Nanotecnologia aplicada ao sector da construção	4
2.2. Cimentos e Argamassas.....	5
2.3. Revestimentos e Tintas	7
2.4. Gestão e Isolamento Térmico	9
2.5. Energia Fotovoltaica	11
3. Directório de materiais.....	14
4. Conclusão	22
5. Referências Bibliográficas	23

1. INTRODUÇÃO

A construção de “edifícios verdes” é uma das necessidades mais urgentes da actualidade. Os edifícios residenciais, comerciais e industriais são responsáveis por cerca de 30% a 40% do consumo energético europeu, sendo os responsáveis por 43% das emissões mundiais de CO₂. A desflorestação, a erosão do solo, a poluição ambiental, a acidificação, a destruição da camada de ozono, o esgotamento dos combustíveis fósseis, o aquecimento global são algumas das problemáticas ambientais atribuídas ao sector da construção de edifícios^[1].

A nova legislação relativa aos edifícios com zero emissões de CO₂, Directiva 2010/31/UE de 19 de Maio de 2010, impõe o uso de produtos de qualidade com critérios integrados em termos energéticos e ambientais, na construção de edifícios novos e na reabilitação dos existentes.

Os recentes desenvolvimentos tecnológicos da era *nano* vieram contribuir para o envolvimento da construção de edifícios nas questões ambientais e de sustentabilidade. No entanto, para este sector da construção civil poder atingir o seu potencial na contribuição que pode dar para o alcance de modelos de desenvolvimento mais sustentável, o aparecimento de novos materiais e técnicas de construção torna-se uma necessidade urgente. Assim as limitações existentes nos materiais de construção são quebradas com a introdução da nanotecnologia como potenciadora de novos produtos e novas possibilidades de construção^[2].

De um modo global, espera-se que a nanotecnologia permita reduzir as emissões de CO₂ principalmente no isolamento de residências e de edifícios comerciais e nas energias renováveis fotovoltaicas^[3].

Existem actualmente alguns produtos no mercado que foram melhorados com base na tecnologia *nano*, permitindo criar edifícios com maior sustentabilidade e eficiência energética, os quais apresentam uma redução de resíduos e lixos tóxicos e uma diminuição da dependência de recursos energéticos não-renováveis. No entanto, existem produtos ainda em desenvolvimento que prometem melhorar de uma forma mais eficaz o desempenho dos edifícios, em termos energéticos e ambientais.

Neste sentido, o objectivo deste estudo, resultado de um conjunto de acções, é confrontar as actuais aplicações da Nanotecnologia no sector da construção e com as necessidades das empresas neste sector, apresentando novas oportunidades de inovação. A disponibilização deste estudo pretende fomentar a competitividade das empresas, direccionando-as para as áreas cujo potencial desenvolvimento permita promover a sustentabilidade, tanto dos materiais como das soluções construtivas, tornando assim possível a construção de edifícios energeticamente mais eficientes e com emissões de CO₂ quase nulas.

2. NANOTECNOLOGIA EM EDIFÍCIOS

A nanotecnologia é uma ciência dominada por desenvolvimentos nas áreas da investigação química e física, onde fenómenos a nível atómico e molecular são utilizados para atribuir propriedades únicas aos materiais, as quais não seriam possíveis de obter se fossem utilizados os elementos na sua forma macroscópica. O recurso à investigação nanotecnológica revela-se uma abordagem mais incisiva e evolutiva, em que uma das áreas de aplicação em franco crescimento é o sector da construção.

A nanotecnologia pode ser aplicada em diversas sub-áreas do sector da construção, que visam produtos tão diversificados como, por exemplo, janelas, paredes, revestimentos de paredes, estruturas de cimentos, telhas e portas (Figura 1). Está visto que, numa casa típica, é possível desenvolver e aplicar uma variedade alargada de produtos com melhorias significativas de performance que contribuirão para os objectivos aqui propostos: sustentabilidade e eficiência.

Num futuro próximo, a optimização do balanço entre as propriedades dos materiais, o seu custo e a sustentabilidade de produção e aplicação dos mesmos é um enfoque de trabalho no qual a nanotecnologia se revela de alto valor.

2.1. Nanotecnologia aplicada ao sector da construção

Tipificando a aplicação da nanotecnologia no sector da construção, tem-se verificado que, nos últimos 5 anos, foram geradas algumas categorias de materiais de construção desenvolvidos com base nanotecnológica: cimentos e argamassas; revestimentos e tintas; materiais para isolamento térmico; e energias renováveis solares de tipologia fotovoltaica^[2].

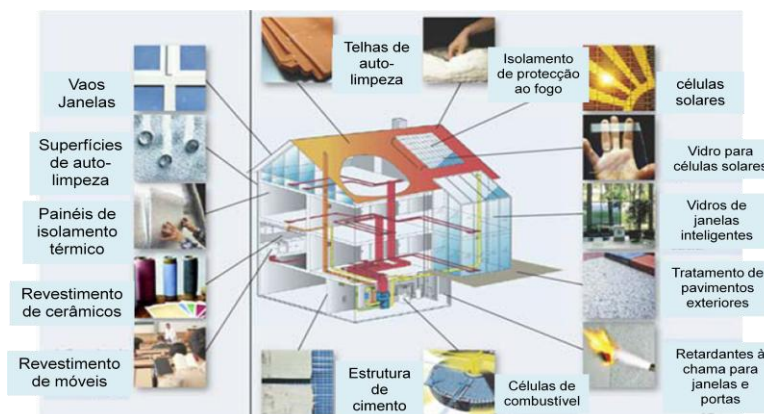


Figura 1: Exemplos de aplicação de nanomateriais numa casa típica^[2]. Adaptada de Broekhuizen *et al.* (2009).

Apresenta-se de seguida uma primeira visão da actual aplicação destas 4 categorias, focando produtos comerciais e desafios tecnológicos que estes produtos se propõem a ultrapassar.

2.2. Cimentos e Argamassas

Actualmente, a indústria da produção de cimento e argamassas consome elevadas quantidades de matérias-primas e de cimento Portland, cuja produção é uma das principais responsáveis para efeito estufa. Em 2006 o consumo de matérias-primas naturais por parte das cimenteiras portuguesas chegava a atingir 5906 quilotoneladas, de acordo com informação do Relatório de Sustentabilidade das mesmas^[3]. A necessidade de tornar a indústria da produção de cimento e argamassas sustentável é um dos desafios há muito ambicionado pelo sector da construção.

A combinação entre as propriedades dos materiais de cimento e argamassas existentes e as propriedades potenciadas pela aplicação da nanotecnologia, visa estabelecer o equilíbrio entre o bom desempenho mecânico-funcional a baixo custo e a sustentabilidade do material no seu conjunto, de forma a garantir um nível de eficiência energética elevado.

A aplicação da nanotecnologia nesta categoria permite o desenvolvimento de uma grande variedade de produtos com propriedades melhoradas, tais como a preparação de estruturas mais leves, fortes e compactas. Estas propriedades são possíveis devido à utilização de nanopartículas como aditivos aos materiais comuns.

No caso do cimento, por exemplo, a adição de uma dispersão de nanosílica amorfa (nSi amorfa) permite melhorar a auto compactação deste material. A adição destas nanopartículas permite preencher os nanoporos existentes entre as partículas de cinzas volantes e cimento. Um cimento mais compacto torna-se mais resistente e consequentemente mais duradouro^[5].

Outros exemplos de aditivos são os nanotubos de carbono (*carbon nanotubes*, CNTs). Estes, quando adicionados ao cimento, permitem aumentar a capacidade de resistência compressiva das estruturas produzidas, ao mesmo tempo que permitem que estas estruturas sejam mais leves.

Tal como as Si amorfa as nanopartículas de dióxido de titânio (TiO₂), quando adicionadas à mistura de cimento e cinzas volantes, preenche os poros existentes no material, aumentando a sua compactação. Todavia, devido às suas propriedades de fotocatalise é possível adicionar propriedades de auto-limpeza. A fotocatalise é o fenómeno através do qual um composto, por efeito da luz e após ser excitado com energia de fotões, acelera a velocidade de uma reacção química sem ser consumido. A sustentabilidade das estruturas edificadas que são compostas por este material é

influenciada, pois é possível a estrutura manter-se limpa durante mais tempo, dispensando assim o consumo de outros recursos energéticos. Por esta razão diversos edifícios públicos actualmente são construídos com estes produtos (Figura 2)^[4]



Figura 2: Igreja Jubilee em Roma^[2].

No entanto, apesar de existirem produtos comerciais de base nanotecnológica^{[2];[4]} (Tabela 1), a incorporação de TiO_2 no cimento e argamassas realiza-se em baixas concentrações, devido aos custos envolvidos dos nanomateriais.

Actualmente, recorre-se ao conceito de calor latente como meio de controlo da gestão térmica em cimentos e argamassas, utilizando materiais de mudança de fase (*Phase Change Materials* - PCMs), de modo a aumentar a inércia térmica. A principal vantagem da utilização de sistemas de armazenamento de calor com utilização de PCMs é a possibilidade de uma elevada densidade de armazenamento de calor num pequeno intervalo de temperaturas. O calor latente pode ser utilizado como um sistema para aquecimento ou arrefecimento nos edifícios e poderá ser incorporado num sistema activo ou passivo de energia.

Os sistemas de armazenamento de energia térmica que utilizam os PCMs têm vindo a ser utilizados e reconhecidos ao longo do tempo como uma das tecnologias capazes de melhorar significativamente o desempenho do edifício em termos de eficiência energética e sustentabilidade do edifício. Actualmente as actividades de investigação têm vindo a focar-se no método de incorporação dos PCMs nos edifícios.

Existem diferentes metodologias de utilização, o microencapsulamento destes materiais e a sua incorporação directa nos diferentes materiais de construção é uma das tecnologias utilizadas. Destacam-se o principal interesse na aplicação destes materiais em estruturas de cimento e gesso de aplicação em paredes, pavimentos ou tectos^[13].

Tabela 1: Produtos comerciais de cimento e argamassas em estudo

Nanomaterial	Produtos				
	Si	CNTs	TiO ₂	PCMs	Outros
Nº Produtos	6	1	9	2	5

Actualmente, e em Portugal, apesar de não existirem produtos comercialmente disponíveis de cimento e argamassas desenvolvidos com recurso à nanotecnologia, esta abordagem de desenvolvimento deverá ser considerada pelas empresas do sector, com intuito de desenvolver produtos nacionais sustentáveis de alta eficiência e economicamente viáveis, já que se encontram reunidos todos os actores fundamentais ao processamento, desde a produção dos nanomateriais à sua aplicação, passando por know-how nacional em tecnologias de aditivação de massas com nanomateriais.

No entanto, existem entidades que possuem iniciativas de investigação e desenvolvimento neste âmbito, nomeadamente, na incorporação de materiais de mudança de fase em argamassas de gesso. Este tipo de aditivo tem vindo a ser estudado e revela-se de elevado interesse uma vez que estes materiais revelam-se importantes quando se pretende obter um produto final com características de gestão térmica. A introdução deste tipo de materiais no sector irá tornar o mercado destes produtos competitivo e vanguardista nas novas tecnologias, nacional e internacionalmente.

2.3. Revestimentos e Tintas

O processamento sustentável dos revestimentos e tintas utilizadas na construção civil, trará um impacto extremo e positivamente significativo ao meio ambiente. A melhoria dos processos de produção e do desempenho dos produtos existentes permite diminuir o consumo de matérias-primas, factor que incentiva os fabricantes de revestimentos e tintas a recorrer a novas tecnologias no sentido de cumprir as metas ambientais actuais. Esta necessidade permite a evolução dos produtos actuais, atribuindo-lhe propriedades de valor acrescentado, que se irão traduzir numa utilização de recursos energéticos de um modo mais eficiente pelos usuários finais.

A indústria dos revestimentos e tintas tem vindo a apresentar várias abordagens para aumentar a sustentabilidade dos seus produtos. O desenvolvimento de novas formulações com novos aditivos e o recurso a novas tecnologias têm como objectivo a minimização do impacto ambiental das formulações finais e a atribuição de novas funcionalidades às mesmas.

Em termos de impacto ambiental, a substituição de solventes por formulações de base aquosa é uma das medidas com maior contributo para a diminuição da produção de resíduos nocivos ao ambiente, sendo que uma outra abordagem se refere à alteração do teor em sólidos da formulação com o intuito de diminuir a proporção de compostos orgânicos voláteis (COV) presentes.

No que diz respeito à funcionalização das tintas e dos revestimentos, a incorporação de aditivos em nanopartículas permite atribuir uma multiplicidade de propriedades conferindo-lhes uma maior versatilidade de aplicação^[6]. As superfícies revestidas poderão assim adquirir propriedades de: auto-limpeza, despoluição, anticorrosivo, isolamento térmico, entre outras.

Na presente categoria de produtos, a adição de nanopartículas super hidrofílicas de TiO_2 confere propriedades de auto-limpeza às superfícies revestidas. As características fotocatalíticas do TiO_2 , a uma escala nanométrica, permite ainda que este aditivo seja responsável pela capacidade de actuar como agente de despoluição, quando adicionado a um revestimento ou a uma tinta. O TiO_2 poderá ser incorporado nas formulações de revestimento nos materiais de construção, que ao ficarem expostos ao ar livre, reduzem substancialmente as concentrações de poluentes atmosféricos, tais como compostos orgânicos voláteis e óxidos de azoto.

Os revestimentos constituídos por nanopartículas de dióxido de titânio (TiO_2), prata (Ag) ou óxido de zinco (ZnO) são utilizados para superfícies de fácil degradação à radiação UV, como é o caso das superfícies plásticas ou de madeira. Para além desta aplicação são também utilizadas como revestimentos anticorrosivos para vários metais^[4].

As tintas e os revestimentos cujas formulações são constituídas por nanoaditivos, tais como a sílica amorfa, silicatos de cálcio e de sódio ou o óxido de cério (CeO_2) permitem manter a flexibilidade, durabilidade, eficiência e aderência nas superfícies revestidas. Este facto mostra-se fulcral no impacto ambiental, já que uma diminuição do consumo de recursos energéticos utilizados para a manutenção de superfícies dos edifícios repercute na diminuição de emissões de CO_2 ^[7].

Existem ainda nanoaditivos que funcionalizam os revestimentos e tintas atribuindo-lhes propriedades de isolamento térmico fomentando assim a eficiência energética das mesmas. Estes aditivos consistem, por exemplo, em filmes de nanocompósitos com espessuras reduzidas. Estes nanomateriais, por apresentarem uma rede sólida tridimensional complexa, e por terem associados valores de condutividade térmica extremamente baixos, dificultam a condução térmica ao longo de uma parede, ou um telhado.

Produtos comerciais^{[2];[4]} cujo valor acrescentado foi baseado na aplicação da nanotecnologia foram estudados e mencionados na Tabela 2.

Tabela 2: Produtos comerciais de revestimentos e tintas em estudo

Produtos					
Nanomaterial	Si	Ag	TiO ₂	CeO ₂	Outros
Nº Produtos	6	2	9	2	7

Em Portugal, a área dos revestimentos e tintas encontra-se em franca expansão, existindo já produtos comerciais como tintas e vernizes que foram desenvolvidos com recurso à nanotecnologia. Empresas como a CIN^[14] e a Barbot^[15] não só colocaram no mercado português uma grande variedade de produtos de valor acrescentado, em alternativa às tintas e vernizes comuns, como se preocupam em desenvolver um trabalho contínuo de optimização dos produtos com base em nanotecnologia^[6] e em coordenação com centros de saber com conhecimento na área da nanotecnologia. Deste modo, verifica-se que nesta área a preocupação com o desenvolvimento de produtos de alta eficiência, baixo custo e baixo impacto ambiental é uma realidade que permite ir de encontro aos objectivos propostos de se utilizar materiais no sector da construção cuja sustentabilidade seja um factor peremptório.

2.4. Gestão e Isolamento Térmico

A utilização de produtos para o aumento do isolamento térmico em edifícios é uma prática que se tornou comum, e praticamente obrigatória, desde a década de 80, com a introdução de materiais de isolamento térmico para preenchimento, total ou parcial, de caixas-de-ar de paredes. A eficiência energética e o nível de emissões de CO₂ de um edifício podem ser alterados quando são empregadas tecnologias de isolamento que fomentem, em especial atenção, a redução de consumos energéticos de climatização (aquecimento e arrefecimento). A aplicação da nanotecnologia nesta categoria de materiais revela-se de elevada importância, visto permitir melhorar o desempenho dos materiais comuns. O isolamento que tenha como base nanomateriais permite que os edifícios adquiram melhorias significativas em termos de aumento do conforto térmico, isolamento térmico e acústico e controlo da humidade. A redução de consumo de recursos energéticos e a redução do impacto ambiental dos produtos é também uma das principais vantagens^[7].

A nível processual os materiais nanoestruturados são normalmente adicionados a produtos comuns, tais como a fibra de vidro, a lã de rocha, espumas ou policarbonato. A sua utilização deve-se ao facto de estes possuírem uma estrutura muito porosa. A porosidade à escala nano confere uma elevada área superficial, que permite o aumento da resistência térmica.

O material nanoestruturado disponível com maior impacto a este nível, é o aerogel. Os aerogéis podem ser compostos de uma grande variedade de bases químicas, incluindo de sílica (SiO_2), óxido de alumínio (Al_2O_3), óxidos de metais de transição e lantanídeos, metais calcogenídeos, polímeros orgânicos e inorgânicos, e carbono. Estes materiais são constituídos por mais de 90% de volume gasoso, o que se traduz numa baixa condutividade térmica^[4]. Uma abordagem recente para esta tipologia de isolamento com base em nanomateriais é a adição de nanopartículas de compostos reflectores, como o alumínio, a matrizes simples, como o barro. A propriedade reflectora do alumínio permite potenciar as características de isolamento térmico do produto final, complementando uma área de isolamento a nível radiativo e condutivo^[9].

Revelam-se ainda importantes para esta tipologia de materiais, os produtos electro e termocrómicos existentes no mercado. A nanotecnologia incorporada nesta tipologia de materiais permite controlar a quantidade de luz e calor incidente numa fachada ou vidro de um edifício, potenciando deste modo a gestão térmica e consequentemente a eficiência energética do mesmo.

Como se pôde verificar até então, uma das maiores vantagens do desenvolvimento de isolamentos de base nanotecnológica é a multiplicidade de aplicações destes materiais num edifício (Figura 3) e, por esta razão, o seu impacto na eficiência energética é tão significativo.

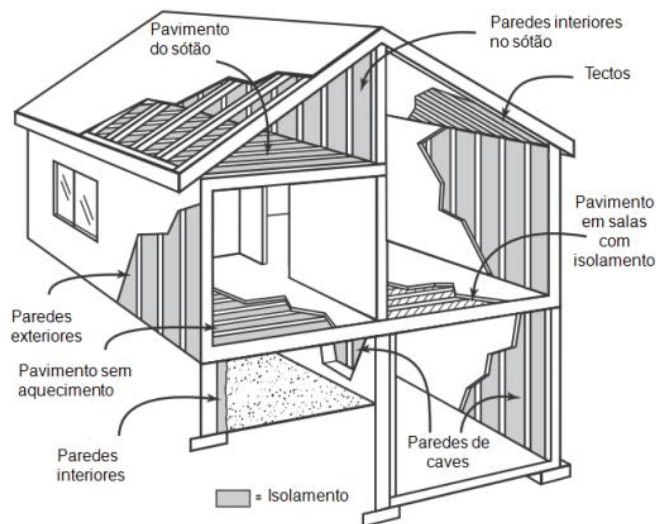


Figura 3: Zonas de aplicação de isolamento térmico^[10].

Numa tentativa de melhorar as características dos materiais de isolamento têm vindo a ser realizados vários estudos em todo o mundo a materiais com propriedades de armazenamento de energia, os materiais de mudança de fase (PCMs). Incorporando PCMs na estrutura e revestimento do edifício é possível manter temperaturas baixas durante o dia, e de noite, com o descida da temperatura exterior, aquecer o ambiente pois os PCMs dissipam o calor armazenado, reduzindo assim a necessidade de

climatização. Ao contrário de materiais convencionais de armazenamento (por calor sensível), os PCMs absorvem e libertam energia a uma temperatura constante, armazenando de 5 a 14 vezes mais calor por unidade de volume do que os materiais de armazenamento sensível como a água ou a pedra^[16].

Alguns dos produtos actualmente disponíveis no mercado^{[2];[4]} apresentam-se nomeados na Tabela 3.

Tabela 3: Produtos comerciais de isolamento térmico em estudo

Produtos				
Nanomaterial	Si	PCMs	Aerogel	outros
Nº Produtos	2	8	3	17

No que concerne a produtos de isolamento térmico produzidos e comercializados em Portugal, a Barbot, por exemplo, tem disponível no mercado um inovador sistema de isolamento para paredes de exterior, o Barbotherm, que melhora o ambiente térmico interior das habitações, possibilitando uma poupança energética até 30%.

A área do isolamento térmico revela-se de grande importância no que diz respeito à sustentabilidade de um edifício, onde o desenvolvimento de novos materiais de isolamento com recurso à nanotecnologia e a sua aplicação em novos edifícios e na sua reabilitação permitirá reduzir drasticamente os consumos energéticos, diminuindo assim os consumos de CO₂ e tornando os edifícios mais sustentáveis e com menor impacto ambiental.

2.5. Energia Fotovoltaica

A nanotecnologia tem contribuído significativamente para a melhoria da eficiência energética e da redução das emissões de CO₂ em edifícios, proporcionando grandes avanços na área da tecnologia das energias renováveis. A produção de electricidade a partir de energia solar fotovoltaica é o campo cujo desenvolvimento é completamente dependente das nanotecnologias.

Nos últimos anos presenciamos a rápida expansão do mercado das energias renováveis, nomeadamente a solar, em muito motivados pelo aumento do custo dos combustíveis fósseis e a sua inevitável extinção, tendo também que considerar os factores ambientais envolvidos. A energia fotovoltaica é uma energia obtida directamente através da conversão da energia solar em electricidade, sendo uma tecnologia em constante evolução, no sentido de criar sistemas viáveis com soluções de baixo custo e manutenção. Diversos relatórios estatais referem a energia fotovoltaica como uma das energias renováveis mais promissoras, pois não gera

qualquer tipo de resíduos, cheiros ou ruídos, e tem um tempo de vida relativamente elevado.

A evolução dos painéis fotovoltaicos (*Photovoltaics* – PVs) tem-se direccionado na construção de painéis flexíveis e leves, sendo este o tipo de painéis, já comerciais, a serem utilizados para o desenvolvimento deste projecto. Os painéis flexíveis permitem alargar a gama de aplicações específicas, como é o caso de algumas aplicações em edifícios, e tem menor custo de aquisição e de integração, visto se adequar mais a produtos pequenos e não extensas áreas como ocorre nos painéis fotovoltaicos rígidos.

Os painéis fotovoltaicos orgânicos (*organic photovoltaics* - OPVs) têm vindo a adquirir bastante relevância pois, contrariamente aos painéis fotovoltaicos de base inorgânica, oferecem a capacidade de produção de células solares a muito baixo custo, conseguida através de diferentes processos de fabrico (como a técnica de impressão por jacto de tinta), e de materiais inerentemente mais baratos (materiais orgânicos).

Esta área tem suscitado extremo interesse e investimento tanto por parte da investigação como da indústria, devido às características que estes dispositivos oferecem, de entre as quais se destacam o custo reduzido, flexibilidade, semi-transparência, baixa espessura e leveza. Dado este conjunto de características, as células solares orgânicas podem integrar-se nas mais diversas aplicações, desde janelas a têxteis, passando por aplicações aeroespaciais^[11].

Actualmente existem inúmeros produtos comerciais nesta categoria de produtos, sendo que são os painéis fotovoltaicos orgânicos, aqueles que se encontram numa fase de maturação, no que concerne à sua produção em massa. Estudos de optimização têm vindo a ser feitos com o intuito de tornar os produtos cada vez mais atractivos de um ponto de vista comercial potenciando as propriedades de flexibilidade e custo-eficiência.

Tabela 4: Produtos comerciais de energias fotovoltaicos em estudo

Base de Painel fotovoltaico	Produtos	
	PVs	OPVs
Nº Produtos	10	4

Portugal, sendo um dos países mais ricos em exposição solar, onde se pode atingir entre 1800 e 3100 horas de sol por ano, mostra-se assim um mercado-alvo a atingir para esta indústria. Em termos de desenvolvimento de tecnologias de energias renováveis em Portugal, existem actualmente exemplos de produtos comerciais eficientes, mas de base inorgânica muitos deles com produção internacional e com

representação em Portugal. No entanto, em Portugal, a Revigrés lançou em 2010 um módulo fotovoltaico composto por uma sobreposição de semicondutores de silício amorfo laminados entre o painel e o vidro de encapsulamento. Esta tecnologia oferece uma boa relação custo-benefício^[8].



Figura 7: Painel fotovoltaico Revigrés Solar Plus^[11].

Devido à utilização de materiais de base orgânica, o custo de produção dos painéis fotovoltaicos tem vindo a baixar drasticamente, exigindo ainda estudos para o aumento da sua eficiência. A utilização de energia proveniente de fonte renovável e o seu uso eficiente, no sector da construção, contribui inequivocamente para a sustentabilidade dos edifícios.

3. DIRECTÓRIO DE MATERIAIS

No decorrer deste estudo foi realizada uma pesquisa aprofundada sobre nanomateriais com aplicação no sector da construção, nomeadamente de edifícios, existentes no mercado. Nesta pesquisa foram incluídos todos os materiais desenvolvidos com recurso à nanotecnologia que demonstrem ser uma mais-valia relativamente ao consumo de matérias-primas e energia, comparativamente a processos e produtos comuns, já existentes no mercado.

Neste sentido, a preparação de um diagnóstico acerca da tecnologia actual (nanotecnologia aplicada aos materiais de construção para aplicação em edifícios sustentáveis de baixas emissões de CO₂) pretende colmatar a escassez de informação nesta área, bem como e avaliar as necessidades e oportunidades das empresas presentes no mercado, em que a nanotecnologia se mostra preponderante.

Toda a informação sobre os materiais e tecnologias existentes no mercado actual foi recolhida, registada e gerida de uma forma versátil e intuitiva, podendo assim ser consultada por diferentes agentes do sector da construção nas escolhas de matérias-primas e materiais com menor impacto ambiental.

A Base de Dados aqui apresentada é composta por uma tabela, constituída por um conjunto organizado de registos, nomeadamente: Material, Funcionalidade, Substrato, Aplicação, Produto Comercial, Empresa e Referência Bibliográfica (Tabela 5).

Por sua vez, cada registo é composto por um conjunto de elementos denominados campos, que representam os locais de armazenamento da informação. Os campos são alfanuméricos e foram devidamente preenchidos sempre que a informação estava disponível. A fonte de pesquisa de informação foi essencialmente via Web e em feiras da área, sendo que a mesma foi devidamente confirmada sempre que possível em referências bibliográficas.

Tabela 5: Base de dados Nano@Construção

Material	Funcionalidade	Substrato	Aplicação	Produto Comercial	Empresa
Nano-TiO ₂	anti-poluente	cimento	protecção de agentes ambientais nocivos como os COVs	TioCem TX Active	Heidelberg Cement
Nano-TiO ₂	anti-poluente	cimento	protecção de agentes ambientais nocivos como os COVs	TX Arca	Italcementi
Nano-TiO ₂	anti-poluente	cimento	protecção de agentes ambientais nocivos como os COVs	TX Aria	

Nano-TiO₂	anti-poluente	cimento	protecção de agentes ambientais nocivos como os COVs	Gens Nano	MCH Nano Solutions
Nano-TiO₂	anti-poluente	cimento	protecção de agentes ambientais nocivos como os COVs	Herbol	Akzo Nobel
Nano-TiO₂	anti-poluente	cimento	protecção de agentes ambientais nocivos como os COVs	Herbol-Symbiotec	BASF
Nano-TiO₂	anti-poluente	cimento	protecção de agentes ambientais nocivos como os COVs	NanoGuardStone photo-catalitic cement	Nanogate AG
Nano-TiO₂	anti-poluente	vidro	protecção de agentes ambientais nocivos como os COVs	Nanoprotect	Nanotec
Nano-TiO₂	anti-embaciante	vidro	revestimentos para vidros e espelhos.	G-40 Nano 200	AVM Industries
Nano-TiO₂	isolamento térmico	vidro	camada de revestimento de nanopartículas de Ag ⁺ e de TiO ₂ , gás inerte	SGG COOL-LITE® XTREME	Saint- Gobain Glass
Nano-TiO₂	isolamento térmico	vidro	revestimento	SGG KlimaPlus®	Saint- Gobain Glass
Nano-TiO₂	auto-limpeza	vidro	revestimento ne nanopartículas com efeito de protecção UV e auto-limpeza	SGG BioClean®	Saint- Gobain Glass
Nano-TiO₂	isolamento térmico	diversos	revestimento isolante com porosidade à nanoescala.	NanoPore™	Nanopore Incorporated
Nano-TiO₂	auto-limpeza	diversos	revestimento de nanopartículas de TiO ₂ para aplicação em fachadas exteriores	Caparol Clean Concept®	Permarock
Sílica amorfa	resistência mecânica	cimento	adição de sílica amorfa ao preparado do cimento para aumento da compressividade da estrutura	Chronolia™	Lafarge

Tabela 5: Base de dados Nano@Construção (continuação)

Material	Funcionalidade	Substrato	Aplicação	Produto Comercial	Empresa
Sílica amorfa	resistência mecânica	cimento	adição de sílica amorfa ao preparado do cimento para aumento da compressividade da estrutura	Agilia™	Lafarge
Sílica amorfa	resistência mecânica	cimento	adição de sílica amorfa ao preparado do cimento para aumento da compressividade da estrutura	Ductal™	Lafarge
Sílica amorfa	resistência mecânica	cimento	adição de sílica amorfa ao preparado do cimento para aumento da compressividade da estrutura	EMACO® Nanocrete	BASF
Sílica amorfa	anti-congelante	vidro	revestimento	-	CG ²
Sílica amorfa	anti-risco	policarbonato	revestimento	NanoTuf coating	Triton Systems
Sílica amorfa	anti-risco	vidro	revestimento	Diamon-Fusion International (DFI)	PAS Armored, Inc
Sílica amorfa	anti-embaciante	vidro	revestimento de compósitos de nanopartículas de sílica com poliestireno.	-	-
Sílica amorfa	isolamento térmico	diversos	revestimento isolante com porosidade à nanoescala.	NanoPore™	Nanopore Incorporated

Tabela 5: Base de dados Nano@Construção (continuação)

Material	Funcionalidade	Substrato	Aplicação	Produto Comercial	Empresa
Sílica amorfa	isolamento térmico	diversos	micropartículas de Si porosa. Encapsulamento em barreiras de filmes em multicamadas sob vácuo.	Vacupor	Porextherm
Sílica amorfa	fotovoltaico	vidro	painel fotovoltaico aplicado em cerâmicos. Painel com metade da capacidade total.	-	Solar Plus - Produção de Painéis Solares SA + Révigrés
Sílica amorfa	fotovoltaico	vidro	Tecnologia Double Layer. Vidro opaco e escuro.	Painéis Amorfos Double Layer - Serie M	ENP
Sílica amorfa	fotovoltaico	vidro	painel fotovoltaico aplicado em vidro. O vidro é translúcido em diferentes cores.	-	Solar Plus - Produção de Painéis Solares SA
Sílica amorfa	fotovoltaico	vidro	vidro translúcido, com possibilidade de várias cores. Menor quantidade de Si amorfo, menor eficiência.	Painéis Amorfos Serie BIPV	ENP
PCMs	regulação térmica	cimento	tintas com PCMs	Micronal® microcapsules	BASF
PCMs	regulação térmica	diversos	material de celulose com PCMs microencapsulados	-	BASF
PCMs	regulação térmica	madeira	espuma com PCMs	-	-
PCMs	regulação térmica	polietileno	painel com controlo activo de temperatura, laminado com filme de PCMs	Energain®	Dupont
PCMs	regulação térmica	cerâmico	azulejo de tecto com uma pasta de microcápsulas colocadas numa estrutura em forma de favo de mel	Racus®	datumphasechange

Tabela 5: Base de dados Nano@Construção (continuação)

Material	Funcionalidade	Substrato	Aplicação	Produto Comercial	Empresa
PCMs	regulação térmica	cerâmico	azulejo de porcelana com filme de parafina	-	Amstrong
CNBs	isolamento térmico	cimento	Tinta com CNBs (carbon nanosized balls), barreira térmica reflectora	Thermalmix Insulating Paint Additive	Thermilate Technologies
zircónia	anti-mancha	cimento	zircónia ligada quimicamente ao PMMA, usando nanotecnologia	Nanoprotect AntiG	Nanoprotect
Prata	isolamento térmico	vidro	camada de revestimento de nanopartículas de Ag ⁺ e de TiO ₂ , gás inerte	SGG COOL-LITE® XTREME	Saint- Gobain Glass
Metais oxidados	electocrómico	vidro	Vidro triplo, com revestimento metálico oxidado e Ar no interior	SageGlass High R-Value Glazing	Sage Electrochromics, Inc.
partículas em suspensão	electocrómico	vidro	controlo da quantidade de luz que passa através do vidro, aumentando a eficiência energética	-	-
microblinds	electocrómico	vidro	controlo da quantidade de luz que passa através do vidro, aumentando a eficiência energética	-	-
crisais líquidos	electocrómico	vidro	controlo da quantidade de luz que passa através do vidro, aumentando a eficiência energética	-	-
complexos Pruzian	electocrómico	vidro	nanopartículas de complexos Prussian azuis com gel electrólito	-	-
metais de transição complexos	termocrómicos	vidro	revestimento de metais de transição complexos (Fe, Cu, Cr, Co etc) em filmes poliméricos	-	-

Tabela 5: Base de dados Nano@Construção (continuação)

Material	Funcionalidade	Substrato	Aplicação	Produto Comercial	Empresa
Aerogel	isolamento térmico	poli-carbonato	multicamadas com aerogel que permitem um conforto térmico no interior altamente eficiente.	Nanogel	CABOT
Alumínio	isolamento térmico	tijolo	nanopartículas de Al juntamente com lamas permitem fazer um tijolo com bom isolamento térmico	-	-
Alumínio	fotovoltaico	vidro	deposição de Al em Si amorfo	-	Solar Plus - Produção de Painéis Solares SA + Révigres
CNTs	fotovoltaico	plástico flexível	impressões em folhas flexíveis. Os "buckyballs" aprisionam os e ⁻ e os CNTs permitem o seu fluxo.	-	New Jersey Institute of technology
CNTs		polímero	revestimento com 1,5% de CNTs com nitreto de boro	-	-
CNTs	iluminação	vidro	iluminação elevada com baixo consumo energético. Equipamentos com compósitos de CNTs no estado sólido.	-	-
Policarbozole	fotovoltaico	plástico flexível	OSC de policarbozole em plástico flexível	-	-
Hidro NM Oxide	auto-limpeza	vidro	revestimento repelente à água e ao óleo. Protege da radiação UV e é altamente resistente. É aplicado por técnicas de spray ou como tinta.	Nanoseal	Nano Seal:tech
CeO₂	auto-limpeza	vidro	revestimento que é aplicado no vidro tornando-o super hidrofóbico	NanoUltra™	Nanophase

Tabela 5: Base de dados Nano@Construção (continuação)

Material	Funcionalidade	Substrato	Aplicação	Produto Comercial	Empresa
Alumínio	regulação térmica	polietileno	folhas metalizadas laminadas numa estrutura de polietileno que contem filme de PCMs	Energain®	Dupont
Silicatos da Cálcio e Sódio	anti-mancha	vidro	revestimento para vidro com efeito "non-stick", pode ser aplicado em painéis fotovoltaicos	ClearShield™	Ritec
Sílica nanoporosa	condutividade eléctrica	vidro	Sílica aerogel/xerogel permite um valor baixo da constante dielétrica permitindo uma maior estabilidade da temperatura	Nanoglass™	Nanopore Incorporated
TiO₂; celulose	isolamento térmico	cimento, madeira	tinta com nano TiO ₂ e nano cápsulas que permitem aumentar a capacidade radiativa, diminuindo assim a incidência solar no interior do edifício.	NUTSHELL® Thermo Emulsion	Nutshel paints
	antibacteriano	cerâmico	Azulejos com material anti bacteriano no interior e no revestimento dos mesmos.	bios.antibacterial® ceramics	Casal Grande Padana
nanoCSH	anti-corrosivo	cimento	agente activador de hidratação do cimento, protegendo-o contra a corrosão.	X-SEED®	BASF
PCMs; Alumínio	gestão térmica	cerâmico	sistema com material cerâmico com revestimento metalizado e PCMs incorporados. Permite a gestão de temperatura e facilita a difusão do calor.	ThermTile™	CoorsTek Limited

nTiO₂	auto-limpeza	cerâmico	revestimento de óxido de titânio de aplicação em cerâmicos, com potencialidades de degradação de COVs e NOx.	self-cleaning tile	Revigrés
	resistência mecânica	cerâmico	cerâmico com metade da espessura e igual resistência mecânica.	light tile	Revigrés
OPVs	fotovoltaico	plástico flexível	fotovoltaico orgânico aplicado na cobertura de um parque de estacionamento	Skyshades OPV Solar Car Park Canopy	Inergy UK Ltd
CNTS	resistência mecânica	cimento	cimento com CNTs para aplicação em vias. Previne fissuras.	Crack-Proof' Concrete	Northwestern University
aerogel	isolamento térmico	vidro	vidro duplo translúcido com aerogel incorporado	Solera Plus Nanogel	Solera+ Nanogel
OPVs	fotovoltaico	plástico flexível	filme plástico flexível com OPV integrado	Solarmer	Solarmer Energy Inc.
OPVs	fotovoltaico	vidro	nanocristais depositados em filme fino flexível por técnicas de	PV-Nano	EnSol AS
OPVs	fotovoltaico	plástico	Filme flexível	Power Plastic®	Konarka®
aerogel	isolamento térmico	fibra	material composto de fibra e aerogel em forma de manta, para instalação no interior de paredes.	Thermablok® Flexible Blanket	ThermaBlok® Aerogel Insulation
borracha	isolamento térmico e sonoro	cimento	pasta cimentícia com grânulos de borracha que previne as fissuras, promove o isolamento termo-acústico	PCI Nanosilent®	BASF

4. CONCLUSÃO

Os produtos de construção baseados na nanotecnologia permitem melhorar os processos de construção em termos de eficiência energética. Em termos de saúde ambiental não são ainda conhecidos os reais efeitos secundários na saúde dos trabalhadores. No entanto, os custos de produção de nanomateriais ainda não se encontram ajustados à realidade do sector, devido à fase de industrialização prematura em que se encontra. Neste contexto, verifica-se então que esta temática deverá ser também um dos desafios para a indústria da construção.

Os problemas relacionados com a sustentabilidade e o impacto ambiental causados pelo crescimento das populações têm vindo a causar preocupações a nível mundial. A nanotecnologia tem vindo a mostrar ser uma das possíveis soluções que poderá ajudar a diminuir ou até solucionar muitos problemas relacionados com consumos energéticos, que existem actualmente. Por esta razão revela-se urgente a necessidade de realizar actividades de investigação e desenvolvimento que potenciem o desenvolvimento de novos produtos que possam ser integrados num mercado internacional que possam ser competitivos e viáveis de integração em obra. É necessário ainda estabelecer um sistema que identifique os materiais sustentáveis e de baixo impacto ambiental e de que modo o uso da nanotecnologia poderá ser integrada sem causar impactos nocivos futuros. De um modo resumido é possível identificar alguns dos problemas proeminentes existentes no sector da construção e algumas possíveis soluções de base nanotecnológica, os quais se encontram resumidos na tabela 6.

Tabela 5: Problemas no sector da construção e potenciais soluções

Problemas iminentes	Como podem os nanomateriais resolver
Fachadas envidraçadas	Revestimentos auto-limpeza, anti-embaciamento, vidros termocrómicos
Resistência em estruturas de cimento	Aditivos incorporados nos materiais, aumento de resistência e menor consumo matérias primas
Resistência de revestimentos	Incorporação de nanoaditivos fotocatalíticos, auto-limpantes
Outros	Nanoaditivos orgânicos para painéis fotovoltaicos
	Incorporação de PCMs nanoencapsulados para gestão térmica
	Iluminação com OLEDs
	Revestimentos para controlo de humidade

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Pinheiro, Manuel Duarte; A caminho da eco- construção; Climatização, 2010: 60-64.
- [2] Broeckhuizen, F. A. van; J. C. van Broeckhuizen; Nanotechnology in the European Construction Industry; European Federation of Building and Woodworkers; Amsterdam (2009).
- [3] Ambiente online@ <http://www.ambienteonline.pt/noticias/detalhes.php?id=5854> (página da internet oficial), Portugal (2011).
- [4] Elvin, George; Nanotechnology for Green Building; Green Technology Forum, (2007).
- [5] Sanchez, Florence; Sobolev, Konstantin; Nanotechnology in concrete- a review; Construction and Building Materials (2010)
- [6] Rana, Ashawani K. et al.; Significance of nanotechnology in Construction Engineering; International Journal of Recent Trends in Engineering (2009)
- [7] Ascenso, Rita; Gestão técnica centralizada: Um enorme potencial de poupança, Climatização, 6-15 (2010).
- [8] "Energy Efficiency Through Insulation: The Impact on Global Climate Change": The North American Insulationmanufacturers Association (NAIMA), 024-7 (1996)
- [9] Ovo de colombo@ <http://videos.sapo.pt/sicnoticias/playview/51#nav1=7> (página da internet oficial), Portugal (2010)
- [10] Energy Codes@. <http://www.energycodes.gov> (página da internet oficial), USA (2010)
- [11] Hristozov, Danail; Ertel, Jürgen; "Nanotechnology and sustainability: benefits and risks of nanotechnology for environmental sustainability"; Forum der Forschung; 22, 161-168 (2009).
- [12] SolarPlus@. <http://www.solarplus.pt/>. SolarPlus Photovoltaic Technologies. (página da internet oficial), Portugal (2010)
- [13] Alawadhi, E.M., *Thermal analysis of a building brick containing phase change material*. Energy and Buildings, 2008. **40**(3): p. 351-357.
- [14] CIN@<http://www.cin.pt/portal/portal/user/anon/page/thermocin.psm?categoryOID=1B858080808080GC&contentid=&nl=pt>, (página da internet oficial), Portugal (2011)
- [15] BARBOT@<http://www.barbot.pt/index.php?cat=36&item=986>, (página da internet oficial), Portugal (2011)
- [16] Sharma, A., Tyagi, V.V., Chen, C.R., and Buddhi, D., Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. Renewable & Sustainable Energy Reviews, 13 2009 318-345.