

Estudo de Mercado e Inovação na Área das
Tecnologias de Construção Sustentável

Título

Estudo de Mercado e Inovação na Área das Tecnologias de Construção Sustentável

Promotor

Plataforma para a Construção Sustentável

Entidade Gestora do Cluster Habitat Sustentável

www.centrohabitat.net



Autoria

ITeCons - Instituto de Investigação e Desenvolvimento

Tecnológico em Ciências da Comunicação

www.itecons.uc.pt



ÍNDICE

1 - ENQUADRAMENTO E ÂMBITO DO PRESENTE ESTUDO.....	004
1.1 - Definição de Sustentabilidade das Nações Unidas.....	006
2 - SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS CORRENTES PARA A ENVOLVENTE DE EDIFÍCIOS.....	007
2.1 - Soluções correntes de paredes.....	008
2.1.1 Isolamento no interior da caixa-de-ar.....	009
2.1.2 Isolamento térmico pelo exterior.....	010
2.1.3 Isolamento térmico pelo interior.....	012
2.2 - Soluções correntes de coberturas.....	013
2.2.1 Coberturas horizontais.....	013
2.2.2 Coberturas inclinadas com desvão.....	015
2.2.3 Coberturas inclinadas sem desvão.....	016
2.3 - Soluções correntes de pavimentos.....	016
2.3.1 Isolamento térmico pelo exterior.....	017
2.3.2 Isolamento térmico pelo interior.....	018
2.4 - Soluções correntes de vãos envidraçados.....	019
2.5 - Principais caract. térmicas e acústicas dos edifícios residenciais em Portugal.....	022
2.5.1 Requisitos impostos pelo RCCTE (D.L. 80/2006).....	022
2.5.2 Requisitos impostos pelo RRAE (D.L. 96/2008).....	025
2.5.3 Desempenho térmico de soluções construtivas da envolvente de edifícios em Portugal.....	027
3 - EVOLUÇÃO DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA.....	031
3.1 - Diferenciação pela via dos materiais.....	033
3.1.1 Optimização das propriedades.....	033
3.1.2 Inovação.....	040
3.1.3 Materiais não correntes.....	053

3.2 - Diferenciação pela via do produto.....	065
3.2.1 Optimização do desempenho.....	066
3.2.2 Inovação.....	071
3.2.3 Produtos não correntes.....	081
3.3 - Inovação do método construtivo.....	086
3.3.1 Sistemas de painéis pré-fabricados.....	088
3.3.2 Sistemas modulares.....	094
3.3.3 Montagem <i>in situ</i>	098
4 - AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA SUSTENT. DA CONSTRUÇÃO.....	101
4.1 - Selecção de produtos e materiais sustentáveis.....	101
4.1.1 Rótulos ambientais de produto.....	104
4.1.2 Declarações ambientais de produto.....	106
4.1.3 Sistemas de avaliação da sustentabilidade da construção.....	107
4.1.4 Plataformas informativas.....	108
4.2 - Evolução legislativa e grau de exigência ao nível da sustentabilidade da construção expectável para as próximas décadas.....	108
4.2.1 Introdução.....	109
4.2.2 Política europeia para a eficiência energética.....	110
4.2.3 Requisitos de Desempenho Energético dos Edifícios.....	112
5 - PROJECTOS DE INVESTIGAÇÃO.....	114
5.1 - Projectos nacionais.....	115
5.2 - Projectos europeus.....	128
5.2.1 Intelligent Energy Europe (IEE).....	128
5.2.2 ECO-INNOVATION.....	130
5.2.3 Seventh Framework Programme (FP7).....	133
6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	145
7 - BIBLIOGRAFIA.....	149

RELATÓRIO DE CONSULTORIA TÉCNICA

ESTUDO DE MERCADO E INOVAÇÃO NA ÁREA DAS TECNOLOGIAS DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

1 - ENQUADRAMENTO E ÂMBITO DO PRESENTE ESTUDO

O presente trabalho surge de uma solicitação pela Plataforma para a Construção Sustentável para a elaboração de um Estudo de Mercado e Inovação na Área das Tecnologias de Construção Sustentável. Este trabalho ambiciona poder servir de base de sustentação para o desenvolvimento de parcerias e projectos com elevado grau de inovação e rentabilidade.

Os objectivos deste estudo são dotar as empresas e outras entidades do Cluster Habitat Sustentável de informação específica para a promoção de uma lógica inovadora de cooperação inter-empresarial e inter-institucional, estimular a capacidade de inovação tecnológica das empresas e estimular parcerias que produzam produtos e soluções com elevado grau de inovação.

Para esse efeito, foram realizadas as seguintes tarefas, consideradas essenciais para o conhecimento do nível de inovação actual do mercado:

- Levantamento, junto a associações, fornecedores, empreiteiros, projectistas e donos-de-obra, das práticas correntes actualmente em termos de materiais/soluções construtivas, tendo-se efectuado o contacto com as seguintes entidades:
 - i. Federação Portuguesa da Indústria da Construção e Obras Públicas (FEPICOP);
 - ii. Confederação Portuguesa da Construção e do Imobiliário (CPCI);
 - iii. Associação dos Industriais da Construção de Edifícios (AICE);
 - iv. Associação Portuguesa dos Comerciantes de Materiais de Construção (APCMC);
 - v. Associação Nacional de Fabricantes de Janelas Eficientes (ANFAJE);
 - vi. Associação Industrial do Poliestireno Expandido (ACEPE);
 - vii. Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas de Construção (APFAC).

- Levantamento, junto a empreiteiros, projectistas e donos-de-obra, das necessidades em termos de materiais/soluções construtivas que dêem resposta a problemas verificados em obra;
- Levantamento, junto aos principais fabricantes de produtos/soluções construtivas nacionais, das novidades tecnológicas que pretendem introduzir no mercado da construção com vista ao aumento da sustentabilidade da mesma;
- Identificação dos projectos de investigação submetidos à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), ao Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN), candidaturas europeias, nos quais o objecto de estudo seja o desenvolvimento de materiais, produtos e soluções construtivas inovadoras;
- Pesquisa bibliográfica;
- Consulta de divulgação técnica e científica sobre produtos da construção.

Com base na pesquisa realizada no decurso deste trabalho, optou-se por, numa primeira fase, fazer um levantamento sumário das soluções construtivas que constituem a opção corrente para preenchimento das fachadas dos edifícios e que cumprem o papel de “pele” do edifício, separando o ambiente interior do exterior. De seguida, apresenta-se uma secção com o resultado da pesquisa com identificação da evolução das soluções construtivas, sobretudo quando apresentam um carácter de inovação tecnológica ou não são de aplicação corrente no nosso país. Nesta secção, optou-se por estruturar a informação tendo por base três possibilidades de diferenciação no processo de inovação: diferenciação pela via dos materiais, pela via do produto e pela via do método construtivo. Na secção 4 apresentam-se algumas considerações relativas à avaliação do nível de desempenho energético e da sustentabilidade.

Antes de algumas considerações finais, sumariam-se projectos de investigação e desenvolvimento tecnológico relacionados com inovação de soluções construtivas, enquadrados em financiamento da FCT, QREN, do *Intelligent Energy Europe (IEE), Eco-Innovation e Seventh Framework Programme (FP7)*.

Como este estudo trata de avaliar o mercado e a inovação, no que diz respeito às tecnologias de construção sustentável, apresenta-se na subsecção seguinte a definição de sustentabilidade.

1.1 - DEFINIÇÃO DE SUSTENTABILIDADE DAS NAÇÕES UNIDAS

O desenvolvimento sustentável define-se pelo desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades. Este é assente em dois conceitos fundamentais:

- o conceito de necessidades, mais particularmente as necessidades essenciais dos pobres do mundo, aos quais deve ser dada prioridade absoluta, e
- a ideia das limitações impostas pelo estado da tecnologia e da organização social na capacidade do ambiente ir de encontro às necessidades do presente e do futuro.

Assim, os objectivos do desenvolvimento económico e social devem ser definidos em termos de sustentabilidade em todos os países, desenvolvidos ou em desenvolvimento, orientado para o mercado ou planeado centralmente. Poderão existir várias interpretações, as quais devem partilhar certas características gerais e assentar num consenso, no conceito básico de desenvolvimento sustentável e num amplo quadro estratégico para o atingir. O desenvolvimento envolve uma transformação progressiva da economia e da sociedade. Um trajecto de desenvolvimento sustentável no sentido físico poderia, teoricamente, ser seguido num rígido cenário social e político. No entanto, a sustentabilidade física não pode ser assegurada sem que as políticas de desenvolvimento tomem atenção ao acesso aos recursos e à distribuição dos custos e benefícios. Mesmo a restrita noção de sustentabilidade física envolve um conceito de equidade social entre gerações, uma preocupação que deve logicamente ser alargada a equidade no seio de cada geração [1].

Este conceito deve impor-se também na indústria da construção.

2 - SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS CORRENTES PARA A ENVOLVENTE DE EDIFÍCIOS

Em Portugal, as soluções construtivas, mais correntemente e em maior percentagem de área construída, utilizadas, sobretudo em edifícios residenciais, mantêm-se praticamente inalteradas desde há vários anos. O sistema construtivo ainda hoje utilizado é baseado numa fórmula que se encontra bastante enraizada e que é utilizada em todo país, independentemente das diferenças existentes ao nível do clima, localização geográfica, disponibilidade da matéria-prima e estilo de vida dos seus ocupantes. Esse sistema construtivo, que pouco tem evoluído ultimamente, é normalmente constituído por uma estrutura porticada com pilares e vigas em betão armado e lajes aligeiradas. Para a execução das paredes exteriores é, correntemente, usada uma solução de parede dupla em alvenaria de tijolo cerâmico, enquanto que para as paredes interiores é usada uma solução de parede simples, também em tijolo cerâmico.

A constante utilização deste sistema construtivo deve-se a vários factores, entre eles:

- Factores económicos: os materiais usados nos sistemas construtivos correntes têm origem em matérias-primas abundantes no nosso país, conduzindo a um custo mais reduzido da construção, quando comparado com a utilização de materiais não locais. Para além disso, os sistemas convencionais encontram-se tão enraizados, existindo um grande número de fabricantes de materiais para a construção corrente e construtores/empreiteiros que dominam a técnica deste tipo de construção, que propiciam uma elevada concorrência, tornando estas soluções mais competitivas e atractivas;

- Baixa qualificação dos operários da construção: a opção por soluções construtivas mais avançadas tecnologicamente implicam o recurso a mão-de-obra especializada, o que nem sempre é muito fácil de encontrar, visto o mercado da construção ser pouco atractivo para os jovens;
- Falta de formação dos técnicos da construção: existe ainda uma lacuna na formação de arquitectos e engenheiros, no que respeita às novas tecnologias construtivas, sendo a sua formação sobretudo dirigida às soluções construtivas correntes [2].

No entanto, devido à entrada em vigor de alguns regulamentos, tais como o RCCTE, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril) [3], ou o RRAE, Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (Decreto-Lei n.º 96/2008, de 9 de Junho) [4], tem havido uma maior necessidade de implementar soluções construtivas que cumpram os requisitos impostos pela legislação. No que respeita ao RCCTE [3], este veio dar uma maior importância não só às características das soluções construtivas que compõem a envolvente do edifício, como também ao nível dos sistemas de climatização e de preparação de águas quentes sanitárias (AQS), assim como o recurso a fontes de energia renováveis.

De seguida irá fazer-se uma apresentação sumária das soluções construtivas correntes, ao nível da envolvente opaca e envidraçada, especificando alguns dos materiais mais utilizados nessas soluções [5].

2.1 - SOLUÇÕES CORRENTES DE PAREDES

Apesar das novas exigências regulamentares, as soluções construtivas para paredes de fachada mais predominantes em Portugal continuam a ser as paredes duplas com panos de alvenaria. No entanto, já se consideram como correntes soluções construtivas com isolamento térmico pelo exterior, do tipo fachada ventilada ou sistema ETICS (*External Thermal Insulation Composite Systems*), ou mesmo a aplicação de isolamento pelo interior, sendo este último usado, a maioria das vezes, em situações de reabilitação de edifícios.

2.1.1 - ISOLAMENTO NO INTERIOR DA CAIXA-DE-AR

Esta solução caracteriza-se por possuir dois panos de parede de alvenaria, normalmente formando uma caixa-de-ar entre eles, que é, geralmente, preenchida com isolante térmico (Figura 1). Normalmente, o isolante preenche parcialmente a caixa-de-ar, no entanto poderá também ocupar a totalidade do espaço formado entre os panos de alvenaria. Nesta solução poderão ser adoptados diferentes tipos de blocos de alvenaria, assim como de isolantes térmicos. No que respeita aos blocos mais utilizados, estes podem ser cerâmicos (tijolo furado ou maciço, por vezes do tipo face à vista) ou em betão, normal ou leve, podendo ser combinados de diferentes formas.

Quanto ao isolante térmico, os materiais mais usados neste tipo de solução são o poliestireno expandido moldado (EPS) e o poliestireno expandido extrudido (XPS). No entanto, esta solução também é recorrentemente realizada com recurso a espuma de poliuretano ou de poliisocianurato (PUR/PIR), lã mineral (MW) ou ao aglomerado de cortiça expandida (ICB).

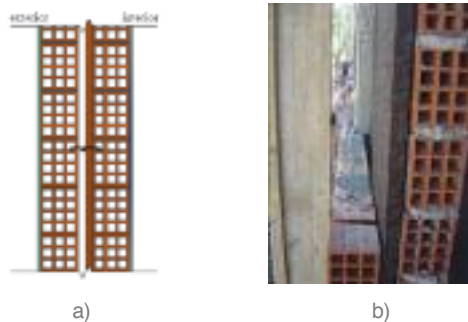


FIGURA 1: Parede dupla com isolamento na caixa-de-ar: a) desenho esquemático; b) situação real com aplicação de ICB na caixa-de-ar.

Neste caso, os elementos estruturais integrados na fachada dão origem a pontes térmicas planas, caracterizadas por poderem ter concentração de fluxos de calor (Figura 2), dado que as suas características térmicas diferem bastante da restante solução.

Assim, na presença de paredes duplas, o mais usual é tratar termicamente aquelas zonas, através da aplicação de isolante térmico e eventualmente de uma forra térmica em alvenaria. Esta é uma situação que tem sofrido gradual importância e atenção por parte de técnicos e empresas de construção. A indústria tem estado atenta e procura soluções comerciais para minimizar estas pontes térmicas.



FIGURA 2: Pontes térmicas planas identificadas através de termografia.

2.1.2 - ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR

2.1.2.1 - FACHADA VENTILADA

Uma fachada ventilada pode ser definida como um sistema de protecção e revestimento exterior de edifícios, caracterizado pelo afastamento entre a parede do edifício e o revestimento, criando, assim, uma caixa-de-ar que permite a ventilação natural e contínua da parede do edifício, através do efeito de chaminé, evitando-se assim a ocorrência de humidades e condensações.

Resumidamente, uma fachada ventilada é constituída pelo suporte, isolante térmico, caixa-de-ar ventilada e revestimento exterior (Figura 3). A parede de suporte é, normalmente, constituída por um pano de alvenaria simples, que de forma análoga às soluções de isolamento no interior da caixa-de-ar, poderá ser do tipo cerâmico ou betão. No entanto, surge também com frequência a solução de betão maciço a fazer de paramento. Relativamente ao isolante térmico, o mais usual é a utilização de um isolante térmico projectado, por exemplo a espuma de poliuretano ou de poliisocianurato (PUR/PIR).

No entanto, esta solução é também executada frequentemente com recurso a poliestireno expandido moldado ou extrudido (EPS/XPS), lã mineral (MW) ou aglomerado de cortiça expandida (ICB).

A estrutura de fixação, onde é aplicado o revestimento, poderá ser de metal ou de madeira, e tem como função dar estabilidade ao sistema. É através desta estrutura que se consegue o afastamento necessário para criar a caixa-de-ar.

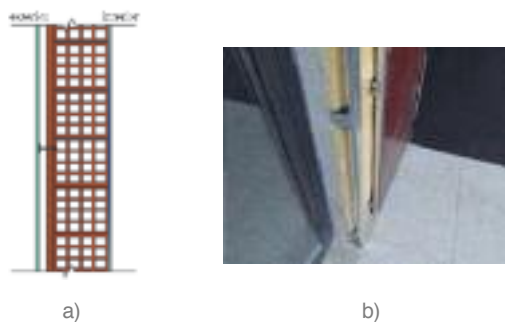


FIGURA 3: Fachada ventilada: a) desenho esquemático; b) situação real com aplicação de PUR.

2.1.2.2 - SISTEMA ETICS

O sistema ETICS (*External Thermal Insulation Composite Systems*) é composto por um isolante térmico colado ou fixo mecanicamente ao suporte, ao qual é aplicado um revestimento com uma armadura incorporada (camada de base armada), seguido do acabamento (Figura 4).

Neste tipo de sistema, o elemento de suporte é, normalmente, constituído por um pano simples de alvenaria ou em betão armado. Poderão ser usados panos de alvenaria de tijolo cerâmico normal. No entanto, com a evolução deste mercado, já é corrente a aplicação de blocos especiais, como é o caso de blocos térmicos cerâmicos ou em argila expandida.

Em relação ao isolante térmico, a solução mais corrente é a aplicação de poliestireno expandido (EPS), apesar de existirem algumas soluções que usam o poliestireno expandido extrudido (XPS).

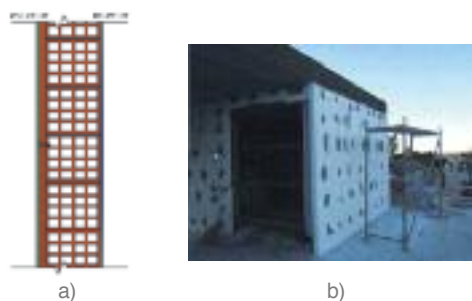


FIGURA 4: Sistema ETICS: a) desenho esquemático; b) situação real com aplicação de poliestireno expandido.

2.1.3 - ISOLAMENTO TÉRMICO PELO INTERIOR

Embora o isolamento térmico pelo interior seja uma opção na edificação nova, trata-se de uma solução usada correntemente na reabilitação de edifícios existentes. Caracteriza-se pela aplicação de isolante térmico pelo interior, seguida, normalmente, por um revestimento leve (por exemplo gesso cartonado ou derivados de madeira), formando ou não uma caixa-de-ar não ventilada (Figura 5).

Nestes casos, o tipo de isolante térmico mais utilizado é a lã mineral (MW), podendo, no entanto, ser utilizados os isolantes à base de poliestireno expandido moldado (EPS) ou extrudido (XPS) ou qualquer outro tipo de isolante já mencionado.



FIGURA 5: Parede com isolamento pelo interior: a) desenho esquemático; b) situação real com poliestireno expandido extrudido; c) situação real com lã mineral.

2.2 - SOLUÇÕES CORRENTES DE COBERTURAS

As coberturas subdividem-se em dois tipos, coberturas horizontais (em terraço, acessíveis ou não) e as coberturas inclinadas, com ou sem desvão.

2.2.1 - COBERTURAS HORIZONTAIS

Resumidamente, uma cobertura horizontal é constituída pela estrutura resistente, camada de forma, sistema de impermeabilização, isolante térmico seguido da protecção exterior da cobertura. Neste tipo de coberturas, o isolante térmico poderá ser aplicado sobre ou sob o sistema de impermeabilização, sendo a solução mais típica aquela em que a camada de isolante térmico é aplicada sobre a impermeabilização, correntemente designada como cobertura invertida (Figura 6).



FIGURA 6: Exemplo de cobertura invertida, na fase de aplicação do isolamento térmico do tipo XPS.

Em relação à estrutura resistente, esta é, normalmente, constituída por uma laje maciça de betão armado ou laje aligeirada. A camada de forma é geralmente em betão leve, de agregados de argila expandida ou incorporando EPS em grânulos e serve para regularizar a superfície da estrutura resistente e, ao mesmo tempo, para criar a pendente necessária ao escoamento das águas pluviais.

Quanto aos isolantes térmicos, no caso da cobertura invertida, apenas é utilizado o poliestireno expandido extrudado (XPS), já no caso em que o isolante serve de suporte para a impermeabilização, poderão ser usados outros tipos de isolante, tais como o poliestireno expandido moldado (EPS), a espuma de poliuretano ou de poliisocianurato (PUR/PIR), a lã mineral (MW) ou o aglomerado de cortiça expandida (ICB).

Para a protecção exterior da cobertura poderão ser adoptadas várias soluções, sendo a mais comum a protecção pesada, constituída por uma camada de seixo ou brita sem finos (Figura 7), revestimento cerâmico colado (Figura 8) ou lajetas sobre apoios pontuais.



FIGURA 7: Cobertura horizontal com revestimento em godô: a) desenho esquemático; b) situação real.



FIGURA 8: Cobertura horizontal revestida com material cerâmico: a) desenho esquemático; b) situação real.

2.2.2 - COBERTURAS INCLINADAS COM DESVÃO

Uma das soluções de cobertura mais usuais e tradicionais do nosso país é a cobertura inclinada com desvão. São constituídas por uma esteira horizontal e uma vertente inclinada, cuja solução predominante, nos edifícios antigos, é em madeira (Figura 9).



FIGURA 9: Cobertura inclinada com desvão e esteira leve em madeira:
a) desenho esquemático; b) situação real.

Nos edifícios mais recentes, a esteira é composta por uma estrutura em laje (maciça ou aligeirada) e por uma vertente inclinada, composta por uma estrutura em varas e ripas pré-fabricadas de betão, ou mesmo uma laje, para suporte e aplicação de telha (Figura 10). Neste tipo de solução, o isolante térmico é aplicado sobre a esteira horizontal. Poderão ser aplicados diversos tipos de isolante térmico, no entanto, os mais comuns são o poliestireno expandido moldado (EPS), poliestireno expandido extrudido (XPS) e a lã mineral (MW), podendo ser, no entanto, utilizados outros tipos de isolantes, tais como os referidos para as coberturas horizontais.



FIGURA 10: Cobertura inclinada com desvão e esteira em laje de betão:
a) desenho esquemático; b) situação real.

2.2.3 - COBERTURAS INCLINADAS SEM DESVÃO

Nas soluções de cobertura sem desvão, as vertentes são, normalmente, constituídas por uma estrutura resistente, em laje maciça ou laje aligeirada, sendo o isolamento térmico realizado na face superior da vertente (Figura 11). Tal como nos outros tipos de coberturas já abordados, poderão ser usados diversos isolantes térmicos nas coberturas inclinadas, sendo o poliestireno expandido moldado (EPS) e o extrudido (XPS) os materiais mais comuns.



FIGURA 11: Cobertura inclinada com isolamento pelo exterior: a) desenho esquemático; b) situação real com aplicação de poliestireno expandido extrudido.

2.3 - SOLUÇÕES CORRENTES DE PAVIMENTOS

Na construção tradicional em Portugal, os pavimentos nem sempre eram providos de isolamento térmico. No entanto, devido à evolução das exigências regulamentares, tem havido uma maior preocupação com estes elementos da envolvente opaca, sobretudo os que separam do ambiente exterior. Existem pavimentos do tipo térreo, em contacto com o exterior ou em contacto com zonas não úteis, como é o caso dos desvãos sanitários.

Apesar disso, irão dividir-se os diferentes tipos de pavimentos mencionados em dois grupos, em função da localização do isolamento térmico. Assim, serão apresentados pavimentos com isolamento térmico pelo exterior e pelo interior.

Ao nível da sua constituição, de uma forma geral, os pavimentos são constituídos por uma estrutura resistente, formada, geralmente, por uma laje maciça de betão armado ou laje aligeirada, seguida de uma camada de regularização ou assentamento, onde será aplicado o revestimento.

2.3.1 - ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR

De uma forma geral, existem duas formas de execução de um pavimento com isolamento térmico pelo exterior. Uma hipótese é a fixação directa do isolante térmico à estrutura resistente do pavimento, tipo ETICS, sobre o qual é aplicado um revestimento com armadura incorporada, seguido do acabamento.

A outra opção é a criação de um tecto-falso sob a estrutura resistente do pavimento, sendo o isolante térmico aplicado no interior do espaço de ar formado entre o revestimento do tecto-falso e o suporte (Figura 12).

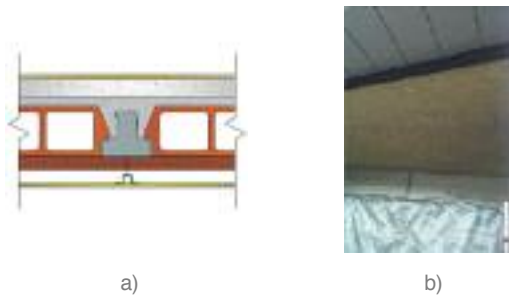


FIGURA 12: Isolamento na face inferior de pavimentos: a) desenho esquemático; b) situação real com aplicação de lã mineral.

No que se refere aos isolantes térmicos utilizados, tal como nos elementos da envolvente opaca já referidos, também nos pavimentos se verifica uma predominância na utilização de poliestireno expandido moldado ou extrudido (EPS/XPS), assim como a lã mineral (MW). No entanto, é ainda corrente a utilização de outros isolantes, como é o caso da espuma de poliuretano ou de poliisocianurato (PUR/PIR) ou o aglomerado de cortiça expandida (ICB).

2.3.2 ISOLAMENTO TÉRMICO PELO INTERIOR

Por vezes o isolamento de pavimentos pelo exterior não é fácil de realizar, principalmente nos pavimentos térreos, pelo que poderá optar-se pelo seu isolamento na face superior da estrutura resistente. Conforme o tipo de revestimento do pavimento, a camada de isolante térmico poderá ser aplicada imediatamente acima da estrutura resistente ou sobre a camada de regularização (Figura 13 e Figura 14).

Os isolantes térmicos utilizados são idênticos aos referidos para os pavimentos com isolamento térmico pelo exterior.



FIGURA 13: Isolamento na face superior de pavimentos, com revestimento a soalho: a) desenho esquemático; b) situação real com aplicação de lã mineral.



FIGURA 14: Isolamento na face superior de pavimentos, com revestimento cerâmico: a) desenho esquemático; b) situação real com aplicação de ICB.

2.4 - SOLUÇÕES CORRENTES DE VÃOS ENVIDRAÇADOS

Depois dos elementos da envolvente opaca dos edifícios, os vãos envidraçados constituem também uma parte com significativa importância no que respeita à eficiência energética e sustentabilidade dos edifícios. Para além das perdas térmicas associadas a estes elementos, estes são responsáveis por uma grande parte dos ganhos térmicos do edifício, provenientes da radiação solar, que, durante a estação de aquecimento, poderão ser favoráveis, mas que em excesso poderão ter uma função adversa, podendo causar sobreaquecimentos.

Existem diversas soluções de vãos envidraçados que se distinguem em função do material da caixilharia, tipo de abertura do vão, tipo de vidro e tipo de protecção solar/occlusão nocturna.

Relativamente ao material, as soluções correntemente usadas em Portugal são em madeira, alumínio com e sem corte térmico e em PVC. Quanto ao sistema de abertura, este poderá ser de correr ou giratório (batente, oscilo-batente ou projectante) ou então fixo (Figura 15 e Figura 16).

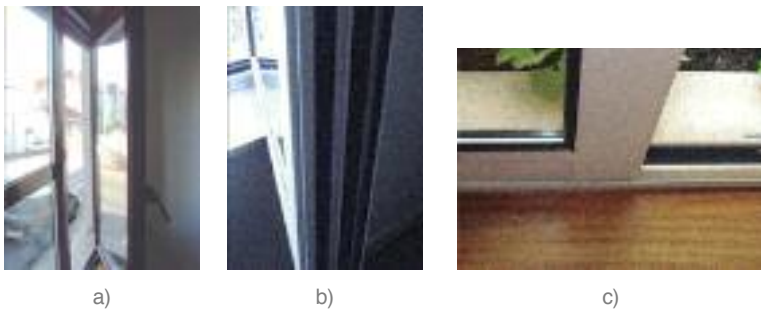


FIGURA 15: Vãos envidraçados: a) de batente, em alumínio sem corte térmico; b) de batente, em alumínio com corte térmico; c) de correr, em alumínio.



FIGURA 16: Vãos envidraçados: a) giratório, em madeira; b) oscilo-batente, em PVC.

No que respeita ao vidro usado, normalmente trata-se de vidro simples ou duplo, existindo para este último uma série de combinações possíveis disponíveis no mercado. O espaço criado entre os dois panos de vidro é, normalmente, preenchido com ar e os espaçadores utilizados são, maioritariamente, em alumínio. Existem também diversas soluções para a protecção e oclusão nocturna dos vãos envidraçados, sendo os mais correntes as persianas de réguas plásticas ou metálicas, estores venezianos, portadas, lonas e cortinas (Figura 17).

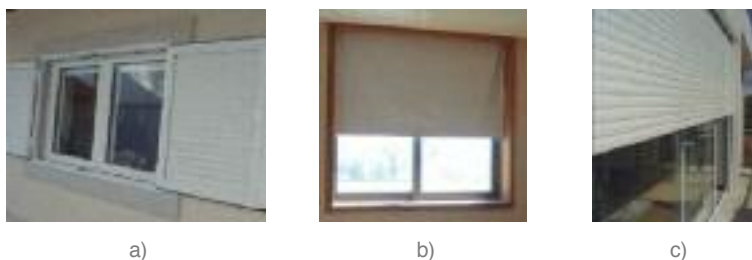


FIGURA 17: Vão envidraçado com: a) portadas exteriores; b) cortina interior; c) persiana de réguas.

Actualmente, em situações de reabilitação, é usual a instalação de um novo vão envidraçado pelo exterior do existente (janela dupla), de forma a melhorar o seu comportamento térmico e acústico (Figura 18). Para além disso, não é frequente encontrarem-se dispositivos de admissão de ar instalados nos vãos envidraçados.



FIGURA 18: Exemplo de uma janela dupla

Com base no inquérito realizado em 2011 pelo LNEC, aos fabricantes de janelas e detentores de sistemas, sobre marcação CE de Portas e Janelas, foi possível aceder a alguns dados estatísticos relativos ao tipo de material dos perfis de janelas e portas, respectivo tipo de movimento e vidro utilizado [6].

Verifica-se então que, o material mais utilizado no fabrico de perfis de portas e janelas é o alumínio, entre 76% e 88%, dos quais, mais de 40% é alumínio com corte térmico. O PVC é o segundo material mais utilizado, entre 10% a 15%, seguindo-se outros materiais, como a madeira ou perfis mistos alumínio-madeira, cuja percentagem é ainda bastante reduzida, quando comparada com o alumínio.

No que respeita ao tipo de movimento do perfil, cerca de 65% são do tipo batente e 35% de correr.

Quanto aos vidros utilizados, o vidro duplo incolor é o mais corrente, entre 37% e 44% de utilização por parte de fabricantes e detentores de sistemas, seguindo-se os vidros duplos de controlo solar e de baixa emissividade. Verifica-se que o vidro simples está a ser utilizado cada vez menos, possuindo uma percentagem de utilização na ordem dos 5 a 7%.

2.5 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS E ACÚSTICAS DOS EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS EM PORTUGAL

Com a entrada em vigor do Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), publicado em Decreto-Lei, com o n.º 80, em Abril de 2006 [3], e da revisão do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE), publicado em Decreto-Lei, com o n.º 96, em Junho de 2008 [4], a construção deparou-se com novos requisitos térmicos e acústicos, mais exigentes quando comparados com a anterior legislação, pelo que houve a necessidade da sua adaptação a esta nova realidade.

Nesta secção serão apresentados os referidos requisitos térmicos e acústicos aplicáveis a edifícios residenciais, que, actualmente, se encontram em vigor, e ainda os resultados de um estudo efectuado pela ADENE (Agência para a Energia) sobre algumas características térmicas das soluções construtivas da envolvente dos edifícios existentes e novos (nomeadamente aqueles que se encontram em fase de projecto) e a sua comparação com os requisitos impostos pelo regulamento [7].

2.5.1 REQUISITOS IMPOSTOS PELO RCCTE (D.L. 80/2006)

Os requisitos mínimos impostos pelo RCCTE [3] limitam o valor do coeficiente de transmissão térmica (U) e do factor solar das soluções construtivas dos edifícios, impondo-lhes um valor máximo admissível.

Os limites máximos, quer para o valor de U, quer para o valor do factor solar, dependem da zona climática, de Inverno e de Verão e do local de implantação do edifício, definidas no RCCTE [3].

Em função das zonas climáticas de Inverno, devem ser limitados os valores do coeficiente de transmissão térmica dos elementos da envolvente opaca, ficando excluídos os vãos envidraçados, de forma a minimizar perdas térmicas excessivas. Em função das zonas climáticas de Verão, limita-se o valor do factor solar dos vãos envidraçados, tendo em conta todo o potencial de sombreamento conferido pelo vidro e dispositivos de protecção móveis, pretendendo-se garantir o controlo dos ganhos solares através destes elementos, evitando-se assim problemas de sobreaquecimento.

Na Tabela 1 são apresentados os valores máximos para o coeficiente de transmissão térmica (U) dos elementos da envolvente opaca, em função da zona climática.

TABELA 1: Valores máximos de U em $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$.

ZONA CLIMÁTICA	ENVOLVENTE EXTERIOR VERTICAL	ENVOLVENTE EXTERIOR HORIZONTAL	ENVOLVENTE INTERIOR VERTICAL	ENVOLVENTE INTERIOR HORIZONTAL
i1	1,80	1,25	2,00	1,65
i2	1,60	1,00	2,00	1,30
i3	1,45	0,90	1,90	1,20

Note-se que, em casos particulares, alguns elementos da envolvente interior devem cumprir os requisitos da envolvente exterior. Esta situação ocorre sempre que o elemento da envolvente interior separa um espaço útil de um espaço não útil, cuja temperatura interior se aproxima da temperatura exterior. À relação entre as referidas temperaturas está associado um coeficiente, o coeficiente de redução de perdas (τ), que caracteriza os espaços não úteis, admitindo-se que quanto maior o τ , mais as condições destes espaços se aproximam das condições ambientais exteriores. Mais especificamente, os elementos da envolvente interior devem cumprir os requisitos da envolvente exterior sempre que o τ do espaço não útil seja superior a 0,7.

Na Tabela 2 são apresentados os valores de U de referência, que não sendo obrigatórios, representam o nível de qualidade da envolvente, servindo de referência para estabelecer os limites energéticos das construções.

Tal como foi referido anteriormente, o factor solar dos vãos envidraçados é limitado em função da zona climática de Verão, tendo em consideração a classe de inércia térmica do edifício, como pode ser observado na Tabela 3.

TABELA 2: Valores de U de referência em $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$.

ZONA CLIMÁTICA	ENVOLVENTE EXTERIOR VERTICAL	ENVOLVENTE EXTERIOR HORIZONTAL	ENVOLVENTE INTERIOR VERTICAL	ENVOLVENTE INTERIOR HORIZONTAL	VÃOS ENVIDRAÇADOS
11	0,70	0,50	1,40	1,00	4,30
12	0,60	0,45	1,20	0,90	3,30
13	0,50	0,40	1,00	0,80	3,30

TABELA 3: Valores máximos do factor solar dos vãos envidraçados.

ZONA CLIMÁTICA	CLASSE DE INÉRCIA TÉRMICA		
	FRACA	MÉDIA	FORTE
V1	0,15	0,56	0,56
V2	0,15	0,56	0,56
V3	0,10	0,50	0,50

Na Figura 19 é apresentado um esquema resumo dos requisitos enumerados anteriormente, que devem ser verificados para a envolvente de fracções residenciais.

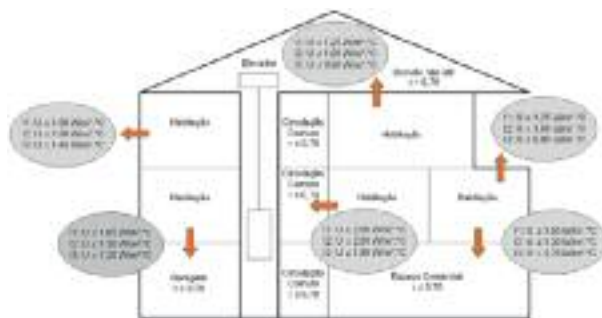


FIGURA 19: Esquema dos requisitos térmicos da envolvente de fracções residenciais.

De acordo com a Directiva 2010/31/UE [8], os estados-membros devem passar a estabelecer os requisitos mínimos e energéticos com base em critérios de rentabilidade económica determinados de acordo com o Regulamento Delegado (EU) n.º 244/2012 [9] da Comissão Europeia, descrito na secção 4 do presente documento.

2.5.2 - REQUISITOS IMPOSTOS PELO RRAE (D.L. 96/2008)

Para os edifícios residenciais, o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE) [4] impõe que se verifiquem os seguintes requisitos:

Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{2m,nT,w}$, entre o exterior e o interior (quartos ou zonas de estar):

$D_{2m,nT,w} \geq 33$ dB, em zonas mistas ou em zonas sensíveis reguladas pelas alíneas c), d) e e) do n.º 1 do artigo 11.º do Regulamento Geral do Ruído (Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro) [10];

$D_{2m,nT,w} \geq 28$ dB, em zonas sensíveis reguladas pela alínea b) do n.º 1 do artigo 11.º do Regulamento Geral do Ruído (Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro) [10].

Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{nT,w}$, entre compartimentos de um fogo, como locais emissores, e quartos ou zonas de estar de outro fogo, como locais receptores deverá ser $D_{nT,w} \geq 50$ dB.

Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{nT,w}$, entre locais de circulação comum do edifício, como locais emissores, e quartos ou zonas de estar dos fogos, como locais receptores:

$D_{nT,w} \geq 48$ dB;

$D_{nT,w} \geq 40$ dB, se o local emissor for um caminho de circulação vertical, quando o edifício seja servido por ascensores;

$D_{nT,w} \geq 50$ dB, se o local emissor for uma garagem de estacionamento automóvel.

Índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, $D_{nT,w}$, entre locais do edifício destinados a comércio, indústria, serviços ou diversão, como locais emissores, e quartos ou zonas de estar dos fogos, como locais receptores deverá ser $D_{nT,w} \geq 58$ dB.

Índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT,w}$, no interior dos quartos ou zonas de estar, como locais receptores, proveniente de uma percussão normalizada sobre pavimentos dos outros fogos ou de locais de circulação comum do edifício, como locais emissores deverá ser $L'_{nT,w} \leq 60$ dB.

Índice de isolamento sonoro a sons de percussão, $L'_{nT,w}$, no interior dos quartos ou zonas de estar, como locais receptores, proveniente de uma percussão normalizada sobre pavimentos de locais do edifício destinados a comércio, indústria, serviços ou diversão, como locais emissores deverá ser $L'_{nT,w} \leq 50$ dB.

Nível de avaliação, $L_{Ar,nT}$, do ruído particular de equipamentos do edifício, nos locais situados no interior do edifício onde se exerçam actividades que requeiram concentração e sossego:

$L_{Ar,nT} \leq 42$ dB (A), se o funcionamento do equipamento for intermitente;

$L_{Ar,nT} \leq 37$ dB (A), se o funcionamento do equipamento for contínuo.

Na Figura 20 é apresentado um esquema resumo dos requisitos enumerados anteriormente, que devem ser verificados em edifícios residenciais.

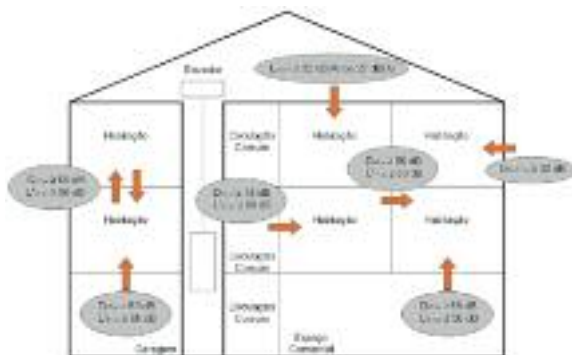


FIGURA 20: Esquema dos requisitos acústicos de frações residenciais.

2.5.3 - DESEMPENHO TÉRMICO DE SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS DA ENVOLVENTE DE EDIFÍCIOS EM PORTUGAL

Nesta subsecção apresentam-se os valores médios do coeficiente de transmissão térmica dos elementos da envolvente e valores de factor solar dos vãos envidraçados das soluções construtivas empregues em edifícios novos, projectados ao abrigo do Decreto-Lei n.º 80/2006. Listam-se também os coeficientes e factores determinados nos edifícios existentes, obtidos durante o processo de certificação energética dos mesmos. Estes dados foram disponibilizados pela ADENE e têm como base a informação constante nos certificados energéticos, emitidos até à data e que fazem parte da sua base de dados.

Os valores médios do coeficiente de transmissão térmica das soluções construtivas da envolvente opaca de edifícios novos e existentes estão indicados na Tabela 4.

TABELA 4: Valores médios do coeficiente de transmissão térmica de elementos da envolvente opaca ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$).

	PAREDES EXTERIORES	COBERTURAS EXTERIORES	PAVIMENTOS EXTERIORES	PAREDES INTERIORES	COBERTURAS INTERIORES	PAVIMENTOS INTERIORES
EDIFÍCIOS NOVOS	0,52	0,53	0,63	0,83	0,52	0,63
EDIFÍCIOS EXISTENTES	1,44	1,91	2,28	1,36	2,17	1,71

Na Tabela 5 apresentam-se os valores médios do coeficiente de transmissão térmica e factor solar dos vãos envidraçados.

TABELA 5: Valores médios do coeficiente de transmissão térmica ($W/(m^2 \cdot ^\circ C)$) e factor solar dos vãos envidraçados.

	COEFICIENTE DE TRANSMISSÃO TÉRMICA	FACTOR SOLAR ^(*)
EDIFÍCIOS NOVOS	2,78	0,21
EDIFÍCIOS EXISTENTES	3,76	0,30

(*) Factor solar com as protecções solares móveis 100% activadas.

No que respeita aos elementos da envolvente opaca dos edifícios, verifica-se que, com a entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 80/2006 [3], as soluções apresentam valores de coeficiente de transmissão térmica menores do que aqueles que correntemente se prescreviam com o regulamento anterior, o Decreto-Lei n.º 40/90 [11].

Comparando-se os valores médios do coeficiente dos edifícios novos com os apurados nos edifícios existentes, verifica-se que são quase sempre abaixo de metade do valor.

No Gráfico 1 pode comparar-se os valores médios de coeficiente de transmissão térmica de elementos da envolvente opaca de edifícios novos e existentes, indicados anteriormente na Tabela 4, e os valores máximos regulamentares correspondente à zona climática I3, a que apresenta clima mais severo.

Verifica-se que o coeficiente de transmissão térmica das soluções construtivas adoptadas para os elementos da envolvente opaca dos edifícios novos é bastante inferior ao valor máximo regulamentar. No entanto, fazendo a mesma análise para os edifícios existentes, verifica-se que apenas o valor do coeficiente de transmissão térmica dos elementos verticais é ligeiramente inferior ao valor máximo regulamentar. Este facto deve-se principalmente à falta de isolamento dos elementos horizontais em edifícios mais antigos.

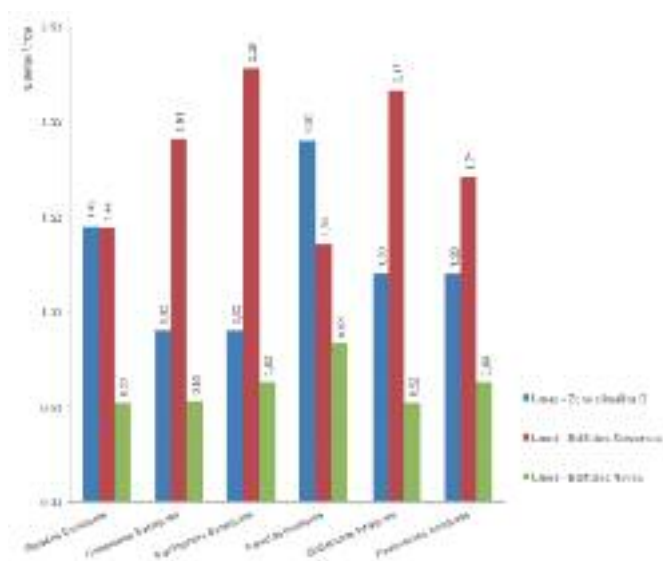


GRÁFICO 1: Comparação entre o valor médio do coeficiente de transmissão térmica (Umed) de elementos da envolvente de edifícios novos e existentes com o valor máximo para a zona climática I3 (Umax).

Nos gráficos que se seguem faz-se a comparação entre o valor médio do coeficiente de transmissão térmica e factor solar dos vãos envidraçados de edifícios novos e existentes, indicados na Tabela 5, e o valor de referência ou valor máximo correspondentes. No caso do coeficiente de transmissão térmica, como não existe a imposição regulamentar de um valor máximo, optou-se pela sua comparação com o valor de referência para as zonas climáticas I3. O factor solar foi comparado com o valor máximo admissível para a zona climática V3 e classe de inércia média ou forte.

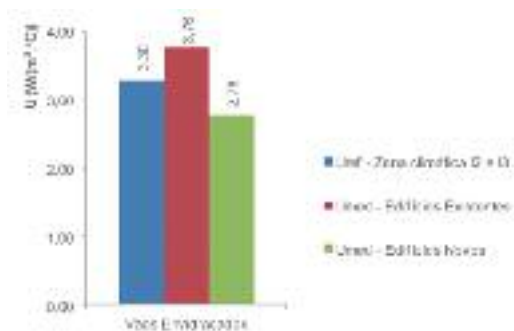


GRÁFICO 2: Comparação entre o valor médio do coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados (Umed) de edifícios novos e existentes com o valor de referência (Uref) para a zona climática I3.

De acordo com o Gráfico 2, verifica-se que o valor do coeficiente de transmissão térmica dos vãos envidraçados dos edifícios novos é significativamente mais baixo do que o valor associado aos edifícios existentes. Esta diferença está relacionada com os materiais dos caixilhos e tipo de vidro usados hoje em dia, que possuem melhores características no que respeita ao seu desempenho térmico.

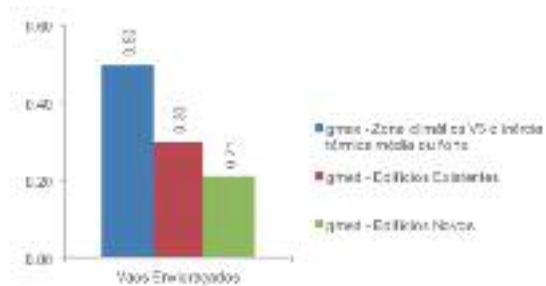


GRÁFICO 3: Comparação entre o valor médio do factor solar (gmed) dos vãos envidraçados dos edifícios novos e existentes com o valor máximo (gmax), correspondente à zona climática V3 e inércia térmica média ou forte.

Os valores do factor solar dos vãos envidraçados, representados no Gráfico 3, têm em consideração o efeito do vidro, assim como dos dispositivos de protecção solar móveis. Analisando o gráfico, verifica-se que nos edifícios novos o valor do factor solar é ligeiramente inferior ao dos edifícios existentes. A diferença não é muito significativa e deve-se, sobretudo, à utilização de vidros com melhores características térmicas nos edifícios novos, pois o contributo dos dispositivos de protecção solar é semelhante nos edifícios novos e existentes, já que continuam a usar o mesmo tipo de dispositivos.

3 - EVOLUÇÃO DAS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

Nesta secção, dedicada à evolução das soluções construtivas e inovação tecnológica, pretende-se reunir alguns exemplos de soluções construtivas não convencionais, existentes no mercado nacional ou europeu, que contribuem para a sustentabilidade da indústria da construção e que dão resposta às novas exigências que têm vindo a surgir no mercado da construção.

Referem-se aqui não só as novas tecnologias construtivas, mas também tecnologias mais tradicionais, que foram caindo em desuso com o passar dos tempos, mas que por utilizarem, sobretudo materiais naturais, contribuem largamente para o aumento da sustentabilidade da construção.

A pesquisa que levou à identificação dessas soluções construtivas teve como base o levantamento, junto aos principais fabricantes de produtos/soluções construtivas nacionais, das novidades tecnológicas, pesquisa bibliográfica e a consulta de divulgação técnica e científica sobre produtos da construção.

Numa tentativa de facilitar o acesso à informação dos fabricantes, foi realizado um inquérito a um conjunto de empresas, no qual era pedida a sua colaboração para a divulgação dos produtos ou tecnologias construtivas existentes no mercado ou em fase de desenvolvimento. No entanto, apenas 20% das empresas consultadas enviaram uma resposta.

Esta secção encontra-se subdividida em três grupos que distinguem a diferenciação das novas soluções construtivas pela via dos materiais, pela via do produto e pela inovação do método construtivo.

Dentro da diferenciação pela via dos materiais são abordadas algumas técnicas para a optimização das propriedades dos materiais mais usados na construção, processos inovadores, como é o caso da incorporação de resíduos ou a aplicação da nanotecnologia e ainda a referência a materiais não correntes, tais como os isolantes naturais ou inorgânicos.

Na subsecção dedicada à diferenciação das soluções pela via do produto, de forma análoga aos materiais, são também mencionadas algumas técnicas para a sua optimização, produtos inovadores e produtos não correntes.

Tão importante como a questão dos materiais e produtos usados na construção é também a forma como esses são aplicados em obra, daí a importância de abordar também a evolução do método construtivo. Nesta subsecção são descritos alguns desses métodos, designadamente a construção através de painéis pré-fabricados, a construção modular e ainda métodos que utilizam painéis de isolamento térmico como cofragem perdida.

3.1 - DIFERENCIAÇÃO PELA VIA DOS MATERIAIS

Como foi referido, nesta secção são abordadas algumas técnicas para a optimização das propriedades de alguns dos materiais mais usados na construção, nomeadamente betão estrutural, betão para o fabrico de blocos, argamassas e rebocos, isolamento térmico, revestimentos e tintas, alguns processos inovadores, como é o caso da incorporação de resíduos ou a aplicação da nanotecnologia e ainda a referência a materiais não correntes, tais como os isolantes naturais ou inorgânicos.

A optimização das propriedades dos materiais refere-se, sobretudo à alteração da sua composição, seja com materiais sintéticos ou naturais, que conduza à melhoria do seu desempenho. Neste caso identificam-se, de seguida, alguns materiais apenas para exemplificar este aspecto de inovação.

Devido à crescente preocupação para o desenvolvimento de materiais mais sustentáveis, é abordado, na subsecção dedicada à inovação, a incorporação de resíduos, por exemplo, resíduos de construção e demolição (RCD) ou desperdícios derivados de outras indústrias. Outro tema abordado é o da nanotecnologia, onde se optou por dar um maior destaque à utilização de aerogel e materiais de mudança de fase (PCM).

No final são apresentados ainda alguns materiais naturais e inorgânicos utilizados como isolantes, que normalmente não são de uso corrente em Portugal.

3.1.1 - OPTIMIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES

3.1.1.1 - BETÃO ESTRUTURAL

O betão é o material mais usado na construção e, apesar da sua aparente durabilidade, ocorrem bastantes situações de deterioração precoce nas estruturas de betão armado, as quais contribuem para o impacte ambiental da construção e põem em causa a sua sustentabilidade. O impacte ambiental poderá ser menor, quanto maior a durabilidade do betão.

A vulnerabilidade deste material deve-se principalmente ao material ligante (cimento Portland), que apresenta uma elevada quantidade de cal, susceptível ao ataque químico, facilitando a ocorrência de fenómenos de carbonatação e corrosão das armaduras.

Estudos realizados no sentido de aumentar a durabilidade do betão, distinguem soluções que promovem a utilização de ligantes alternativos ao cimento Portland, como é o caso dos ligantes activados alcalinamente, também conhecidos como ligantes geopoliméricos. Estes ligantes podem ser obtidos através da dissolução da sílica e alumina da matéria-prima, quando esta é misturada com uma solução alcalina (activador). Um exemplo disso é o da activação de escórias de alto-forno, um material com uma elevada percentagem de óxido de cálcio, que ao ser activado com soluções alcalinas de baixa ou média concentração, origina produtos de reacção do tipo silicato de cálcio hidratado [12].

3.1.1.2 - BETÃO COM ARGILA EXPANDIDA PARA O FABRICO DE BLOCOS

A argila expandida trata-se de um material inorgânico e é produzida através de um processo de cozedura especial a alta temperatura, em forno rotativo, expandindo entre 4 a 5 vezes o seu volume. O resultado são pequenas partículas de forma esférica, com granulometria variável, com uma estrutura interna porosa, conferindo-lhe características isolantes (Figura 21). Apesar desta porosidade, a superfície exterior é constituída por uma película de clinker muito dura, que lhe dá uma boa resistência à compressão. Tratando-se de um material relativamente leve, com um peso volúmico de cerca de 300 a 500 kg/m³, resistente e com propriedades térmicas, torna-se adequado para o fabrico de blocos de alvenaria [13].

Com base na consulta de catálogos de alguns fabricantes, é possível verificar que, a nível térmico, a utilização de agregado de argila expandida na composição dos blocos melhora bastante o seu desempenho térmico. A resistência térmica é reduzida em cerca de 40% relativamente aos blocos de betão normal.



FIGURA 21: Argila expandida.

3.1.1.3 - ARGAMASSA COM INCORPORAÇÃO DE CORTIÇA

Neste âmbito, verifica-se que algumas empresas deste ramo estão a apostar na utilização do regranulado de cortiça que, para além de um produto natural, é também um resíduo da indústria corticeira. A incorporação de grânulos de cortiça em argamassas cimentícias (Figura 22), quer de reboco, quer de assentamento de alvenaria, revela-se vantajosa, quer do ponto de vista energético, com uma melhoria significativa do comportamento térmico, face às argamassas tradicionais, quer do ponto de vista do conforto acústico, com o aumento significativo do isolamento acústico. Do ponto de vista estrutural, e uma vez que os grânulos de cortiça substituem parcialmente o agregado, a massa volúmica reduzida da cortiça permite desenvolver argamassas consideradas leves [14].



FIGURA 22: Aspecto de uma mistura com incorporação de regranulado de cortiça.

Com composição ajustada para aplicação com equipamento de projecção, no caso de argamassas para reboco, e sob a forma pré-doseada, para aplicação em assentamento de alvenaria e em betonilhas de enchimento, este tipo de argamassa encontra-se já disponível no mercado (Figura 23).



a)



b)

FIGURA 23: Argamassa com incorporação de cortiça: a) reboco projectado; b) betonilha leve.

3.1.1.4 - POLIESTIRENO EXPANDIDO COM INCORPORAÇÃO DE GRAFITE

No que respeita aos isolamentos térmicos, o poliestireno expandido moldado (EPS) é, sem dúvida, um dos isolamentos mais usados em Portugal, e daí a importância em otimizar as suas características para favorecer o cumprimento das actuais exigências impostas ao mercado da construção.

Um exemplo da optimização deste material é a adição de partículas de grafite (Figura 24), que confere ao EPS um melhor desempenho a nível térmico. A introdução de grafite faz com que haja uma redução da transferência de calor radiante no interior do material. Com esta tecnologia, e de acordo com informação de catálogos de fabricantes, é possível reduzir o valor da condutibilidade térmica do EPS em cerca de 20%.



FIGURA 24: EPS com grafite.

3.1.1.5 - REBOCO TÉRMICO COM INCORPORAÇÃO DE EPS

No que respeita ao revestimento de fachadas, também se encontra disponível no mercado, um revestimento para fachadas, que permite em simultâneo o desempenho e a protecção destes elementos construtivos, funcionando como um sistema de isolamento pelo exterior.

É constituído por cimento branco, agregados leves de poliestireno expandido (EPS) e aditivos especiais e é aplicado por projecção mecânica de alto rendimento, directamente sobre os diversos elementos de suporte de uma construção, tais como alvenaria, blocos de betão ou superfícies em betão armado (Figura 25). Tem como características principais a resistência mecânica, principalmente quando comparada com outros sistemas de isolamento pelo exterior, assim como uma excelente ductilidade, que fazem com que este material possua uma elevada durabilidade. Relativamente ao seu desempenho térmico, possui uma condutibilidade térmica inferior a $0,1 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$, conseguindo competir com os isolamentos térmicos tradicionalmente usados em sistemas de isolamento pelo exterior [15].



a)



b)

FIGURA 25: Reboco térmico com incorporação de EPS: a) projecção do reboco numa fachada; b) edifício reabilitado com reboco térmico.

3.1.1.6 - REVESTIMENTO DE RESINA COM CORTIÇA INCORPORADA

Já se encontra disponível no mercado nacional um revestimento resultante da mistura de granulado de cortiça com resinas poliméricas.

Funciona como uma membrana elástica e tem como principal objectivo o isolamento térmico e acústico, quer na construção nova, quer na reabilitação de edifícios existentes/antigos, a qual actua como uma barreira térmica, prevenindo perdas de energia e a ocorrência de fissuras, embora o desempenho seja sempre condicionado pela espessura com que é aplicado. A sua aplicação em obra é relativamente fácil e rápida, sendo realizada através de projecção. Pode ser usada para revestir qualquer tipo de superfície, mesmo que pouco porosa, desde metal até argamassas já existentes (Figura 26).

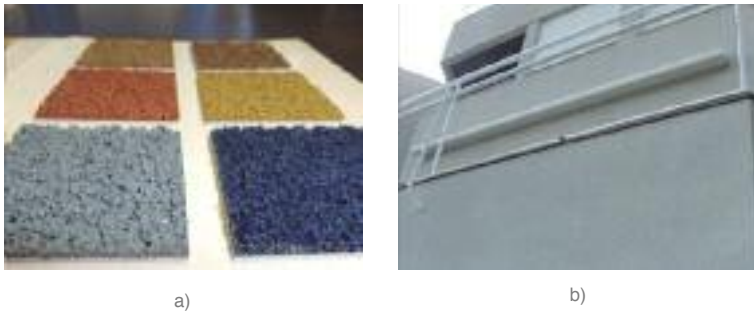


FIGURA 26: Revestimento de resina com cortiça incorporada: a) amostra; b) aplicação num edifício.

3.1.1.7 - TINTAS COM MAIOR CAPACIDADE REFLECTANTE

Neste campo, as tintas têm vindo a ser alvo de estudo e de avanços tecnológicos, por forma a melhorar o desempenho térmico dos edifícios. Um exemplo é a tinta reflectora que, graças à junção de microesferas, de vidro ou cerâmicas, e de pigmentos especiais à sua composição, possui uma maior reflectividade à radiação infra-vermelha. No caso das microesferas, como o seu interior é oco, quando adicionadas a uma tinta, formam uma barreira com propriedades térmicas e acústicas.

No que se refere aos pigmentos, estes são normalmente designados de “cool pigments” e possuem uma elevada reflectividade ao espectro infravermelho da radiação solar. Ambas as soluções contribuem para uma redução significativa da temperatura da superfície dos elementos da envolvente opaca, quando comparada com as tintas tradicionais [16].

Neste momento, já se encontra disponível no mercado uma tinta destinada à aplicação em telhados e coberturas, que ajuda a reflectir a radiação solar, contribuindo para o conforto térmico no interior dos edifícios.

3.1.2 - INOVAÇÃO

3.1.2.1 - INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS

3.1.2.1.1 - BETÃO

Dado que o betão é o material mais usado na construção, há todo o interesse em tornar este material mais amigo do ambiente. Existem já bastantes estudos relacionados com a utilização de resíduos no seu fabrico. Existem projectos de investigação relacionados com a possibilidade de incorporação de resíduos com características pozolánicas, tais como cinzas volantes, escórias de alto-forno, sílica de fumo, cinzas de resíduos vegetais, cinzas de resíduos sólidos urbanos ou resíduos de vidro, assim como de agregados ou filler provenientes de resíduos da indústria automóvel, de plástico, têxteis, pó de pedra da indústria das rochas ornamentais, de extracção de agregados e da indústria cerâmica e de resíduos da construção e demolição (RCD) [12].

No caso dos RCD (Figura 27), a sua incorporação em betões é cada vez mais frequente e existem cada vez mais investigadores dedicados ao tema. Esta prática carece de regulamentação adequada, que garanta que os parâmetros de qualidade do betão produzido sejam garantidos, já que a origem do produto pode ser bastante diversificada.

Com as crescentes preocupações a nível ambiental, e dado o volume significativo de resíduos de demolição produzidos actualmente, são movidos esforços no sentido de garantir que estes produtos possam ser devidamente recolhidos, triados e aplicados em betões. Os resultados obtidos até ao momento revelam que poderá vir a ser viável a substituição total do agregado natural por agregados provenientes de RCD [17].

Para além dos materiais descritos, outro material que poderá ser incorporado no betão é o resíduo proveniente dos pneus. Existem estudos acerca da utilização de aparas de pneus como agregado na composição de betão e argamassa. Neste caso, verifica-se uma ligeira redução da sua resistência, no entanto, a flexibilidade e elasticidade melhoram, assim como a resistência ao impacto. Verifica-se ainda uma melhoria significativa ao nível do isolamento sonoro.



FIGURA 27: Mistura de RCD.

3.1.2.1.2 - ARGAMASSAS

São várias as soluções de incorporação de resíduos no fabrico de argamassas, no entanto a maioria ainda se encontra em fase de estudo ou desenvolvimento.

É exemplo disso, uma argamassa com incorporação de resíduos provenientes das fábricas de rochas ornamentais (Figura 28). Está provado que a pasta resultante do corte das rochas, após endurecimento, possui as características apropriadas à produção de argamassas.



FIGURA 28: Resíduo proveniente do corte das rochas.

Esta técnica permitirá reduzir significativamente a extração de minério natural e, conseqüentemente, a exploração de recursos naturais, assim como a reciclagem da água contaminada durante o corte das pedras. A utilização deste subproduto é bastante vantajosa, quer do ponto de vista ecológico, quer económico, evitando-se assim que toneladas deste resíduo sejam lançadas em rios, todos os anos.

Outro resíduo que pode ser incorporado na produção de argamassas é o vidro. O recurso ao vidro para produção de materiais com os mais diversos campos de aplicação continua a ser recorrente, sendo que o tempo de vida útil do mesmo é bastante reduzido e a sua reciclagem continua a ser problemática. É por isso considerada proveitosa a incorporação de resíduos de vidro em argamassas cimentícias. Composições adequadas, com a substituição parcial de 10 % de agregado por resíduo de vidro moído, originam argamassas com resistências mecânicas adequadas e durabilidades ajustadas. Quando adicionadas escórias de alto-forno e cinzas volantes, subprodutos industriais, as argamassas revelam comportamentos bastante satisfatórios [18].

Outro exemplo é a incorporação de resíduos resultantes de subprodutos industriais, com função de pozolanas ou em substituição parcial de agregado.

No sentido de otimizar as características de argamassas hidráulicas e argamassas com ligantes aéreos (mais adequadas para aplicação na recuperação de rebocos antigos), a adição de pozolanas naturais ou resultantes de subprodutos industriais revela-se bastante vantajosa, na medida em que dispensa a utilização de quantidades superiores de ligantes, cuja produção contribui amplamente para o aumento de emissões poluentes. Os exemplos mais comuns são as adições de metacaulinos, cinzas de casca de arroz (Figura 29), e outros pós resultantes da queima ou moagem de subprodutos industriais.



FIGURA 29: Cinzas de casca de arroz.

Por outro lado, a substituição parcial do agregado, pelo produto resultante da moagem de determinados resíduos, poderá resultar em argamassas com desempenhos adequados e com características distintas das mais comuns. Como exemplo, surgem argamassas com incorporação de borracha de pneus, resíduos da indústria têxtil, resíduos da indústria cerâmica e de resíduos de plásticos [19].

3.1.2.1.3 - MATERIAIS PARA O FABRICO DE BLOCOS

De forma análoga às argamassas, a incorporação de resíduos na composição das misturas de blocos para alvenaria poderá ter algumas vantagens.

Proveniente de desperdícios agrícolas, a casca de arroz contém sobretudo substâncias orgânicas, e quando sujeita a processos de combustão produz cinzas com elevadas concentrações de dióxido de silício, potenciando o aumento da resistência mecânica do betão e a diminuição da sua absorção de água.

Os resíduos de poliestireno expandido são materiais plásticos originados principalmente em indústrias de embalagens, compostos de carbono e hidrogénio. Quando incluídos na composição de betão, contribuem significativamente para o decréscimo da sua massa volúmica (Figura 30).

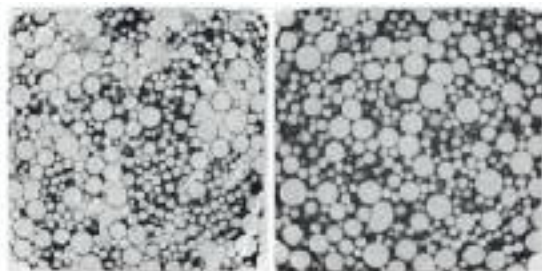


FIGURA 30: Betão com diferentes percentagens de incorporação de poliestireno expandido.

Neste sentido, a utilização de cinza de casca de arroz como material cimentício na composição de betão, devido às suas propriedades pozolânicas, assim como a substituição parcial de agregados por poliestireno expandido, permite o fabrico de blocos de betão leve mais ecológicos, através do aproveitamento de desperdícios industriais [20].

Devido à elevada quantidade de resíduos da construção e demolição (RCD), a inclusão de agregados reciclados na produção de blocos de betão pode revelar-se uma solução mais económica e sustentável (Figura 31). De facto, o decréscimo da extracção de agregados para a construção civil, recorrendo à sua reciclagem, pode ter consequências ambientais benéficas.

Algumas investigações efectuadas em laboratório demonstram que a substituição parcial de agregados correntes por agregados reciclados não exige o aumento das proporções de cimento na mistura do betão, para a obtenção de iguais propriedades mecânicas dos blocos, o que se pode traduzir numa mais-valia comercial, apesar da carência de estudos com vista à melhoria da qualidade dos agregados reciclados [21].



FIGURA 31: Bloco de betão constituído por agregados reciclados.

Para além dos mencionados, outros tipos de resíduos são passíveis de ser usados nas misturas para o fabrico de blocos. É o caso do pó de vidro, agregados de poliestireno e o regranulado de cortiça expandida.

A substituição parcial de cimento e agregados finos por pó de vidro e polietileno expandido, respectivamente, na composição de blocos de betão para alvenaria tem sido alvo de vários estudos científicos para análise das suas propriedades físicas e mecânicas.

As principais vantagens associadas aos resíduos de vidro patenteiam-se pela sua impermeabilidade e elevada resistência a elevadas temperaturas, considerando baixas proporções de substituição de agregados correntes.

Por sua vez, a utilização de agregados de polietileno contribui sobretudo para a redução da massa volúmica do betão e favorece mecanismos de rotura dúctil, apesar de proporcionar quebras significativas de resistência mecânica [22].

Com o intuito de aproveitar desperdícios da indústria corticeira como matéria-prima natural e renovável na produção de betão para fabrico de blocos, têm-se desenvolvido vários estudos sobre a composição de betão com regranulado de cortiça expandida.

A redução do coeficiente de absorção de água dos blocos e o decréscimo do seu peso unitário, assim como a melhoria da resistência térmica do betão leve com cortiça face ao betão normal, constituem vantagens no aproveitamento destes resíduos, apesar de se verificarem diminuições da resistência mecânica.

Deste modo, os blocos de betão com cortiça podem ser considerados como uma alternativa adequada para a construção de paredes de alvenaria com materiais orgânicos leves (Figura 32) [23].



FIGURA 32: Bloco de betão com cortiça incorporada.

3.1.2.2 - NANOTECNOLOGIA

A nanotecnologia é uma área que surge com base nas áreas de investigação da química e física, que manipula a matéria a uma escala molecular, oferecendo a possibilidade de criação de novos materiais para diversas indústrias, como é o caso da electrónica, medicina, energia e aeronáutica. Esta capacidade de criação de novos materiais, como não poderia deixar de ser, está também a influenciar o mercado da construção, sobretudo devido à política dos edifícios sustentáveis e edifícios de balanço energético zero.

Na área da construção, novos materiais e produtos, baseados em nanotecnologia, podem ser encontrados em isolamento térmico, revestimentos e tintas, cimentos e argamassas, energia solar, iluminação, purificação do ar e da água, materiais estruturais e materiais não estruturais [24].

No caso dos materiais para isolamento, a nanotecnologia poderá torná-los mais eficientes, menos dependentes de recursos não renováveis e menos tóxicos. Os nanomateriais poderão ser ótimos isolantes, devido principalmente à elevada relação que existe entre a sua superfície e volume, que lhes dá a capacidade de reter ar, a uma escala molecular, no interior de uma camada de material com uma espessura mínima (os isolantes convencionais, como o poliestireno, obtêm elevados desempenhos de isolamento térmico, mais devido à baixa condutibilidade do material do que pela capacidade de reter o ar no seu interior).

Para este efeito, os nanomateriais podem ser usados entre painéis rígidos de outro material (tipo sanduíche), aplicados como finas películas ou como “pintura” em revestimento de superfícies [25]. O Aerogel, devido às suas características, nomeadamente a nanoporosidade, é hoje em dia um dos nanomateriais mais estudados na área dos isolamentos e, por isso, ser-lhe-á dado um maior destaque neste estudo, designadamente na próxima subsecção, onde será feita uma breve apresentação das suas principais características.

No caso das películas, estas são aplicadas, na sua maioria, em vidros, bloqueando a passagem dos raios UV e infravermelhos (reduções até 99%), permitindo no entanto a passagem da luz visível, controlando desta forma os ganhos térmicos, possibilitando uma redução do consumo de energia dos equipamentos de climatização e conseqüentemente das emissões de CO₂ [25].

Nas tintas e revestimentos é possível a introdução de certos aditivos, em nanopartículas, conferindo-lhes novas propriedades, como é o caso da autolimpeza, despoluição, anti-corrosão, isolamento térmico, etc [24].

As superfícies com auto-limpeza são conseguidas graças a revestimentos fotocatalíticos contendo nanopartículas de dióxido de titânio. Estas partículas permitem iniciar o processo de fotocatalise, que consiste em desagregar as partículas de sujidade da superfície através da sua exposição aos raios solares, para posteriormente serem removidas através da chuva [25].

No caso dos cimentos e argamassas, a aplicação da nanotecnologia poderá constituir um equilíbrio entre o bom desempenho, mecânico e funcional, a baixo custo e a sustentabilidade do material, contribuindo assim para um elevado nível de eficiência energética.

O resultado traduz-se numa variedade de produtos que se distinguirão pelas suas propriedades melhoradas, permitindo a execução de estruturas mais leves, resistentes e duradouras e até com características autolimpantes.

A nanotecnologia tem vindo, ainda, a ser implementada na área das energias renováveis, encontrando-se em desenvolvimento painéis fotovoltaicos ultrafinos, que poderão ser facilmente integrados nos revestimentos dos edifícios.

No que respeita aos materiais estruturais, a nanotecnologia garante melhorias, através do nano-reforço de materiais existentes, como o betão e o aço, dando origem a nanocompósitos [24].

Aproveita-se para divulgar a existência da plataforma electrónica NANO@CONSTRUÇÃO (www.nanoatconstrucao.org), que reúne uma base de dados relativa às actuais aplicações da nanotecnologia no sector da construção.

3.1.2.2.1 - AEROGEL

O Aerogel é um material sólido extremamente leve, composto por uma rede celular nanoestruturada, a qual contribui para uma elevada porosidade. Devido ao facto de conter uma grande percentagem de ar (mais de 99% de ar por volume), este material é semi-transparente (Figura 33).

Relativamente à sua composição, o aerogel pode ser feito a partir de uma grande variedade de substâncias, designadamente e a título de exemplo: sílica, óxidos de metais de transição (por exemplo, óxido de ferro), polímeros orgânicos (por exemplo, fenol-formaldeído, poliestirenos, poliuretanos ou epóxis), polímeros biológicos (por exemplo, gelatina), carbono ou nanotubos de carbono. No entanto, na indústria da construção, os aerogéis utilizados são os de sílica.



FIGURA 33: Imagem de um fragmento de Aerogel.

Este material possui um elevado desempenho acústico e térmico, este último devido ao reduzido valor da condutibilidade térmica de (0,017 - 0,021 W/(m.°C)). Outra característica importante é o facto de permanecer estável quando sujeito a temperaturas elevadas, na ordem dos 1200 °C. O seu peso volúmico é de cerca de 60 -80kg/m³, resiste às humidades e ao aparecimento de fungos e não descolora, mesmo após uma longa exposição à radiação ultravioleta [13].

Relativamente ao seu desempenho térmico, o aerogel actua sobre as três formas de transferência de calor, condução, convecção e radiação, sobretudo se lhe for adicionado carbono. O aerogel de sílica é caracterizado por ser um óptimo isolante à transmissão de calor por condução, pelo facto de a sílica ser um mau condutor térmico e, pelo facto de o ar não poder circular no interior da sua estrutura, inibe ainda a transferência de calor por convecção.

Associando o carbono ao aerogel de sílica, este fará com que a radiação infravermelha seja absorvida, traduzindo-se assim como um excelente isolante à transferência de calor por radiação [26].

Relativamente à sua aplicação em edifícios, as partículas de aerogel poderão ser uma solução para o isolamento da caixa-de-ar das paredes, principalmente quando o espaço é reduzido ou em edifícios históricos, onde qualquer alteração ao aspecto do edifício poderá ser inaceitável. Trata-se de uma solução permanente e que não necessita de manutenção. Encontram-se em desenvolvimento materiais que incorporam aerogel em telas de não-tecidos ou em mantas fibrosas. Este tipo de produto é útil na medida em que poderá ser cortado e moldado à medida (Figura 34) [13].

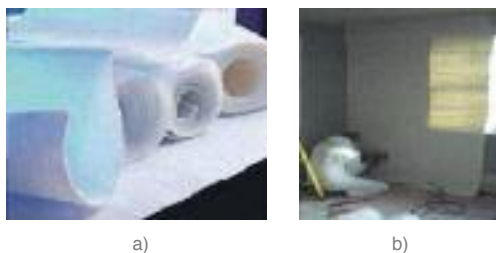


FIGURA 34: a) Exemplo de manta flexível para isolamento térmico; b) Aplicação da manta em obra.

Para além da sua aplicação no isolamento dos elementos da envolvente opaca dos edifícios, poderá ainda ser usado nos vãos envidraçados, normalmente para preencher o espaço entre painéis de vidro, impedindo o movimento do ar dentro desse espaço, reduzindo assim a transferência de calor por correntes de convecção (Figura 35). Nestas circunstâncias, o calor apenas é transmitido através do vidro por radiação. A transmissão de luz através do aerogel é de cerca de 80% para uma camada com 10 mm de espessura, proporcionando luz difusa e eliminando a transmissão de raios ultravioletas.



FIGURA 35: Exemplo da aplicação de painéis translúcidos de aerogel em edifícios.

3.1.2.2.2 - *PHASE CHANGE MATERIALS* (PCMs)

Os materiais de mudança de fase (*Phase Change Materials*) são materiais com a capacidade de alterar o seu estado físico num determinado intervalo de temperatura, através da absorção ou libertação de energia no espaço envolvente. Quando a mudança de fase está completa, o aquecimento/arrefecimento contínuo resulta no aumento/diminuição da temperatura, de forma progressiva e definida por uma propriedade designada de calor sensível [27].

A incorporação destes materiais em produtos para a construção, com vista à diminuição dos consumos energéticos, tem vindo a ser alvo de projectos de investigação e desenvolvimento.

No que respeita ao armazenamento de energia térmica, a utilização de PCM, apresenta uma série de aplicações possíveis, algumas das quais aplicadas à indústria da construção, tais como armazenamento de energia solar térmica, sistemas passivos de armazenamento de energia em edifícios/arquitetura bioclimática e sistemas de arrefecimento/aquecimento e águas quentes sanitárias.

Nos sistemas passivos, os PCM são incorporados em paredes, pavimentos ou tectos, explorando a energia térmica transmitida por radiação. Já no caso dos sistemas de arrefecimento/aquecimento, é explorado o fenómeno de convecção, através da utilização de PCM como meio de transferência [28].

Exemplos da aplicação de PCM na construção:

Paredes: incorporação de PCM em soluções leves de paredes divisórias, nomeadamente em placas de gesso cartonado ou outros revestimentos à base de gesso, de forma a aumentar a sua capacidade de armazenamento de energia.

Pavimentos: através da incorporação de PCM em pavimentos radiantes, é possível aumentar significativamente a sua eficiência, promovendo a sua capacidade de armazenamento de energia e conseqüente diminuição do tempo de funcionamento do sistema.

Tectos: de forma análoga aos pavimentos, é possível incorporar PCM nos sistemas de aquecimento/arrefecimento por tubos capilares em tectos. Nesses tubos circula o fluido quente ou frio do sistema. Aliando PCM aos painéis que servem de suporte aos tubos capilares, aumenta-se conseqüentemente a sua capacidade de armazenamento de energia, tornando o sistema mais eficiente.

Vãos envidraçados: os PCM podem ser utilizados entre panos de vidro (Figura 36). O uso destes materiais tem um resultado benéfico no Verão, altura em que a radiação solar pode ter um efeito prejudicial nos edifícios. Os PCM introduzidos no vidro irão absorver grande parte da energia proveniente da radiação solar, durante a mudança do seu estado físico, não a deixando passar para o espaço interior, evitando assim a ocorrência de sobreaquecimento [27].



FIGURA 36: Exemplo de aplicação de materiais de mudança de fase: a) etapas da mudança de fase de PCM existente no interior do vidro; b) aplicação de vidro com PCM num edifício.

3.1.3 - MATERIAIS NÃO CORRENTES

3.1.3.1 - ISOLANTES NATURAIS

3.1.3.1.1 - CÂNHAMO

O cânhamo trata-se de uma fibra que deriva de plantas do género *Cannabis* (Figura 37 a). A associação da cal ao cânhamo resulta num material de construção, que permite construir de uma forma rápida e eficiente, aliando a isso um baixo impacto causado pelo carbono, devido à capacidade do cânhamo em absorver dióxido de carbono.

É possível formar placas flexíveis deste material, através de uma compactação aleatória, que podem ser usadas como isolamento térmico e acústico na construção (Figura 37 b)) [29].



FIGURA 37: Cânhamo: a) fibras do caule de cânhamo; b) placas flexíveis de isolamento.

3.1.3.1.2 - PAPEL E PASTA CELULÓSICA

A pasta celulósica resulta da reciclagem de produtos celulósicos, tais como o papel de jornal, não vendido ou usado, não havendo assim dispêndio de energia para o fabrico da matéria-prima. Para o fabrico das fibras é necessário triturar o papel, ao qual são adicionados alguns produtos de forma a melhorar algumas das suas características, tais como o seu comportamento face ao ataque de agentes biológicos ou comportamento ao fogo.

A pasta celulósica é usada como isolamento térmico desde a segunda década do século XX, tendo-se descoberto recentemente que se trata de um material com vantagens ao nível do controlo e regulação da humidade e ainda no condicionamento e reforço do isolamento acústico.

Esta pasta pode ser projectada (Figura 38) ou aplicada sob a forma de placas [29]. No entanto, este material poderá ser aplicado juntamente com outros, dando origem a materiais compósitos. Um exemplo disso é o desenvolvimento de placas de gesso, incorporando resíduos de papel e pasta celulósica, o que as torna leves e aumenta a sua sustentabilidade.



FIGURA 38: Pasta celulósica: a) projecção; b) aspecto final de paredes com pasta celulósica projectada.

3.1.3.1.3 - FIBRA DE COCO

A fibra de coco é oriunda de alguns países Asiáticos, como é o caso da Índia e do Sri Lanka. Trata-se de uma matéria-prima natural e renovável, é considerada como um resíduo, pelo que a sua transformação em novos produtos contribui bastante para a conservação do meio ambiente.

A fibra de coco pode ser utilizada como isolamento térmico e acústico (Figura 39), no entanto é a nível acústico que este material possui um melhor desempenho. Quando combinada com outros materiais, como é o caso da cortiça, poderá apresentar uma melhor eficácia (Figura 40). Pode ser aplicada em paredes, tectos e pavimentos, sendo neste último caso muito utilizado para a execução de lajes flutuantes, devido à sua contribuição na atenuação dos ruídos de percussão [29].

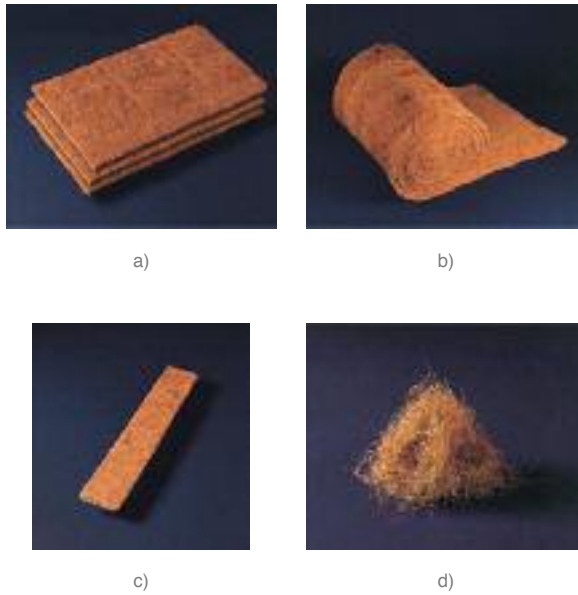


FIGURA 39: Exemplo da aplicação da fibra de coco para isolamento térmico e acústico: a) em placas; b) em rolos; c) em tiras; d) fibras.



FIGURA 40: Materiais compósitos: fibra de coco com cortiça.

3.1.3.1.4 - ALGODÃO RECICLADO

O algodão é uma fibra natural, que pode ser usada como material de construção, oferecendo um elevado desempenho térmico e acústico. No início do desenvolvimento de isolamento à base de algodão, na década de 90, este era fabricado usando algodão virgem, pelo que era utilizado em pequenas quantidades. Mais tarde, passou-se a incorporar resíduos de algodão provenientes da indústria têxtil, em elevada percentagem, permitindo uma construção sustentável e amiga do ambiente.

Para o fabrico do isolamento, o resíduo de algodão é previamente triturado e sujeito a um tratamento específico para protecção contra fungos, bolores e resistência ao fogo. Depois é prensado, adquirindo a forma de placas ou rolos (Figura 41). É possível a sua aplicação em paredes interiores e exteriores ou em tectos [29].



FIGURA 41: Manta em algodão reciclado.

3.1.3.1.5 - FIBRA DE LINHO

Apesar de a fibra de linho ser usada maioritariamente na indústria têxtil, com o passar dos tempos começou a ser utilizada também na indústria da construção. As fibras de linho permitem o fabrico de produtos, com elevado desempenho, para o isolamento térmico e acústico dos edifícios, que podem ser aplicados em paredes, coberturas e pavimentos (Figura 42).

Apesar de ser um produto natural, o isolamento em fibras de linho encontra-se mal classificado no que respeita à energia despendida no seu fabrico. A produção da matéria-prima requer um elevado recurso a combustíveis fósseis e de energia eléctrica para semear, colher e preparar o linho para ser usado [29].



FIGURA 42: Manta em fibras de linho.

3.1.3.1.6 - PALHA

Ao longo da história, a palha tem sido utilizada na construção de habitações, tendo caído em desuso com a introdução de novos materiais na indústria da construção. No entanto, hoje em dia, devido à crescente preocupação com o meio ambiente e a sustentabilidade da construção, a construção em palha tornou-se numa área de estudo para os investigadores.

Em alguns países, como na Austrália, a construção de edifícios utilizando sistemas com palha tem vindo a ser testada, com o objectivo de possibilitar uma construção eficiente e barata.

O uso da palha como material de construção poderá ser benéfico, nomeadamente em países em que esta matéria-prima é considerada como um resíduo.

No que respeita à construção com fardos de palha, este material possui uma elevada resistência mecânica e também ao fogo, devido à sua compactação, para além do seu desempenho ao nível do isolamento térmico e acústico (Figura 43).

Recentemente foram também realizados estudos acerca da utilização da palha como isolamento térmico e acústico, quer de forma individual, quer sob a forma de um material composto, por exemplo com fibras de madeira ou resíduos de pneus [29].



FIGURA 43: Exemplo de aplicação da palha: a) como isolamento, no interior da caixa-de-ar de uma parede; b) construção com fardos de palha.

3.1.3.1.7 - LÃ

A lã é uma fibra natural proveniente do pêlo da ovelha. Uma das suas características é a higroscopicidade, sendo capaz de absorver mais humidade do que qualquer outra fibra natural, devido ao seu elevado ponto de saturação, não influenciando, no entanto, o seu nível de desempenho em termos de isolamento térmico e acústico.

Existem já várias soluções de isolamento em lã, no mercado Europeu, sendo normalmente compostas por uma grande percentagem de lã misturada com outras fibras, nomeadamente o poliéster, sempre que possível reciclado (Figura 44) [30]. Este tipo de produto pode ser utilizado para o isolamento de paredes, tectos e pavimentos.

Como principais características, os fornecedores salientam a sua condutibilidade térmica, na ordem dos $0,038 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ e um peso volúmico de $23 \text{ kg}/\text{m}^3$.

Relativamente ao isolamento acústico, alguns isolamentos chegam a possuir níveis de redução à propagação de sons por percussão na ordem dos 21 dB.



FIGURA 44: Mantas para isolamento constituídas por: a) 100% fibras de lã; b) mistura de lã com poliéster.

3.1.3.1.8 - JUTA

A juta deriva de uma planta, podendo as suas fibras naturais ser usadas na indústria da construção, sobretudo no reforço de compósitos poliméricos em substituição das fibras sintéticas (Figura 45).

No que respeita às fibras de juta, os compósitos delas derivados podem ser aplicados na construção em telhas, divisórias, tectos-falsos e em edifícios pré-fabricados.

Quando compactadas por um processo mecânico, as fibras de juta transformam-se numa espécie de tecido, que pode ser aplicado no meio de elementos construtivos, melhorando o seu comportamento acústico [29].

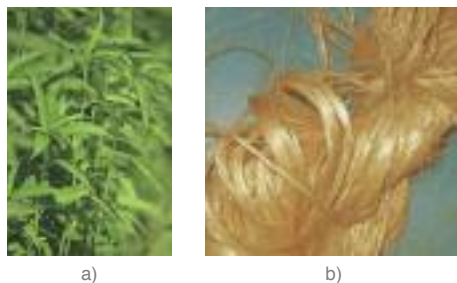


FIGURA 45: Juta: a) planta; b) fibras.

3.1.3.1.9 - SISAL

Tal com a juta, o sisal também deriva de uma planta, podendo as suas fibras naturais ser usadas na indústria da construção (Figura 46). Também o sisal é utilizado maioritariamente no fabrico de materiais compósitos. Destaca-se pela elevada resistência ao impacto, à tracção e à flexão.

Nos últimos tempos, tem sido usado no reforço de plásticos, para a obtenção de materiais com melhores desempenhos mecânico, térmico e acústico, assim como na substituição de materiais, como o amianto e a fibra de vidro, em alguns produtos da construção.

Pode ser usado, em forma de “tecido”, como revestimento de paredes e pavimentos, contribuindo desta forma para a melhoria da absorção sonora no interior dos compartimentos, ou em forma de manta ou placas, derivadas da compactação das fibras, que poderão ser usadas especialmente no interior de pavimentos [29].



a)



b)

FIGURA 46: Sisal: a) planta; b) fibras em fase de tratamento.

3.1.3.2 - ISOLANTES INORGÂNICOS

3.1.3.2.1 - VIDRO CELULAR

O vidro celular trata-se de um isolante térmico inorgânico com estrutura celular fechada. É constituído sobretudo por vidro, possuindo uma grande percentagem de vidro reciclado ou desperdício de vidro, e também ele poderá ser reciclado (Figura 47).

Como principais características do vidro celular podem referir-se a sua densidade relativamente baixa, elevada resistência mecânica, baixa condutibilidade térmica, a não absorção de água, o facto de ser impermeável à água e ao vapor de água, incombustível e imputrescível.

Além disso, este material possui uma elevada durabilidade e um bom comportamento ao nível do isolamento térmico. Ao mesmo tempo, este pode ser usado para proteger os elementos da humidade, fogo e erosão. Devido à sua durabilidade, é um material que não necessita de manutenção.

Na construção poderá ser usado como isolante térmico para a envolvente do edifício, paredes, coberturas, pavimentos e ainda elementos enterrados [13].



FIGURA 47: Vidro celular: a) processo de fabrico; b) produto final.

3.1.3.2.2 - VIDRO EXPANDIDO

O vidro expandido resulta da reacção entre o vidro e o carbono a altas temperaturas, libertando CO_2 , que fica retido em bolhas no interior do vidro, originando uma estrutura celular (Figura 48). Neste processo, também poderá ser usado vidro reciclado.

Este produto é impermeável ao vapor de água e, portanto, adequado para o isolamento de construções subterrâneas, em contacto com o solo e água. Trata-se de um material inerte, que possui uma elevada durabilidade e é imputrescível.

Devido à sua rigidez, não é adequada a sua aplicação para fins acústicos [13].



FIGURA 48: Vidro expandido.

3.1.3.2.3 - ESPUMA DE SILICATO DE CÁLCIO

As placas de espuma de silicato de cálcio são produzidas através da mistura de diferentes matérias-primas, entre as quais o cálcio, o dióxido de silício e celulose. Estas são misturadas com água, formando uma pasta, dando origem ao silicato de cálcio hidratado. A mistura é colocada em moldes e depois autoclavada. O resultado é uma espuma microporosa de célula aberta e rígida, a qual pode ser cortada em placas e tratada com aditivos especiais, que lhe conferem propriedades hidrofóbicas (Figura 49).

A utilização deste material em edifícios, especialmente no isolamento de paredes, é relativamente recente. Após uma extensa pesquisa, está provado que, devido à sua elevada acção de capilaridade e às suas propriedades higrótérmicas, esta espuma é recomendada pelos fabricantes para o aumento da protecção contra humidades, especialmente na reabilitação de edifícios antigos, cujas fachadas não estão nas melhores condições para ser isoladas. Para além disso, este material possui um pH elevado, o que inibe o aparecimento de fungos [13].

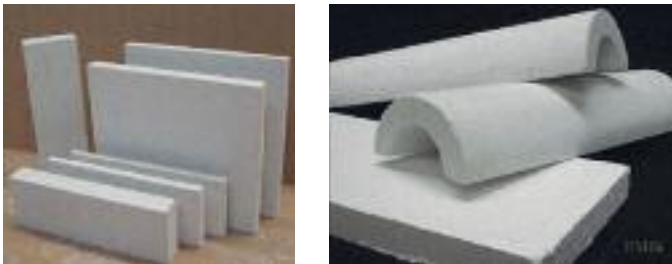


FIGURA 49: Espuma de silicato de cálcio.

3.1.3.2.4 - PERLITE EXPANDIDA

A perlite é um material silicioso e distingue-se pelo facto de, quando aquecido a uma temperatura adequada, expandir 4 a 20 vezes relativamente ao seu volume original. Esta expansão deve-se à percentagem de água que se encontra retida no material e que, quando sujeita a elevadas temperaturas, evapora, criando espaços vazios, originando uma estrutura celular. Esta estrutura é responsável pelo baixo peso da perlite expandida, assim como de outras propriedades físicas, que lhe proporcionam um bom desempenho térmico e acústico.

Na construção, pode ser usado em forma de granulado, por exemplo no interior da caixa-de-ar das paredes, preenchendo a totalidade dos espaços vazios existentes (Figura 50 a)).

Poderá, igualmente, ser usada em forma de placas para o isolamento de paredes e tectos (Figura 50 b)).

Este material poderá ainda ser usado em materiais compósitos, como é o caso de placas de perlite combinadas com lã mineral [13].

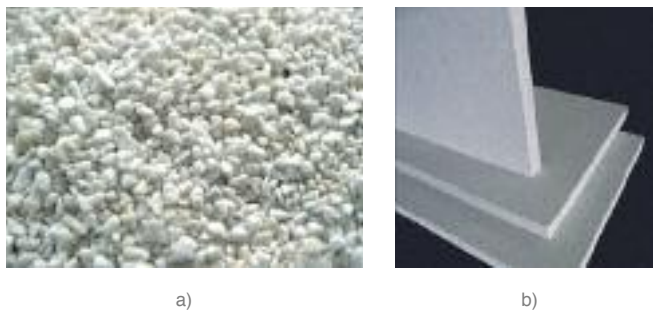


FIGURA 50: Perlite expandida: a) em forma granular; b) em placas.

3.1.3.2.5 - VERMICULITE

A vermiculite é o nome geológico dado a um grupo de minerais laminares hidratados.

Quando aquecida, a vermiculite expande até 30 vezes o seu tamanho original. O processo de expansão transforma as lâminas densas de vermiculite em grânulos leves e porosos, constituídos por inúmeros espaços de ar microscópicos (Figura 51 a)). A vermiculite expandida é caracterizada por possuir uma baixa densidade, baixa condutibilidade térmica (cerca de $0,063 \text{ W/(m}\cdot\text{°C)}$), resistência a altas temperaturas, grande capacidade de absorção, entre outras, possibilitando a utilização deste material como isolante térmico e acústico. A sua aplicação mais corrente é no isolamento de desvãos, tal como é ilustrado na Figura 51 b)). No entanto, também poderá ser utilizada no preenchimento de caixas-de-ar de paredes [13].



FIGURA 51: Vermiculite expandida: a) material a granel; b) aplicação no isolamento de um desvão de cobertura.

3.2 - DIFERENCIAÇÃO PELA VIA DO PRODUTO

Como foi referido, nesta secção são abordadas algumas técnicas para a optimização do desempenho de alguns produtos mais usados na construção, e alguns processos inovadores, aplicáveis, principalmente, a blocos e tijolos, janelas e vidros ou painéis de isolamento.

A optimização do desempenho dos produtos refere-se, sobretudo, à alteração da sua geometria, alteração de componentes, etc.

Como processos inovadores, distinguem-se a inclusão de isolamento térmico em blocos de betão, painéis de isolamento a vácuo, as abobadilhas em EPS, o preenchimento de caixilhos com isolamento e a tecnologia do vácuo em vidros duplos.

No final, são apresentados ainda alguns produtos que não são utilizados com frequência em Portugal, como por exemplo, os blocos de betão celular autoclavado e de silicato de cálcio, vidro triplo e aberturas de admissão de ar auto-reguláveis.

3.2.1 - OPTIMIZAÇÃO DO DESEMPENHO

3.2.1.1 - BLOCOS

Relativamente aos blocos usados na execução de alvenarias, são vários os factores que influenciam o seu desempenho. Um desses factores foi já abordado na secção 3.1, o qual corresponde à composição das misturas utilizadas no seu fabrico. Outro aspecto com considerável importância no desempenho dos blocos é a sua geometria (dimensões, tipo de furação, etc.).

Dada a sua importância, esses aspectos serão abordados nas subsecções que se seguem.

3.2.1.1.1 - BLOCOS CERÂMICOS ALVEOLARES DE FURAÇÃO VERTICAL

Este tipo de bloco caracteriza-se, de uma forma geral, por possuir dimensões consideravelmente superiores às dos tijolos cerâmicos tradicionais, cujo desenho interior resulta numa geometria com furação vertical compacta e alveolada. Geralmente, possui sistema de encaixe lateral, permitindo a ausência de argamassa nas juntas verticais.

Normalmente, este tipo de bloco funciona em conjunto com outras peças especiais, de diferentes geometrias (cantos, lintéis, forras, etc.), que possibilitam aplicações inovadoras, ao contrário daquilo que acontece na construção tradicional.

A aplicação deste sistema poderá conduzir a uma redução da mão-de-obra e mesmo dos custos associados aos materiais, já que contribui para uma redução dos desperdícios em obra.

As características apresentadas, entre outras, contribuem ainda para um desempenho térmico e acústico melhorados comparativamente com os produtos tradicionais.

De seguida, na Figura 52, são apresentados alguns exemplos de blocos cerâmicos de furação vertical existentes no mercado nacional.



FIGURA 52: Exemplo de blocos cerâmicos alveolares de furação vertical.

3.2.1.1.2 - BLOCOS CERÂMICOS DE FURAÇÃO HORIZONTAL COM ENCAIXE

Estes blocos, tal como os tijolos tradicionais, são de furação horizontal, no entanto possuem uma geometria tal, que permite um encaixe vertical perfeito entre os elementos, dispensando-se assim a aplicação de argamassa nas juntas verticais (Figura 53).

O desenho interior dos blocos foi cuidadosamente estudado, de forma a não colocar em causa a sua resistência mecânica.

O processo construtivo conseguido através da aplicação deste bloco permite a redução do tempo de construção das paredes, economizando-se, de acordo com o fabricante, cerca de 50% da argamassa de assentamento. Dado que a furação horizontal é contínua, existe ainda a possibilidade de passagem de tubagem no seu interior, reduzindo-se a abertura de roços [31].

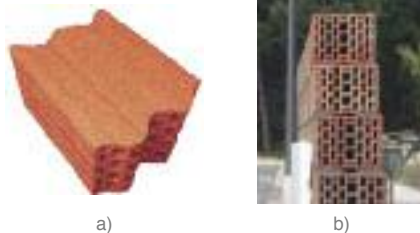


FIGURA 53: Blocos cerâmicos de furação horizontal: a) tijolo; b) aplicação na construção de uma parede.

3.2.1.1.3 - BLOCOS EM BETÃO

Os materiais mais usuais presentes no fabrico deste tipo de blocos são o betão normal e o betão leve com agregados de argila expandida que, dadas as suas características técnicas de isolamento, leveza e resistência, propiciam a criação de soluções de alvenaria inovadoras. Também neste caso, a geometria dos blocos constitui uma das características mais importantes para o seu desempenho térmico e acústico, sendo possível encontrar geometrias variadas, em função do parâmetro que se pretende otimizar.

Nos blocos com desempenho térmico melhorado é normal desencontrar os septos e criar um grande número de caixas-de-ar, de modo a aumentar a sua resistência térmica (Figura 54).



FIGURA 54: Exemplo de blocos térmicos em betão com agregados de argila expandida, com diferentes geometrias.

Existem também blocos que foram desenvolvidos especialmente para a execução de alvenarias, onde o desempenho acústico é um factor essencial (Figura 55). Estes blocos permitem a execução de paredes com elevado desempenho acústico, adequadas para a separação entre fogos, sem recorrer a panos de alvenaria dupla com isolamento no interior da caixa-de-ar, possibilitando soluções mais económicas, nomeadamente no que respeita ao tempo de execução e mão-de-obra.



FIGURA 55: Exemplo de blocos acústicos em betão com agregados de argila expandida, com diferentes geometrias.

3.2.1.2 - JANELAS

A optimização dos sistemas de caixilharia de forma a melhorar o desempenho térmico das janelas tem sido uma preocupação crescente nos últimos anos. Em perfis de alumínio, com resistência térmica inferior, a solução corrente tem sido a aplicação de poliâmidas a separar a face exterior da face interior dos perfis, formando uma barreira térmica resistente à passagem de calor. Como tal, têm vindo a surgir, no mercado, várias soluções de caixilharia que garantem altos desempenhos, estando ao nível de cumprir elevados requisitos, como é o caso dos impostos pela Passivhaus. Estas soluções são conseguidas através da concepção de perfis com uma envergadura considerável, compostos por materiais com uma baixa condutibilidade térmica, tais como madeira e PVC. De uma forma geral, tratam-se de soluções compósitas, existindo a incorporação de produtos isolantes (tal como a espuma de poliuretano) no interior dos perfis (Figura 56) [32]. Na Tabela 6 é feita uma breve apresentação do desempenho térmico de alguns tipos de perfis com alto desempenho.

TABELA 6: Desempenho térmico de caixilhos com diferentes produtos isolantes de preenchimento [32].

TIPO DE PERFIL	DESENHO ESQUEMÁTICO	PRODUTO ISOLANTE DE PREENCHIMENTO	U_f ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)
Perfil de madeira		PUR	0,65
Perfil de madeira com revestimento de alumínio preenchido com isolante		PUR e XPS	0,68
Perfil de PVC		PUR	0,71
Perfil de PVC com revestimento de alumínio preenchido com isolante		PUR	0,82
Perfil de alumínio		PUR	0,71
Perfil do aro fixo de madeira e perfil do aro móvel de alumínio		PUR	0,63
Sistema de fachada leve		PE e EPDM	0,65



FIGURA 56: Exemplo de caixilhos com elevado desempenho.

3.2.2 - INOVAÇÃO

3.2.2.1 - BLOCOS DE BETÃO COM ISOLAMENTO TÉRMICO

Trata-se de um bloco de betão de agregados densos e leves para alvenarias, com uma peça de isolante em poliestireno expandido (EPS) encastrada durante o processo de fabrico (Figura 57).

Este tipo de bloco é usado na execução de paredes simples e, como já possui isolamento térmico integrado, o tempo de montagem destes blocos é consideravelmente reduzido, quando comparado com os métodos tradicionais de construção.

Como características principais, tem sido promovido pelo fabricante o seu elevado desempenho térmico e acústico, resistência mecânica, assim como o tipo de furação, que permite a passagem de tubagens pelo seu interior, minimizando a abertura de roços.

De forma a otimizar esta solução construtiva, para além dos blocos representados na Figura 57, existe ainda uma série de acessórios para serem utilizados em cantos e zonas de pilar, assim como elementos de forra térmica para correcção de pontes térmicas.



FIGURA 57: Exemplo de bloco de betão com isolamento.

3.2.2.3 - ISOLAMENTO

3.2.2.2.1 - PAINÉIS DE ISOLAMENTO A VÁCUO

Os painéis de isolamento a vácuo são, em geral, elementos planos, constituídos por um material de núcleo poroso para suportar a carga externa causada pela pressão atmosférica e possuem na sua envolvente um material suficientemente estanque à passagem de gás, de forma a manter a qualidade requerida pelo vácuo (Figura 58).



FIGURA 58: Exemplo de um painel de isolamento a vácuo.

O núcleo é, normalmente, composto por materiais nanoestruturados, que permitem o alcance do nível de vácuo requerido e que conseguem preservá-lo.

O material envolvente do painel é o seu componente mais crítico. Este é responsável por manter o vácuo no interior do painel. Geralmente, são utilizados como barreira polímeros laminados que possuem polímeros metalizados ou lâminas de alumínio [33].

Os painéis de isolamento a vácuo têm a grande vantagem de possuírem um bom desempenho térmico e serem, geometricamente, pouco espessos. O seu desempenho pode ser 5 vezes superior à performance de um isolamento térmico tradicional. Podem ser aplicados na construção de edifícios, para o isolamento de paredes, coberturas e pavimentos [34].

Nos últimos tempos, têm sido realizados vários projectos-piloto na Europa utilizando painéis de isolamento a vácuo em fachadas de edifícios.

Embora estes painéis tenham um excelente desempenho térmico, o seu fabrico é ainda muito dispendioso. Para além disso, têm a desvantagem de poderem ocorrer fugas entre as juntas dos painéis.

3.2.2.3 - ABOBADILHAS EM EPS

As abobadilhas em EPS são usadas na construção de lajes aligeiradas de cobertura, possuem a mesma função do que as fabricadas noutros materiais, nomeadamente cerâmicas, isto é, servem de cofragem perdida (Figura 59). No entanto, poderão traduzir-se numa construção mais leve e rentável.

Os principais benefícios apostados pela ACEPE (Associação Industrial do Poliestireno Expandido) da aplicação deste tipo de abobadilhas são a significativa redução do peso das lajes (cerca de 30%), a sua contribuição para o aumento do desempenho térmico e acústico das coberturas, a facilidade e rapidez de aplicação em obra, devido ao baixo peso das abobadilhas [35].



FIGURA 59: Abobadilhas em EPS: a) figura esquemática; b) aplicação em obra.

3.2.2.4 - JANELAS

Apesar das soluções de vãos envidraçados correntemente usadas em Portugal, serem em madeira, alumínio ou PVC, começam a surgir, no mercado português, soluções inovadoras como é o caso das caixilharias totalmente fabricadas em fibra de vidro (Figura 60). A fibra de vidro é caracterizada por uma elevada resistência mecânica (permitindo grandes áreas de vãos envidraçados) e por um elevado desempenho térmico e acústico. Este tipo de sistemas apresenta elevada resistência à corrosão química, tornando-se ideal em ambientes agressivos, tais como ambientes da costa marítima.

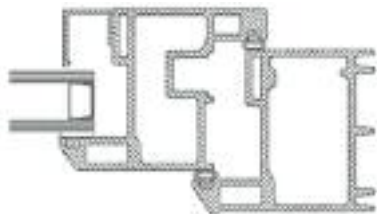


FIGURA 60: Perfil de caixilharia em fibra de vidro.

O desempenho térmico dos vãos envidraçados constituídos por vidros duplos ou triplos depende, não só do comportamento térmico do caixilho e do vidro, mas também da ligação entre os dois elementos que depende fortemente do tipo de espaçador utilizado no perímetro entre os vidros.

Os espaçadores mais utilizados no mercado das janelas são os espaçadores de alumínio (Figura 61 a)). Este tipo de sistemas surgiu nas décadas de 1960 e 1970 e continuaram a ser a preferência dos fabricantes até hoje, devido ao facto de apresentarem óptimas propriedades mecânicas e serem bastante económicos. O alumínio é no entanto um excelente condutor de calor, aumentando a perda de calor linear na zona de ligação caixilho-vidro, comprometendo desta forma o seu desempenho higratérmico, podendo potenciar a ocorrência de condensações.

Desta forma, tem havido uma preocupação crescente por parte dos fabricantes em desenvolver espaçadores de ruptura térmica que diminuam as perdas de calor associadas a estas ligações.

Os espaçadores constituídos por metais com menor condutibilidade térmica (Figura 61 b)), como é o caso do aço inoxidável, tornaram-se uma boa alternativa para alguns fabricantes. Outros têm optado por eliminar completamente os metais, optando por materiais com elevada resistência térmica (Figura 61 c)), como é o caso dos termoplásticos (policarbonato), fibra de vidro, silicone, espumas, entre outros. Alguns fabricantes optaram por sistemas híbridos (Figura 61 d) e e)) constituídos por metais e materiais de corte térmico, tais como, sistemas constituídos por espaçadores plásticos e um dessecante, ou por alumínio fino ou aço inoxidável adicionado a um espaçador de plástico [36].

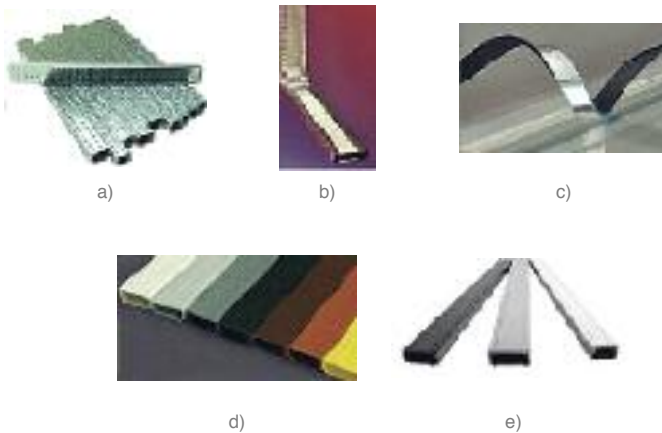


FIGURA 61: Espaçadores para vidros múltiplos: a) espaçador em alumínio; b) espaçador em aço inoxidável; c) espaçador não metálico; d) espaçador híbrido em plástico com elevada resistência térmica e alumínio ou aço inoxidável; e) espaçador híbrido em policarbonato e aço inoxidável.

Os espaçadores de ruptura térmica conduzem a valores de coeficiente de transmissão térmica linear, ψ , consideravelmente mais baixos, quando comparados com os perfis convencionais em alumínio, reduzindo assim o valor do coeficiente de transmissão térmica, U_w , da janela. No caso de uma janela com caixilharia de alumínio, com corte térmico e vidro duplo com baixa emissividade, o valor de ψ da ligação vidro-caixilho pode ser reduzido em cerca de 50%, caso se substitua o espaçador em alumínio por um espaçador em policarbonato [36].

3.2.2.5 - TECNOLOGIA DO VÁCUO EM VIDROS DUPLOS

As unidades de vidro duplo em vácuo são obtidas através da extracção do ar existente na caixa-de-ar, criando vácuo nesta. Mesmo uma pequena camada de vácuo é eficaz na redução das perdas de calor por condução e convecção. Deste modo, a distância entre os dois panos de vidro pode ser reduzido até apenas 0,2 mm, conferindo à unidade uma espessura total de apenas 6 mm. As perdas de calor por radiação continuam a carecer de tratamento através da aplicação de uma capa de baixa emissividade, similar à utilizada no vidro duplo convencional.

O uso de uma “caixa-de-ar” em vácuo, no vidro duplo, permite um nível de eficiência energética semelhante ao de uma unidade de vidro duplo convencional, empregando apenas um quarto da espessura.

O uso desta tecnologia direcciona-se, principalmente, ao mercado da reabilitação, podendo ser obtido um bom desempenho energético das janelas, sem comprometer a estética do edifício, uma vez que esta solução apresenta uma espessura mais próxima à de um vidro simples (Figura 62).



FIGURA 62: Esquema comparativo entre um vidro duplo normal e um vidro duplo com a tecnologia do vácuo.

3.2.2.6 - COBERTURAS VERDES

A construção e o meio ambiente têm sido sempre vistos como opostos. A construção em massa tem levado a um aumento das áreas impermeáveis, sobretudo em áreas urbanas, levando ao seu declínio ambiental. Uma solução prática para este problema poderá passar pela construção de uma cobertura verde. No entanto, existem algumas dúvidas, por parte dos donos de obra, acerca do uso desta tecnologia, devido ao seu custo inicial, manutenção, etc.

As coberturas verdes são constituídas, de uma forma resumida, pelo suporte, camada de forma, sistema de impermeabilização, isolamento térmico, camada de drenagem, camada filtrante e finalmente o substrato e a camada vegetal. Podem ser do tipo modular, como um todo, ou cada componente ser instalado separadamente.

As coberturas verdes podem fornecer uma ampla gama de benefícios públicos e privados, podendo ser utilizados para atenuar alguns problemas graves associados à água, calor e biodiversidade, pelo que, em alguns países, já surgiram leis que incentivam a uso de coberturas verdes em edifícios, como é o caso da Alemanha [37].

As principais vantagens desta tecnologia residem no facto de estas coberturas agirem como filtros de partículas, aliviando os problemas da má qualidade do ar e promoverem a redução das temperaturas das cidades, criando um microclima mais frio nas áreas urbanas. Para além do ambiente exterior, esta solução também produz efeitos no interior dos edifícios, verificando-se uma ligeira redução da temperatura, conduzindo a reduções no consumo de equipamentos de climatização.

Outro benefício destas coberturas é o facto de permitirem uma retenção da água das chuvas, podendo reter até cerca de 70% da pluviosidade anual, dependendo do clima da região, reduzindo-se, desta forma, a probabilidade de ocorrência de cheias e permitindo uma redução do diâmetro das tubagens das redes de drenagem de águas pluviais. Para além disso, a água da chuva ao ser filtrada na cobertura, poderá ficar com maior qualidade, podendo ser recolhida e aproveitada para rega ou descarga de autoclismos [37] [38].

De uma forma geral, existem dois tipos de coberturas verdes: as extensivas e as intensivas.

As coberturas verdes extensivas são normalmente designadas como “jardins” de cobertura inacessíveis. Não são projectadas para uso público e são desenvolvidas, principalmente, com fim estético e ecológico (Figura 63). Distinguem-se por possuírem um baixo custo, serem leves e possuírem substratos minerais pouco espessos. A manutenção é mínima, sendo realizada uma ou duas vezes por ano. Apenas é possível utilizar plantas específicas, tolerantes à seca, que se possam desenvolver em condições de água e nutrição limitadas. Estes sistemas podem ser adoptados às coberturas existentes, não havendo a necessidade de reforçar o suporte existente.



FIGURA 63: Exemplo de coberturas verdes extensivas.

As coberturas verdes intensivas são caracterizadas pelo facto de serem acessíveis e, por isso, para além das zonas ajardinadas, normalmente incorporam áreas de pavimentação e de estar (Figura 64). Esta técnica implica a execução de soluções mais pesadas e também de custos mais elevados, de investimento e de manutenção. Este tipo de sistema, praticamente não tem limitações em relação ao tipo de plantas utilizadas, podendo ser plantados arbustos ou até mesmo árvores, no entanto, tudo isto implica que o suporte seja convenientemente dimensionado, de modo a ser capaz de aguentar todas estas cargas [39].



FIGURA 64: Exemplo de coberturas verdes intensivas.

Para facilitar e aliciar a opção por este tipo de coberturas, existem empresas no mercado português a comercializar uma espécie de caixa, de “aplicação rápida”, onde se podem colocar plantas (Figura 65).

São compactas e leves, o que faz com que facilite a sua instalação e manuseamento. Apresentam uma solução completa, com tudo aquilo que uma cobertura verde pode necessitar: um substrato para horticultura, água tamponada para períodos de seca e é garantida a drenagem das águas durante períodos de maior pluviosidade.

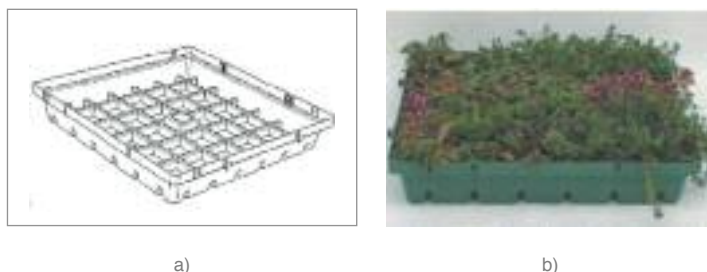


FIGURA 65: Solução para coberturas verdes: a) Esquema de uma “caixa”; b) Exemplo de “caixa” completa, com substrato e plantas.

Possuem um sistema de click rápido, que permite que as “caixas” sejam fixadas em conjunto, de modo a formarem uma unidade sólida sobre a cobertura, minorando os efeitos do vento, e podem ser adaptadas a coberturas com uma inclinação até 10%. Em coberturas com uma maior superfície, as “caixas” apresentam dispositivos que permitem uma fixação invisível à superfície onde serão instaladas.

3.2.2.7 - SISTEMAS DE CAPTAÇÃO E CONVERSÃO DE ENERGIA SOLAR

Existem no mercado sistemas baseados em painéis/módulos solares, de aplicação em fachadas ou coberturas e conversores de energia solar em energia térmica, para aquecimento do ar de renovação dos sistemas de ventilação, garantindo, de acordo com os fornecedores, um aumento da temperatura do ar que veio do exterior até 25°C (Figura 66). Esta solução é particularmente adequada a edifícios com elevados requisitos de ar novo exterior.

Esta tecnologia, combinada com instalações solares fotovoltaicas, permite a cogeração de energia térmica e energia eléctrica a partir da mesma fonte de energia renovável, o sol.

Tem como principais características a simplicidade e rapidez de instalação, permitindo a ligação a qualquer sistema de ventilação/climatização, mesmo em edifícios existentes que já possuam este tipo de sistema instalado. Possui curtos períodos de retorno de investimento (a partir de 2 anos), os painéis/módulos não necessitam de manutenção (períodos de vida superiores a 30 anos) e o sistema PV/T permite a produção simultânea de calor e electricidade (cogeração).

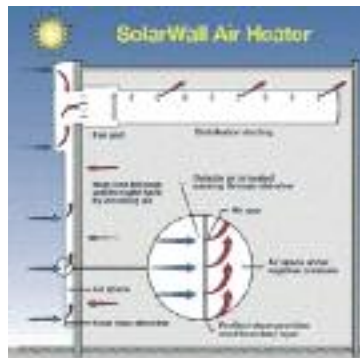


FIGURA 66: Princípio de funcionamento do sistema.

3.2.3 - PRODUTOS NÃO CORRENTES

3.2.3.1 - BLOCOS DE BETÃO CELULAR AUTOCLAVADO

Os blocos mais eficazes ao nível do isolamento são, sem dúvida, os fabricados a partir de betão celular autoclavado. Possuem a mesma dimensão que os blocos de betão correntes, no entanto têm a vantagem de possuir um melhor desempenho térmico e a sua leveza faz com que sejam mais facilmente manuseados em obra, permitindo uma construção rápida (Figura 67).

Estes blocos foram produzidos e comercializados, pela primeira vez, na Suécia em 1923 e têm como principais componentes, areia, cal e água. A particularidade destes blocos está na adição de pó de alumínio à mistura que, provocando uma reacção química com a cal, conduz à libertação de hidrogénio, formando pequenas bolhas por todo o material, conferindo-lhe a leveza característica. A cura dos blocos em autoclave provoca uma segunda reacção, dando ao betão uma maior resistência.



FIGURA 67: Exemplo da aplicação de blocos de betão celular autoclavado na construção de paredes.

3.2.3.2 - BLOCOS DE SILICATO DE CÁLCIO

Os blocos de silicato de cálcio são compostos por materiais naturais como a areia, agregado com alto teor em sílica, água e cal, como material ligante. A mistura é compactada sob grande pressão, para obter a forma do tijolo, e de seguida é autoclavada (Figura 68). Durante este processo, a cal reage com a sílica da areia, formando um material ligante semelhante ao cimento.

A sua produção requer um baixo consumo de energia, não contém substâncias prejudiciais e todo o material é completamente reciclável. Os blocos de silicato de cálcio apresentam-se em vários formatos e são rapidamente colocados em obra, tendo um acabamento pronto sem necessidade de revestimento. A sua inércia térmica é excelente.



FIGURA 68: Blocos de silicato de cálcio.

3.2.3.3 - VIDRO TRIPLO

As unidades de vidro triplo consistem em três panos de vidro, separados entre si por duas caixas-de-ar (Figura 69). Estas caixas-de-ar formam camadas resistentes à passagem de calor e reduzem a probabilidade de ocorrência de condensações. As unidades de vidro triplo podem propiciar valores de coeficiente de transmissão térmica (U_g) até $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, o que representa uma grande diferença relativamente ao convencional vidro duplo, o qual apresenta valores de coeficiente de transmissão térmica (U_g) que rondam os $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Este tipo de produto direcciona-se a edificações novas que apresentem uma envolvente com um bom desempenho térmico. Na reabilitação, onde a envolvente não apresenta um bom desempenho, não faz sentido o emprego de caixilharias com alto rendimento. Adicionalmente, o uso deste tipo de vidro necessita de caixilharia com uma espessura considerável, de modo a poder alojar a unidade de vidro triplo.

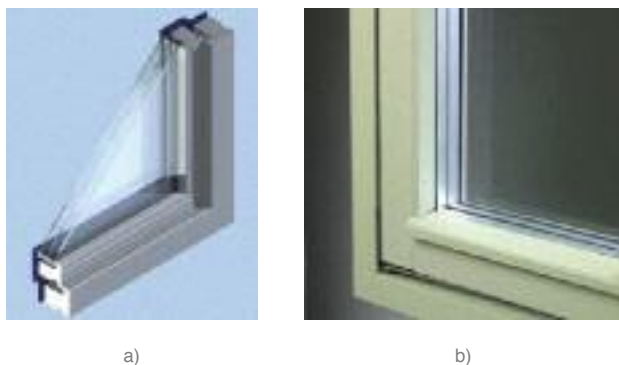


FIGURA 69: Vidro triplo para vãos envidraçados: a) figura esquemática de um vidro triplo instalado na caixilharia; b) janela com vidro triplo.

3.2.3.4 - ABERTURAS DE ADMISSÃO DE AR AUTO-REGULÁVEIS

A ventilação dos edifícios é um aspecto bastante relevante e que nem sempre é tido em devida consideração. Esta questão é sensível pois, por um lado, é necessário garantir determinados níveis de qualidade do ar no interior dos edifícios, devendo promover-se a renovação do ar, mas por outro, é necessário que esta renovação não seja realizada a partir de uma passagem de ar descontrolada, dando origem a infiltrações de ar indesejadas, podendo contribuir para um desconforto dos ocupantes.

De modo a chegar a um equilíbrio, é possível dotar as construções com determinados dispositivos que poderão contribuir para o controlo da admissão de ar no edifício. Um exemplo disso são as aberturas de admissão de ar auto-reguláveis, que não são mais do que dispositivos de admissão de ar que se auto-regulam em função da diferença de pressão ou da diferença de humidade relativa entre o ar interior e o ar exterior, tendo por objectivo manter um caudal constante de admissão [40].

Existe uma grande variedade de aberturas de admissão de ar auto-reguláveis, podendo ser integradas na caixilharia, instaladas nas paredes ou mesmo em caixas de estore. Existem modelos diferentes, consoante a respectiva pressão de funcionamento e podem possuir ou não tratamento acústico. Relativamente à pressão de funcionamento, deverá ter-se um cuidado especial na escolha do modelo, pois caso se opte por uma abertura com uma diferença de pressão muito elevada, esta poderá nunca funcionar correctamente no caso de essa diferença de pressão não ser atingida. Na Figura 70 e Figura 71 apresentam-se alguns exemplos dos diferentes tipos de sistema existentes no mercado.

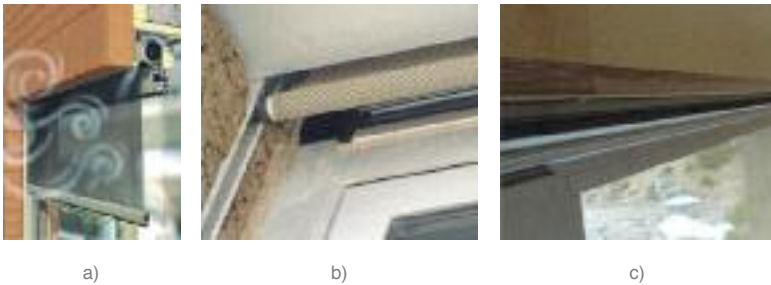


FIGURA 70: Abertura auto-regulável integrada na caixilharia: a) figura esquemática; b) situação real - vista exterior; c) situação real - vista interior.



FIGURA 71: Outros exemplos de dispositivos de admissão de ar: a) abertura auto-regulável integrada na caixa de estore; b) abertura auto-regulável de fachada.

Recomendações para uma correcta admissão de ar:

- Uso de grelhas auto-reguláveis de admissão de ar que garantam caudal nominal para 10 Pa ou valor inferior. Por outro lado, deve exigir-se a estes dispositivos um nível de isolamento acústico superior a 30 ou 33 dB, em função da solicitação acústica, em qualquer frequência, e a estanquidade à água, em ensaios efectuados de acordo com a normalização europeia;
- Controlo das infiltrações globais das habitações, particularmente, através das caixas de estore e portas exteriores. Quanto às portas, a baixa permeabilidade ao ar só é conseguida recorrendo, nomeadamente, a vedantes de borracha nas folgas e soleira rebaixada. A permeabilidade ao ar da caixilharia exterior deve ser limitada de acordo com a regulamentação portuguesa e recomendações do LNEC, preferencialmente deve ser da classe 3 ou classe 4;
- As admissões de ar deverão ser localizadas de forma a minimizar o risco de desconforto. Isto significa que devem ser, preferencialmente, colocadas a um nível elevado ($\geq 1,8$ m), nomeadamente, na padieira do vão e com o jacto direccionado para a janela [40].

3.3 - INOVAÇÃO DO MÉTODO CONSTRUTIVO

Depois de uma forte expansão do sector da construção, este enfrenta agora uma necessidade permanente de inovação, obrigando a um constante trabalho de investigação e desenvolvimento na definição de soluções e tecnologias construtivas.

Este aspecto deve conduzir a um estímulo para as empresas de construção civil, motivando-as para a realização de determinadas acções que conduzam à melhoria contínua da sua produtividade. Dada a grande competitividade entre as empresas que adoptam técnicas construtivas tradicionais, as empresas devem explorar oportunidades e apostar em novas técnicas de construção.

Para além disso, hoje em dia, também se verifica uma mudança no perfil dos clientes que consultam as empresas de construção, mostrando-se muito mais exigentes, no que respeita à qualidade da obra e do serviço pós-construção.

A qualidade do produto final pode ser obtida melhorando a eficiência dos processos de produção através, por exemplo, do incremento dos níveis de industrialização. Este é um método baseado em processos organizados de natureza repetitiva, ao contrário daquilo que se verifica nos métodos tradicionais de construção. Para além do controlo da qualidade das construções, outra vantagem deste método é a sua contribuição para a redução dos custos das empresas. Nota-se que muitas empresas estão a adoptar este método para aperfeiçoar os respectivos processos construtivos, optando por realizar grande parte das tarefas em fábrica e menos em obra ou em estaleiro [41].

As principais vantagens da pré-fabricação em detrimento da tecnologia tradicional de construção *in situ* são:

- Criação de rotinas de produção que possibilitam o controlo da qualidade, desde as matérias-primas até ao produto final;
- Planeamento e sistematização das tarefas a realizar em obra, promovendo uma maior rapidez na sua execução;
- Melhoria das condições de segurança, da estrutura do edifício e do pessoal envolvido na sua execução/montagem;
- Possibilidade de reaproveitamento de alguns materiais usados na fabricação dos produtos;
- Possibilidade de concepção do produto pensando na sua desconstrução e reaproveitamento;
- Redução da área de estaleiro;
- Redução da produção de resíduos inerentes à construção;
- Redução dos consumos de energia em obra;
- Redução dos custos de fiscalização;
- Redução dos custos de manutenção.

As técnicas de pré-fabricação modernas distinguem-se pela utilização de materiais modernos, pelo emprego de sistemas robustos de controlo de qualidade, que testam e avaliam os produtos e pela demonstração de conformidade regulamentar e durabilidade, verificada por entidades externas.

Nos últimos tempos, e como já foi enunciado, um dos benefícios deste método tem-se traduzido, principalmente, na redução de custos. No entanto, os métodos tradicionais, para comparação de custos, são baseados no custo inicial e não nos custos associados a todo o ciclo de vida da construção, pondo em desvantagem a pré-fabricação.

A pré-fabricação pode contribuir para a redução de uma grande parte dos resíduos, quando comparada com a construção tradicional in situ. Alguns estudos indicam que essa redução pode ser de 40%, no caso de tratar-se apenas da pré-fabricação de painéis, ou até de 90%, no caso de tratar-se da pré-fabricação de módulos completos [42].

Nesta secção serão abordados três tipos de construção pré-fabricada, sistemas de painéis, construção modular e ainda sistemas de montagem in situ, que compreendem elementos de isolamento térmico como cofragem perdida na betonagem dos elementos construtivos.

3.3.1 - SISTEMAS DE PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS

Os sistemas de painéis pré-fabricados consistem na execução em fábrica de painéis, que servem para executar os elementos da envolvente dos edifícios e que posteriormente são transportados para o local da obra, para a sua montagem.

Podem ser variados os materiais usados no fabrico destes painéis, como é o caso da madeira, o aço, resíduos da indústria automóvel e o PVC. De seguida faz-se uma breve descrição de cada um dos materiais enumerados.

3.3.1.1 - PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS EM MADEIRA

Dentro dos produtos em madeira, aqueles que mais se salientam na pré-fabricação são os painéis produzidos a partir de madeira lamelada-colada cruzada, que são correntemente denominados painéis X-Lam. Estes painéis são elementos de construção de grandes dimensões com capacidade estrutural, produzidos pela colagem de lamelas em camadas ortogonais. As dimensões máximas dos painéis são geralmente da ordem dos 2,95 m x 16,50 m, com espessuras entre 60 e 300 mm. As propriedades mecânicas e físicas dos painéis permitem a execução autónoma de paredes e pavimentos acumulando funções estruturais, de compartimentação ou de revestimento. Ao invés dos sistemas construtivos tradicionais em madeira, baseados em elementos lineares - vigas e pilares, as estruturas com painéis maciços de madeira possibilitam a transmissão de esforços bidimensionalmente em comportamentos típicos de laje ou placa. Os painéis formam assim elementos monolíticos capazes de executar paredes, pavimentos ou coberturas (Figura 72).

Os painéis X-Lam, tomando como referência uma massa volúmica de 500 kg/m^3 , possuem uma condutibilidade térmica de $0,13 \text{ W/(m}\cdot\text{°C)}$. Partindo destas características, uma solução típica de parede exterior alcança um coeficiente de transmissão térmica na ordem dos $0,375 \text{ W/(m}^2\cdot\text{°C)}$ com uma espessura total de 16 cm (painel X-Lam com 9,5 cm com 6,0 cm de isolamento). Destaca-se igualmente, no bom desempenho, a ausência de pontes térmicas planas, bem como, a redução significativa das pontes térmicas lineares [43].

Em termos ambientais, realça-se o balanço negativo no parâmetro “aquecimento global potencial a 100 anos” (GWP), com um valor entre os 820 e os 1050 kgCO_2eq .

Alguns exemplos deste sistema podem ser encontrados na construção, totalmente em madeira, de edifícios de habitação com vários pisos (Figura 73), escolas, jardins-de-infância, lares de idosos, hospitais e outros com igual exigência funcional.



FIGURA 72: Exemplo da montagem de painéis de X-LAM.



FIGURA 73: Esquema de montagem de edifício em altura com a tecnologia X-Lam.

3.3.1.2 - PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS EM AÇO LEVE

A construção em perfis de aço leve deriva do termo internacional Light Steel Framing (LSF) e usa o aço enformado a frio de reduzida espessura, normalmente galvanizado, como material principal dos elementos estruturais (Figura 74 a)).

Normalmente, durante a construção, as peças metálicas são revestidas através de uma solução que solidarize todos os seus elementos e que permita a distribuição das cargas. As placas de lâminas de madeira orientadas, mais conhecidas como placas OSB, são geralmente usadas para este efeito, devido à sua versatilidade, comportamento térmico e fácil aplicação. Depois de aplicadas em obra servem também de suporte para a fixação dos restantes materiais de revestimento/acabamento.

Tem como principais vantagens a rapidez na sua montagem, o facto de não necessitar de maquinaria pesada para a sua montagem e de possuir extrema flexibilidade, em termos de acabamentos para as superfícies exterior e interior (por exemplo ETICS e gesso cartonado, respectivamente). No entanto, esta tecnologia é usada maioritariamente na construção de edifícios de pouca altura, de um a três pisos (Figura 74 b)).



FIGURA 74: Construção com perfis de aço leve: a) montagem dos perfis; b) moradia com acabamentos.

Apesar de esta técnica ser aplicada essencialmente na construção de edifícios novos, também pode ser aplicada na reabilitação de edifícios existentes/antigos, especialmente na substituição de coberturas e pavimentos (Figura 75).

No caso particular da reabilitação de edifícios históricos, cujo acesso não é o mais fácil, a utilização de materiais leves poderá ser vantajosa, na medida em que as dificuldades de transporte e elevação são reduzidas.

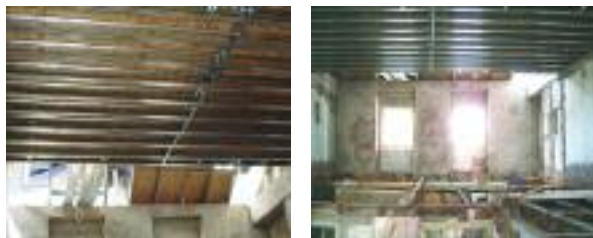


FIGURA 75: Exemplo da reabilitação de um edifício antigo com a tecnologia LSF.

3.3.1.3 - PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS COM RESÍDUOS DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

Tratam-se de painéis técnicos produzidos a partir da reciclagem de subprodutos da indústria automóvel, à base de espuma de poliuretano semi-rígida, papel kraft, tecido e fibra de vidro compactados (Figura 76 a)), contribuindo para a redução da exploração de recursos naturais e para a redução de resíduos enviados para aterro. Durante o processo de fabrico, os resíduos mencionados são triturados e moídos, seguidamente são misturados com uma resina, dando origem à manta base, que depois é prensada a alta temperatura. Têm como principais características, o facto de possuírem uma elevada estabilidade dimensional, maneabilidade, assim como um bom desempenho térmico (condutibilidade térmica inferior a $0,1 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$) e acústico (isolamento médio entre 34,7 e 36,7 dB), de acordo com dados dos fabricantes.

Podem ser combinados com outros materiais, de forma a potenciar as suas características. Um exemplo disso é a combinação com placas de gesso cartonado, resultando numa solução com elevado desempenho térmico e acústico e ainda com um bom acabamento.

Dadas as suas características, este produto permite aplicações muito diversificadas, tais como construção de habitações modulares, divisórias, cofragens, revestimento de paredes, isolamento térmico e acústico de pavimentos, fachadas ventiladas, etc (Figura 76 b)).



FIGURA 76: Painéis de resíduos da indústria automóvel: a) painel; b) exemplo da sua aplicação na construção de habitações.

3.3.1.4 - PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS EM PVC

Trata-se de um produto extremamente recente e inovador, que usa perfis extrudidos de policloreto de vinilo (PVC), com estrutura alveolar, para a construção de paredes autopor-tantes de moradias (Figura 77). Os perfis são leves e possuem encaixe entre si, permitindo uma rápida e fácil montagem e têm ainda a vantagem de poderem ser reutilizados e/ou reciclados. A geometria dos referidos perfis de PVC foi estudada para permitir uma fácil ligação entre perfis na construção de paredes contínuas, possibilitando simultaneamente a colocação de infra-estruturas no seu interior sem prejudicar a resistência do conjunto. Os perfis têm seção trapezoidal, com encaixe do tipo “macho-fêmea”, permitindo acoplar as peças no mesmo plano ou formando cantos (Figura 77). Relativamente à cobertura, está prevista a aplicação de painéis sanduíche inclinados.

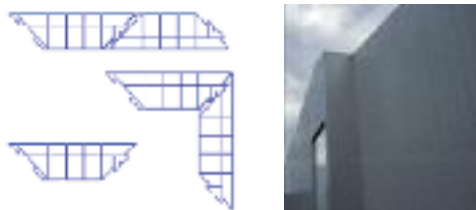


FIGURA 77: Construção em painéis de PVC: a) Esquema do perfil; b) Protótipo.

Quanto aos acabamentos, no caso de não se pretender manter o acabamento natural dos perfis, é possível a aplicação de pintura (Figura 78) ou a colagem de materiais de revestimento, tais como materiais cerâmicos ou de madeira.



FIGURA 78: Aplicação de pintura sobre os painéis em PVC.

3.3.2 - SISTEMAS MODULARES

Os sistemas modulares são sistemas construtivos que envolvem a execução de módulos com dimensões normalizadas, que podem ser acoplados horizontalmente e, em certos casos, também verticalmente, para a construção de edifícios. A construção modular pressupõe que todos os acabamentos definidos em projecto sejam totalmente executados em fábrica, assim como todas as instalações do edifício, por exemplo rede eléctrica e redes de água e saneamento, ficando apenas as ligações finais às redes exteriores por realizar em obra.

Este conceito poderá ser aplicado a uma escala mais reduzida, construindo apenas alguns compartimentos que depois são integrados em edifícios de construção tradicional, tais como instalações sanitárias e cozinhas. Nestes casos, os módulos podem ser não estruturais.

Os referidos módulos podem ser executados em diversos materiais, como é o caso da madeira, betão, aço ou granito.

São já vários os sistemas de construção modular existentes no mercado nacional. São normalmente usados na construção de equipamentos para a hotelaria (bares, balneários, bangalows, etc.) e até mesmo de escritórios e edifícios de habitação.

De seguida apresentam-se alguns exemplos de construção modular, nos diferentes materiais comercializados em Portugal.

3.3.2.1 - SISTEMAS MODULARES EM MADEIRA

As casas modulares em madeira possuem uma forte vertente de sustentabilidade, devido à utilização de um material natural na sua construção. No entanto, o custo elevado associado a uma madeira de qualidade implica que a sua implementação em Portugal não seja a mais favorável. Na Figura 79 e Figura 80 é apresentado um exemplo de um sistema de construção modular em madeira.



FIGURA 79: Transporte de uma construção modular em madeira.



FIGURA 80: Aspecto final de uma construção modular em madeira.

3.3.2.2 - SISTEMAS MODULARES EM BETÃO

A prática da construção modular em betão já se encontra implementada em Portugal há algum tempo. As casas modulares de betão permitem aliar as vantagens da modularidade e da construção tradicional, mantendo a robustez da construção corrente, associada a uma maior versatilidade e menor custo. Na Figura 81 e Figura 82 é apresentado um exemplo de um sistema de construção modular em betão reforçado com fibras.



FIGURA 81: Exemplo de construção de uma habitação em módulos de betão reforçado com fibras.



FIGURA 82: Exemplo de construção de uma unidade hoteleira em módulos de betão reforçado com fibras.

3.3.2.3 - SISTEMAS MODULARES EM AÇO

A construção modular em aço pode ser associada a princípios de aço leve (*Light Steel Framing*), já abordado na secção 3.3.1.2, que permite reduzir radicalmente o peso próprio da casa modular, bem como o seu tempo de construção. As casas modulares de aço são muito resistentes às acções sísmicas e bastante personalizáveis. São sobretudo construídas em aço zincado ou galvanizado (Figura 83 e Figura 84).



FIGURA 83: Aspecto final de construção executada em módulos de aço zincado e acabamento em alumínio/zinco.



FIGURA 84: Aspecto final de construção executada em módulos de aço galvanizado.

Para além dos exemplos descritos, existe também uma solução no mercado que combina o granito com este tipo de construção modular em aço. Para além da sua estrutura interior em aço, estas construções possuem uma camada exterior em granito com 20 cm de espessura. Quando concluídas, estas são transportadas para o terreno em causa e são instaladas sobre uma laje de betão ou em pilares de granito (Figura 85).



FIGURA 85: Transporte e montagem de uma construção modular em granito.

3.3.3 - MONTAGEM *IN SITU*

Nesta secção são abordados dois exemplos de construção *in situ*, que usam sistemas de painéis de isolamento como cofragem perdida para a betonagem dos elementos construtivos.

3.3.3.1 - SISTEMA DE PANO DUPLO DE ISOLAMENTO EM XPS OU ICB

Trata-se de um sistema construtivo em betão armado, composto por perfis metálicos ultraleves e placas de poliestireno de alta densidade, que formam painéis de cofragem perdida na execução da estrutura de betão armado, ficando integradas no elemento resistente (Figura 86).

Os perfis de aço vêm de fábrica previamente fixados nos painéis de cofragem, reduzindo-se, desta forma, o tempo de execução da estrutura, uma vez que a actividade de armação de ferro deixa de ser necessária.

Uma vez que a cofragem é realizada através das placas de poliestireno expandido extrudido (XPS) ou aglomerado de cortiça expandida (ICB), deixa de ser necessário o isolamento do edifício numa fase posterior.

Resumidamente, o processo construtivo baseia-se na execução de painéis em fábrica que são transportados para obra prontos a ser montados. Existe ainda a possibilidade de integrar, na fase de fabrico, a caixilharia, pré-acabamento interior e exterior, assim como a pré-instalação das redes técnicas.

Após a montagem dos painéis, em obra, segue-se o processo de betonagem, em que paredes e lajes são betonadas na mesma operação, utilizando um betão fluido.

No que respeita aos prazos de execução, comparativamente ao sistema de construção tradicional, estes são consideravelmente mais reduzidos, assim como a respectiva mão-de-obra (até 70%).

Devido ao elevado isolamento térmico desta solução construtiva, poderá verificar-se uma poupança até 80% da energia utilizada na climatização.

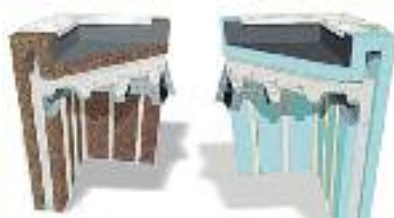


FIGURA 86: Esquema do sistema de pano duplo de isolamento em XPS ou ICB.

Em termos de arquitectura, este sistema permite a execução de edifícios de qualquer dimensão ou forma, de acordo com o projecto, podendo ser revestidos com uma grande variedade de materiais, quer pelo interior, quer pelo exterior, como por exemplo estuque, materiais cerâmicos, apainelados de madeira ou gesso cartonado, pintura, etc.

Este sistema foi já posto em prática, tendo sido utilizado na obra de ampliação do Hospital Distrital de Faro (Figura 87).



FIGURA 87: Imagens da aplicação do sistema na obra de ampliação do Hospital Distrital de Faro: a) Fase de montagem; b) Fase de acabamentos.

3.3.3.2 - SISTEMA ICF

O sistema ICF, do inglês *Insulated Concrete Forms*, consiste num sistema de construção constituído por blocos isolantes em poliestireno expandido (EPS), que, após a sua montagem em obra, são preenchidos com betão armado, dando origem às paredes exteriores dos edifícios. Os blocos são transportados para obra em painéis e só são armados no local. Este sistema alia a elevada resistência mecânica, derivada da estrutura de betão armado, aos altos desempenhos térmico e acústico, devido às camadas de isolamento presentes nesta solução.

As placas de EPS que formam o bloco encontram-se ligadas entre si, através de elementos metálicos. Possuem uma forma com entalhes, que permitem o encaixe dos blocos, proporcionando uma rápida montagem (Figura 88).

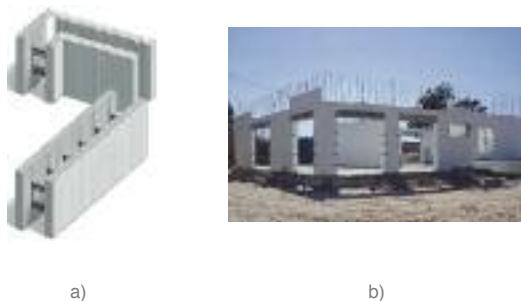


FIGURA 88: Sistema ICF: a)Esquema dos blocos; b) Aplicação do sistema na construção de uma moradia.

Ao nível dos acabamentos, este sistema permite uma escolha diversificada de materiais, podendo ser utilizados barramentos próprios para EPS, revestimentos cerâmicos, pedras naturais, revestimentos metálicos, de madeira, painéis fenólicos, entre outros.

4 - AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE DESEMPENHO ENERGÉTICO E DA SUSTENTABILIDADE DA CONSTRUÇÃO

Desde há alguns anos que a Comissão Europeia tem vindo a pressionar para que os produtos energéticos eficientes sejam vendidos no mercado europeu. Actualmente existem três tipos de iniciativas que têm impulsionado nessa direcção:

- A Directiva 2005/32/EC [44] e respectiva formulação 2009/125/EC [45] (*Ecodesign Directive*) sobre os produtos relacionados com o consumo de energia, que visa estabelecer requisitos mínimos concepção ecológica para os produtos vendidos no mercado europeu;
- A Directiva 92/75/CEE [46] e respectiva reformulação 2010/30/EU [47] (*Energy Labelling Directive*), que visa definir rótulos e outras indicações uniformes para os produtos relacionados com o consumo de energia;
- A Directiva relativa ao Ecolabel [48] baseia-se na ideia de criação de um sistema voluntário e tem como objectivo premiar os produtos mais eficientes em termos energéticos.

4.1 - SELECÇÃO DE PRODUTOS E MATERIAIS SUSTENTÁVEIS

Actualmente são muitos os instrumentos e ferramentas disponíveis que visam ajudar na selecção de produtos e materiais sustentáveis, tais como os rótulos ambientais de produto, sistemas de certificação ambiental e da sustentabilidade na construção e plataformas onde são disponibilizadas bases de dados com informação acerca de produtos e materiais sustentáveis.

O objectivo global dos rótulos e declarações ambientais é estimular a procura e a oferta dos produtos que têm um menor impacto sobre o ambiente, através de uma comunicação e informação verificável, precisa, que não induza em erro, relativa aos aspectos ambientais dos produtos, estimulando deste modo, o potencial de melhoria contínua induzida pelo mercado. Esta ferramenta permite aos clientes e consumidores rotularem os bens/serviços como ambientalmente adequados, conduzindo à sua diferenciação no mercado.

Existem três tipos de rótulos e declarações:

- Tipo I - Rótulos ambientais (ISO 14024:1999 [49]): são baseados em critérios ambientais múltiplos estabelecidos por uma entidade independente. Os critérios são desenvolvidos para uma categoria de produto específica e indicam a preferência ambiental global de um produto baseada em considerações de ciclo de vida. Fornecem informação ambiental qualitativa, na forma de rótulo, facilmente comunicável, mas podendo resultar numa perda de informação. A atribuição do rótulo é sujeita a revisão por uma terceira parte;
- Tipo II - Auto-declaração (ISO 14021:2008 [50]): poderão ser efectuadas por fabricantes, importadores, distribuidores, retalhistas ou qualquer entidade passível de beneficiar de tais alegações. A garantia de fiabilidade é essencial, por isso é importante que a verificação seja conduzida de forma adequada para evitar efeitos adversos no mercado. A metodologia de avaliação utilizada para efectuar as alegações ambientais deverá ser clara, transparente, cientificamente sólida e documentada, de forma a assegurar a validade das alegações aos compradores ou compradores potenciais dos produtos;
- Tipo III - Declarações ambientais (ISO 14025:2009 [51]): apresentam informação ambiental quantificada sobre o ciclo de vida de um produto de forma a permitir comparações entre produtos que desempenham a mesma função. Requerem revisão por parte de uma terceira parte, como os rótulos ambientais do Tipo I.

Na Tabela 7 identificam-se as principais diferenças entre os vários tipos de rótulos e declarações, descritos anteriormente.

TABELA 7: Comparação entre os vários tipos de rótulos e declarações ambientais.

	TIPO I	TIPO II	TIPO III
NOME GENÉRICO	Rótulos ecológicos	Auto-declarações ambientais	Declarações ambientais
NORMA ISO	14024:1999	14021:2008	14025:2009
PÚBLICO ALVO	Consumidor	Consumidor	Empresas/Consumidor
MÉTODO DE COMUNICAÇÃO	Rótulo ambiental	Texto e símbolo	Ficha de dados ambientais
INFORMAÇÃO AMBIENTAL	Qualitativa	Qualitativa	Quantitativa
CERTIFICAÇÃO OBRIGATORIA	Sim	Não	Sim
ÂMBITO	Todo o ciclo de vida	Parte do ciclo de vida	Todo o ciclo de vida
BASEADO NA ACV (*)	Não	Não	Sim
CRITÉRIOS AMBIENTAIS	Sim	Não	Não
CATEGORIAS DE PRODUTO	Sim	Não	Sim

(*) Análise de ciclo de vida.

Dos três tipos de rótulos e declarações referidos, as declarações ambientais de produto (DAP) são as únicas que usam a metodologia de análise de ciclo de vida (ACV), segundo a norma ISO 14025:2009. Os rótulos ambientais apenas empregam uma abordagem simplificada de ciclo de vida, segundo a norma ISO 14024:1999 e não a ACV, e as auto-declarações apenas consideram uma parte do ciclo de vida ou um único aspecto ambiental, de acordo com a norma ISO 14021:2008, tais como a utilização de materiais reciclados ou o consumo reduzido de energia.

As DAP têm ainda a particularidade de poderem ser usadas, quer na comunicação interempresas, quer entre a empresa e o consumidor, fornecendo informação para a avaliação dos impactes ambientais dos produtos, durante o seu ciclo de vida, ao contrário dos rótulos ambientais e das auto-declarações, que não possuem esse tipo de informação e cujo público-alvo é apenas o consumidor.

As DAP baseiam-se ainda nas regras para a categoria de produto (RCP) e por isso permitem a comparação entre produtos que possuem a mesma função. Revelam também o desempenho ambiental do produto para determinadas categorias de impacte, definidas nas RCP, não indicando, no entanto, se o produto é ambientalmente melhor.

Na obtenção do rótulo para cada categoria de produto, no caso dos rótulos ambientais, são definidos critérios a cumprir. Contrariamente, como base, as auto-declarações não têm regras nem critérios pré-estabelecidos para uma categoria de produto, não existindo um programa que estabeleça o seu conteúdo.

De seguida dão-se alguns exemplos de outras ferramentas.

4.1.1 - RÓTULOS AMBIENTAIS DE PRODUTO

Actualmente, o Anjo Azul Alemão (*Blue Angel*, 2010), o Cisne Nórdico Norueguês (NEB, 2001) e o Rótulo Ecológico Europeu (Parlamento Europeu, 2010) são exemplos de vários programas existentes na Europa, que podem ter diferentes graus de implementação a nível nacional, multinacional e europeu. Todos eles possuem uma característica em comum, incluem instruções sobre a concepção do produto e a gestão do seu fim de vida, assim como informação sobre as características dos materiais e componentes existentes na sua constituição, entre outras.

Na Tabela 8 encontram-se listados alguns exemplos de rótulos ambientais de produto existentes na Europa.

TABELA 8: Listagem de rótulos ambientais de produto existentes na Europa.

DESIGNAÇÃO	ORIGEM	ENDEREÇO ELECTRÓNICO
Rótulo Ecológico Europeu (Ecolabel)	União Europeia	www.ecolabelindex.com
Blue Angel	Alemanha	www.blauer-engel.de/en/index.php
Rótulo Ambiental Nórdico (Nordic Swan)	Noruega, Finlândia, Islândia, Dinamarca, Suécia	www.svanen.se
NF Environnement	França	www.marque-nf.com
Umweltzeichen	Áustria	www.umweltzeichen.at
Milieukeur	Holanda	www.smk.nl/nl/s357/SMK/Programma-s/Milieukeur/c324-Milieukeur
AENOR - Medio Ambiente	Espanha	http://www.aenor.es/aenor/certificacion/mambiente/medio_ambiente.asp

O aumento da eficiência energética tem sido, é, e será, um ponto de elevada importância para a diminuição do consumo energético. Neste sentido, a união europeia publicou a directiva 2010/30/EU [47], transposta para Portugal pelo Decreto-Lei 63/2011 [52], que estabelece um conjunto de regras para que se normalize a informação acerca do consumo de energia, por meio de rotulagem. A directiva é aplicável aos produtos com impacto significativo no consumo de energia, directo ou indirecto. Uma vez que os vãos envidraçados têm impacto indirecto no consumo energético de edifícios, são um dos sistemas que pode vir a beneficiar de um sistema de classificação energética.

A nível nacional, a ADENE - Agência para a energia e a ANFAJE - Associação Nacional dos Fabricantes de Janelas Eficientes, formalizaram um acordo para a caracterização do desempenho energético de janelas. Este desempenho é obtido através do Sistema de Etiquetagem Energética de Produtos (SEEP), baseando-se, para o caso das janelas, na norma ISO 18292:2011 [53], que especifica os procedimentos para a determinação da classificação energética dos vãos envidraçados.

Espera-se que a metodologia esteja em fase de testes a partir de Setembro de 2012 e em funcionamento pleno a partir de Janeiro de 2013.

O sistema de etiquetagem final de janelas irá permitir ao consumidor final, utilizar o desempenho energético para a selecção dos produtos, permitindo uma redução nos consumos energéticos associado à climatização, e melhorando o conforto térmico.

4.1.2 - DECLARAÇÕES AMBIENTAIS DE PRODUTO

As declarações ambientais de produto (DAP) apresentam informação ambiental quantificada sobre o ciclo de vida de um produto, revista por parte de uma terceira parte independente, de forma a permitir comparações entre produtos que desempenham a mesma função, estimulando a procura de produtos e serviços que causam menores impactes no ambiente.

O EPD - *The Green Yardstick da Suécia*, o *Institut Bauen und Umwelt da Alemanha* e o *Dap habitat de Portugal* são exemplos de sistemas de verificação e registo de declarações ambientais de produto existentes na Europa e encontram-se listados na Tabela 9.

TABELA 9: Listagem de sistemas de verificação e registo de declarações ambientais de produto existentes na Europa.

DESIGNAÇÃO	ORIGEM	ENDEREÇO ELECTRÓNICO
EPD - The Green Yardstick	Suécia	www.environdec.com
Institut Bauen und Umwelt	Alemanha	bau-umwelt.de/hp481/Environmental-Product-Declarations-EPD.htm
Dap habitat	Portugal	www.daphabitat.pt/

4.1.3 - SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DA CONSTRUÇÃO

Os sistemas de avaliação da sustentabilidade da construção permitem a avaliação do desempenho ambiental dos edifícios, face a um conjunto de critérios, baseando-se na atribuição de uma pontuação por cada nível de desempenho atingido e o modo como a pontuação total atribuída ao edifício é demonstrada. Estes sistemas assentam em: racionais que valorizam uma organização lógica e apelativa dos critérios, os quais estão associados a uma pontuação estabelecida à priori; na definição de ponderações entre os diferentes critérios; e, no estabelecimento de uma escala de desempenho.

Os utilizadores destes sistemas são normalmente os proprietários, projectistas e gestores e, no geral, as abordagens existentes dão maior destaque ao mercado dos escritórios e edifícios comerciais [54].

O BREEAM do Reino Unido e o LEED dos E.U.A. são dois exemplos destes sistemas de avaliação, direccionados para edifícios residenciais, de escritórios, comerciais ou outros, que utilizam critérios e modos de reconhecimento específicos.

Na Tabela 10 encontram-se listados mais alguns exemplos de sistemas de avaliação da sustentabilidade da construção, para além dos mencionados.

TABELA 10: Listagem de sistemas de avaliação da sustentabilidade da construção.

DESIGNAÇÃO	ORIGEM	ENDEREÇO ELECTRÓNICO
BREEAM	Reino Unido	www.breeam.org
LEED	E.U.A.	www.leed.net
LiderA	Portugal	www.lidera.info
SBTOOL	Canadá	http://www.iisbe.org/sbtool-2012

4.1.4 - PLATAFORMAS INFORMATIVAS

São plataformas que, apesar de não possuírem informação exaustiva sobre produtos e serviços, são exemplos da necessidade de concentrar informação. De uma forma geral, são plataformas online que disponibilizam informação acerca de produtos e serviços sustentáveis, servindo sobretudo para orientar os consumidores em escolhas mais sustentáveis. Para além de se basearem na informação disponibilizada pelos fornecedores, algumas dessas plataformas contam ainda com informação acerca da avaliação do ciclo de vida dos produtos e a sua classificação realizada através das ferramentas referidas nas subsecções anteriores.

Na Tabela 11 encontram-se listados mais alguns exemplos de plataformas informativas existentes a nível nacional e internacional.

TABELA 11: Listagem de plataformas informativas.

DESIGNAÇÃO	ORIGEM	ENDEREÇO ELECTRÓNICO
Good Guide	E.U.A.	www.goodguide.com/about/methodology
Base de dados de productes	Espanha	www.csostenible.net/index.php/ca/productes
Green Guide to Specification	Reino Unido	www.bre.co.uk/greenguide/podpage.jsp?id=2126
Planeta Azul	Portugal	www.planetazul.pt
Largemind		www.largemind.pt
4Rs		www.4rs.pt
Top Ten		www.topten.pt
nano@construção		www.nanoatconstrucao.org

4.2 - EVOLUÇÃO LEGISLATIVA E GRAU DE EXIGÊNCIA AO NÍVEL DA SUSTENTABILIDADE DA CONSTRUÇÃO EXPECTÁVEL PARA AS PRÓXIMAS DÉCADAS

4.2.1 - INTRODUÇÃO

Hoje em dia, o desafio da energia é um dos maiores testes enfrentados pela Europa, devido sobretudo aos preços crescentes da energia e à dependência da sua importação, que põem em causa a competitividade dos seus países. De forma a contornar esses problemas, a *Energy 2020 Strategy* fornece uma estrutura sólida e ambiciosa a nível Europeu para a política energética, definindo as prioridades energéticas para os próximos dez anos. Define ainda as acções que deverão ser tomadas, nomeadamente 20% de poupança de energia até 2020, a livre circulação da energia, energia segura e acessível, mudança tecnológica e uma forte parceria internacional.

Entretanto, a 15 de Dezembro de 2011, a Comissão Europeia adoptou a Comunicação *Energy Roadmap 2050*. A UE está empenhada em reduzir as emissões de gases com efeito de estufa em 80-95% abaixo dos níveis de 1990 até 2050, no contexto das reduções necessárias por parte dos países desenvolvidos. No *Energy Roadmap 2050*, a Comissão analisa os desafios colocados à UE para a descarbonização e, ao mesmo tempo, garantir a segurança do aprovisionamento energético e competitividade. Baseado na análise de um conjunto de cenários, o documento descreve as consequências de um sistema energético sem carbono e o quadro político necessário, permitindo aos estados membros tomar as escolhas necessárias no que toca à energia e criar um clima de negócios estável para o investimento privado, até 2030.

A análise é baseada em cenários ilustrativos, criados através de várias combinações dos quatro principais meios de descarbonização (eficiência energética, energias renováveis, energia nuclear e captura e armazenamento de carbono).

Este documento identifica um determinado número de elementos, os quais provocam impactos positivos em todas as circunstâncias, e, assim, define alguns resultados importantes, tais como:

- A descarbonização dos sistemas energéticos é tecnicamente e economicamente possível. Todos os cenários permitem atingir o objectivo de redução de emissões e podem ser menos onerosos do que as actuais políticas a longo prazo;

- A eficiência energética e as energias renováveis são críticas. Independentemente do tipo de energia escolhida, uma maior eficiência energética e maiores quotas de energias renováveis são necessárias para atingir os objectivos de CO₂ em 2050. Os cenários mostram que a electricidade terá um papel mais preponderante do que na actualidade. O gás, petróleo, carvão e energia nuclear figuram em todos os cenários, mas em proporções diferentes, permitindo aos estados manter opções flexíveis, no que toca ao seu fornecimento de energia;
- As decisões de investimento nas infra-estruturas necessárias em 2030 devem ser tomadas agora, uma vez que as infra-estruturas com 30 a 40 anos necessitam substituição. Agindo de imediato, podem evitar-se mais mudanças em vinte anos. A energia da EU necessita de modernização e de infra-estruturas mais flexíveis;
- Os investimentos feitos agora conduzirão a melhores preços no futuro. Os preços da electricidade subirão inevitavelmente até 2030, mas poderão então cair, devido ao baixo custo do fornecimento, políticas de poupança e tecnologias melhoradas. Todos os cenários levam à descarbonização sem diferenças maiores, no que toca a custos globais ou implicações de segurança ou de fornecimento;
- São necessárias economias de escala, para que resultem em custos mais reduzidos e fornecimento seguro. Isto inclui um mercado energético universal, o qual deve estar completo até 2014.

De seguida identificam-se as políticas europeias e os mecanismos que estão a ser utilizados relativamente à energia, em particular aplicável à indústria da construção.

4.2.2 - POLÍTICA EUROPEIA PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

As políticas energéticas europeias são implementadas por via da publicação de diversos documentos legislativos, nomeadamente através da publicação de Directivas Europeias. Uma Directiva é um documento que impõe aos estados membros a obtenção de determinado resultado sem, no entanto, impor a forma de chegar a esse resultado.

Assim sendo, cada estado membro é livre de definir requisitos específicos ao nível nacional que conduzam à aplicação dos objectivos traçados ao nível Europeu, o que se traduz na transposição de uma Directiva em legislação nacional. De seguida são enumerados os mais relevantes documentos legislativos europeus no âmbito deste estudo de mercado, actualmente em vigor:

Eficiência Energética em Edifícios

- Directiva 2010/31/UE [8] do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação);
- Regulamento Delegado (UE) n.º 244/2012 [9] da Comissão de 16 de Janeiro de 2012 que complementa a Directiva 2010/31/UE [8] do Parlamento Europeu e do Conselho relativa ao desempenho energético dos edifícios, através do estabelecimento de um quadro metodológico comparativo para o cálculo dos níveis óptimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético dos edifícios e componentes de edifícios;

Rotulagem Energética de Equipamentos Domésticos

- Directiva 2010/30/EU [47] do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Maio de 2010 relativa à indicação do consumo de energia e de outros recursos por parte dos produtos relacionados com a energia, por meio de rotulagem e outras indicações uniformes relativas aos produtos (reformulação);

Eco-design de Produtos

- Directiva 2009/125/CE [45] do Parlamento Europeu e do Conselho de 21 de Outubro de 2009 relativa à criação de um quadro para definir os requisitos de concepção ecológica dos produtos relacionados com o consumo de energia (reformulação);

Energias Renováveis

- Directiva 2009/28/CE [55] do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Abril de 2009 relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis que altera e subseqüentemente revoga as Directivas 2001/77/CE [56] e 2003/30/CE [57];

Cogeração

- Directiva 2004/8/CE [58] do Parlamento Europeu e do Conselho de 11 de Fevereiro de 2004 relativa à promoção da cogeração com base na procura de calor útil no mercado interno da energia e que altera a Directiva 92/42/CEE [59] relativa às exigências de rendimento para novas caldeiras de água quente alimentadas com combustíveis líquidos ou gasosos;

Eficiência na Utilização Final de Energia e Serviços Energéticos

- Directiva 2006/32/CE [60] do Parlamento Europeu e do Conselho de 5 de Abril de 2006 relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos e que revoga a Directiva 93/76/CEE [61] do Conselho.

4.2.3 - REQUISITOS DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS

A Directiva Europeia 2002/91/CE [62], relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD) foi inicialmente publicada a 16 de Dezembro de 2006 com o objectivo geral da promoção da melhoria do desempenho energético dos edifícios, através da definição de um conjunto de princípios gerais e objectivos alcançáveis através de um sistema de requisitos mínimos de desempenho energético. Este documento atribuiu ainda a cada Estado-Membro a responsabilidade da transposição das referidas directrizes para legislação nacional. Em Portugal, esta directiva comunitária foi transposta em três documentos legislativos correspondentes ao Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) [63], ao Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) [64] e ao Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) [3].

A EPBD foi reformulada através da publicação da Directiva Europeia 2010/31/EU [8] de 19 de Maio de 2010 que veio clarificar alguns dos aspectos do documento anterior e rever e reforçar os requisitos impostos. Entre outros pontos, a nova EPBD apresenta um mecanismo de benchmarking dos requisitos de desempenho energético nacionais, nomeadamente para efeitos de determinação dos níveis óptimos a serem utilizados pelos Estados-Membros na comparação e definição dos requisitos mínimos de qualidade térmica. A versão anterior da EPBD incluía directrizes gerais para a determinação do desempenho energético de edifícios e impunha a adopção de requisitos energéticos por parte dos estados membros, contudo não impunha quaisquer condições relativas ao nível de ambição desses requisitos. Consequentemente, os documentos legislativos de cada país foram sendo desenvolvidos com base em diferentes abordagens influenciadas pela construção tradicional, pelas políticas e pelas condições dos mercados locais, o que resultou em diferentes níveis de exigência. Nomeadamente, em Portugal, resultaram os requisitos relativos à qualidade térmica da construção de edifícios de habitação, já apresentados na secção 2.5.1 deste documento.

A nova EPBD, ao introduzir novas exigências, obriga a uma alteração dos diplomas actualmente em vigor em Portugal, nomeadamente a uma revisão dos valores dos requisitos mínimos de desempenho energético do edifício e dos componentes da envolvente térmica do mesmo, tendo em conta o princípio do custo óptimo, e de acordo com quadro metodológico comparativo estabelecido no Regulamento Delegado n.º 244/2012 [9] da Comissão Europeia. Este documento especifica as regras para a comparação de medidas de eficiência energética, com base no desempenho energético primário e no custo atribuído à sua implementação, e estabelece a forma de aplicar essas regras a edifícios de referência seleccionados, com o objectivo de definir níveis óptimos de rentabilidade dos requisitos mínimos de desempenho energético.

Para efeitos de adaptação do quadro metodológico comparativo às condições nacionais, os estados-membros devem determinar o ciclo de vida económico estimado de um edifício e/ou de um componente de edifício, o custo adequado dos vectores de energia, dos produtos, dos sistemas, da manutenção, da exploração e da mão-de-obra, os factores de conversão de energia primária, e a evolução previsível do preço da energia, no respeitante aos combustíveis utilizados no contexto nacional para a produção de energia utilizada nos edifícios, tendo em conta as informações fornecidas pela Comissão.

Alerta-se, ainda, que a metodologia de optimização da rentabilidade deve ser tecnologicamente neutra e não deve favorecer qualquer solução tecnológica relativamente a outra. Assegura-se, assim, a concorrência entre medidas, conjuntos e variantes, durante a vida útil de um edifício ou de um componente de edifício.

5 - PROJECTOS DE INVESTIGAÇÃO

Para além das soluções e tecnologias construtivas existentes no mercado nacional ou Europeu, importa também perceber quais as novas tendências das empresas no desenvolvimento de novos materiais e produtos para a construção. Para isso, foram consultadas algumas plataformas que contêm listagens de projectos de investigação aprovados através de diversos sistemas de incentivos, quer a nível nacional, quer Europeu.

A nível nacional, foi consultada a lista de projectos disponibilizada pela Agência de Inovação (Adi), Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) e ainda a lista dos Projectos Âncora e Complementares aprovados na EEC do cluster Habitat Sustentável, de Outubro de 2009 a Setembro de 2011.

A nível Europeu, foram consultadas as listas de projectos inovadores, constantes nas plataformas da União Europeia, *Intelligent Energy Europe* (IEE), *Eco-Innovation e Seventh Framework Programme* (FP7).

Nas subsecções seguintes é apresentada a descrição de alguns desses projectos.

Ao nível dos projectos nacionais, verifica-se uma maior tendência para o desenvolvimento de novas soluções na área da pré-fabricação, como é o caso dos projectos Wallinblock, Legouse, Ecofachada, Parede Ecoestrutural - EL, FMC_PANELS, WoodenQuark5.1.

De uma maneira geral estes projectos têm como objectivo o desenvolvimento de soluções mais eficientes e sustentáveis, usando, sempre que possível, na sua constituição, materiais naturais e recicláveis ou resíduos provenientes de outras indústrias. A utilização da nanotecnologia também tem vindo a ter um papel importante na optimização das propriedades de certos materiais de construção, pelo que também se verifica a aposta por parte de algumas empresas nessa área.

Já a nível Europeu, existe uma predominância de projectos na área da nanotecnologia, como é o caso dos projectos *Nanofoam*, *EFWI*, *Aero-Coins*, *nanoinsulate*, *nanopcm*, etc.

A seguir à nanotecnologia, a incorporação de resíduos, incorporação de materiais naturais ou inorgânicos são os processos mais utilizados no desenvolvimento de novos materiais.

Existe ainda uma aposta forte no desenvolvimento de plataformas online que sustentam, por exemplo, bases de dados de produtos para a construção, identificando as suas principais características, listagem de medidas de melhoria aplicáveis à reabilitação de edifícios, etc.

5.1 - PROJECTOS NACIONAIS

SIGLA	GREENFOAM
TÍTULO	Ecological non isocyanate and non moisture curing one component foam
ÁREA TECNOLÓGICA	Engenharia Química
SÍNTESE	Neste projecto propõe-se a criação e desenvolvimento de novos produtos de poliuretano isentos de isocianatos e não combustivos, por duas abordagens distintas. Na primeira abordagem pretende-se desenvolver oligómeros com funcionalidade que permita a propagação da polimerização por reacção com o oxigénio atmosférico. A segunda abordagem visa o desenvolvimento de pré-polímeros de NCO com muito baixo teor de MDI monomérico (< 0.1%). Obtendo-se assim, produtos inovadores no mercado dos poliuretanos, que permita ao mesmo tempo manter a qualidade dos produtos já existentes e contribuir para a protecção ambiental e poupança energética.
ENTIDADES ENVOLVIDAS	IST - Instituto Superior Técnico Fabrires - Produtos Químicos, S.A. Specalta - Produtos Sustentáveis, Lda

SIGLA	BLOcORK
TÍTULO	Desenvolvimento de blocos de betão com cortiça
ÁREA TECNOLÓGICA	Tecnologias da Construção
SÍNTESE	Neste projecto pretende-se desenvolver blocos de betão para construção de paredes de alvenaria, em que a incorporação de grânulos de cortiça na mistura do betão, utilizada no fabrico dos blocos constitui o elemento inovador. Além da valorização do material, pretende-se obter um adequado desempenho mecânico e um excelente comportamento térmico e acústico. Estas metas serão conseguidas através da optimização da composição do betão com cortiça e da geometria do bloco, garantindo-se a manutenção dos outros requisitos exigidos para este tipo de produto.
ENTIDADES ENVOLVIDAS	Abel Luis Moreira de Sousa, Lda Amorim Isolamentos, S.A. ITeCons - Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção
SIGLA	SIPDECO
TÍTULO	Soluções inovadoras de paredes divisórias ECO-eficientes
ÁREA TECNOLÓGICA	Tecnologias da Construção
SÍNTESE	Propõe-se com este projecto desenvolver um sistema não estrutural de paredes divisórias compostas por blocos monolíticos de um material composto que resulta, da combinação de regranulado negro de cortiça e fibras têxteis de pneus usados com um ligante não-cimentício, o gesso. O sistema tem como objectivo combinar o desempenho ambiental vantajoso face a soluções convencionais de alvenaria de tijolo com o bom desempenho mecânico, térmico e acústico, com a simples tecnologia de construção, sem recurso a mão-de-obra ou equipamento especializado e menores cargas para a estrutura portante, o que poderá ser vantajoso em regiões sísmicas. O processo de fabrico, recorre numa primeira fase a um processo de reciclagem (para além da produção do ligante) e a um processo simples de moldagem e secagem, de modo a reduzir a energia incorporada do material final. Pretende-se que o produto final constitua uma alternativa viável e competitiva em termos de desempenho, preço, flexibilidade e ecologia face uma parte considerável do mercado de divisórias e materiais para divisórias.
ENTIDADES ENVOLVIDAS	Universidade do Minho Sofalca, Sociedade Central de Produtos de Cortiça, Lda PEGOP - Energia Eléctrica, S.A. Biosafe - Indústria de Reciclagem, S.A.

SIGLA	SE TIVERNANO
TÍTULO	Produção de tijolos térmica e estruturalmente mais resistentes por introdução de nanomateriais
ÁREA TECNOLÓGICA	Tecnologias dos Materiais
SÍNTESE	Este projecto tem como objectivo o desenvolvimento de tijolos térmica e estruturalmente mais resistentes por introdução de nanomateriais. Ensaios preliminares, realizados em laboratório, em tijolos maciços produzidos a partir de mistura manual de argilas com lamelas nanocristalinas secas, permitiram detectar uma redução significativa da condutibilidade térmica da argila, sem perdas significativas da sua resistência estrutural. A dispersão da lama na matéria-prima convencional, por processos de mistura mais eficientes, semelhantes aos usados na indústria do tijolo, deverá permitir realçar o carácter nanométrico das lamelas nas propriedades finais do tijolo, e assim incrementar significativamente o seu desempenho térmico e como reserva estrutural, à semelhança do que ocorre noutros compósitos de matriz cerâmica nanoreforçados.
ENTIDADES ENVOLVIDAS	FCTUC - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra Preceram - Indústrias de Construção, S.A.
SIGLA	ACTIVE FLOOR
TÍTULO	Development of cork based flooring system with embedded functions and energy harvesting capability
ÁREA TECNOLÓGICA	Tecnologias dos Materiais
SÍNTESE	O projecto foca-se no desenvolvimento de uma solução tecnológica, compatível com os actuais processos de fabrico de flooring, que permitirá transformar os pavimentos numa plataforma funcional. Deste modo o pavimento poderá ser utilizado como infra-estrutura para controlo e segurança substituindo elementos adicionais que, na actualidade, são utilizados para realizar essas funções. A tecnologia de base é piezoeléctrica e permitirá, além da geração de energia a partir do movimento sobre o pavimento, estabelecer uma plataforma para geração de informação, que devidamente processada, será a base da geração de novas funções, como identificação biométrica, determinação de caminhos mais percorridos, actuação de dispositivos etc.
ENTIDADES ENVOLVIDAS	Amorim Revestimentos, S.A. Amorim Cork Composites, S.A. ITeCons - Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção EcoChoice, S.A. Critical Materials, S.A.

SIGLA	ECO-SUSTENTABILIDADE 2013
TÍTULO	-
ÁREA TECNOLÓGICA	-
SÍNTESE	<p>A empresa pretende lançar novos produtos (eco-eficientes e funcionais), bem como introduzir melhorias em produtos já existentes (melhoria de resistência à humidade e melhoria de resistência química) e adoptar um processo de produção inovador (bonderização).</p> <p>Os novos produtos são: 1) Tinta em pó de baixa temperatura, a qual possibilita ganhos energéticos, através da poupança de energia na aplicação do revestimento no processo de fabrico do cliente face aos produtos standard, na medida em que a sua polimerização é realizada a temperaturas mais baixas, demonstrando o seu carácter eco-eficiente. 2) Tinta em pó curável por acção de radiação U.V., a qual é passível de ser curada por acção de raios ultravioleta face à tecnologia convencional de cura por convecção, permitindo assim uma redução substancial dos consumos energéticos associados ao processo de pintura. 3) Tinta em pó de baixa espessura, a qual exige menor quantidade de tinta em pó/ m² comparativamente com as tintas em pó convencionais. 4) Tinta em pó superdurável que visa o aumento significativo da durabilidade da aplicação, ainda que sujeita a condições climáticas extremas, resultando numa redução relativa da pegada ecológica associada. 5) Tinta em pó com cool pigments, a qual tem capacidade de reflectância da radiação solar infravermelha, promovendo a eficiência energética dos edifícios. 6) Tinta em pó com recurso a matérias-primas de fontes renováveis, a qual permite uma substituição quase total dos sistemas de resina de origem petrolífera (carácter não renovável) por sistemas de origem renovável, contribuindo para a implementação de princípios ecológicos. 7) Novos produtos funcionais (tinta em pó condutiva para equipamento electrónico; tinta em pó do tipo Residual Heating Curing; tinta epóxi funcional homologada para aplicação em garrafas de gás; tinta com tecnologia à base de silicone).</p>
ENTIDADES ENVOLVIDAS	Cin Indústria

SIGLA	BioIn09
TÍTULO	Produtos inovadores a partir da reciclagem de pneus
ÁREA TECNOLÓGICA	Tecnologias dos Materiais
SÍNTESE	<p>O processo de reciclagem dos pneus promove a separação da borracha vulcanizada de outros componentes (como metais e têxteis, por exemplo). Actualmente apenas o granulado de borracha e o aço têm encaminhamentos considerados aceitáveis sob o ponto de vista ambiental, constituindo o têxtil um resíduo que é eliminado por deposição em aterro e/ou valorização energética.</p> <p>O presente projecto insere-se na estratégia da Biosafe de inovar no tipo de produtos oferecidos, incrementando a taxa de valorização dos resíduos, e dando-lhes maior valor acrescentado, permitindo, assim, tornar mais sustentada a sua actividade, extremamente relevante em termos ambientais. Assim, pretende-se valorizar o resíduo têxtil dando-lhe um destino ambientalmente mais adequado, pelo desenvolvimento de um Betume Modificado com Fibras têxteis usando diferentes tipos de betume. Estes produtos terão um desempenho superior aos actuais betumes pelo facto das fibras lhe conferirem capacidade de resistência à tracção o que propicia a redução do fendilhamento dos pavimentos rodoviários e destinam-se quer a misturas betuminosas densas, misturas betuminosas de graduação descontínua e misturas abertas.</p> <p>Relativamente aos granulados de borracha, pretende-se encontrar novas aplicações tecnologicamente mais desenvolvidas, desenvolvendo um produto final inovador, de elevado valor acrescentado, baseado na mistura de granulado triturado de pneu com granulometria e materiais poliméricos. Pretende-se ainda seleccionar aditivos anti odor com vista a alargar a aplicação a sectores industriais em que o tradicional odor a borracha constitua uma limitação à sua utilização.</p>
ENTIDADES ENVOLVIDAS	PIEP Associação - Pólo de Inovação em Engenharia de Polímeros Biosafe - Indústria de Reciclagens, S.A.

SIGLA	WALLINBLOCK
TÍTULO	Desenvolvimento de soluções para uma construção sustentável
ÁREA TECNOLÓGICA	Tecnologias dos Materiais
SÍNTESE	<p>O projecto tem o objectivo de encontrar um produto capaz de se traduzir numa solução de compartimentação vertical, técnica e comercialmente viável, respondendo a algumas das questões anteriores. Este projecto caracteriza-se pelas seguintes directrizes: 1. Ser uma solução que reduza Tempos de Construção; 2. Permitir a redução significativa de Desperdício em Obra; 3. Apresentar excelentes Características Térmicas, Acústicas e de Resistência ao Fogo; 4. Apresentar um Custo Competitivo; 5. Ser uma solução leve, pré-fabricada, modular e fácil de Instalar; 6. Integrar infra-estruturas; 7. Garantir condições de estabilidade estrutural, incluindo resistência sísmica; 8. Permitir um leque alargado de opções em termos de Acabamentos Estéticos; 9. Incorporar materiais com Baixo Impacte Ambiental, preferencialmente com Materiais naturais (tais como cortiça ou com origem na biomassa), Recicláveis e/ou Degradáveis e permitir a remoção selectiva, a reutilização e reciclagem de materiais no seu fim de vida.</p>
ENTIDADES ENVOLVIDAS	<p>Amorim Cork Composites, S.A. Dreamdomus, Domótica e Projectos de Engenharia, Lda ITeCons - Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção EcoChoice, S.A.</p>
SIGLA	LEGOUSE
TÍTULO	Pré-fabricação modular de edifícios de custos controlados
ÁREA TECNOLÓGICA	Tecnologias da Construção
SÍNTESE	<p>O presente projecto pretende tirar partido do adequado uso de novos materiais e de ferramentas de cálculo avançado na concepção, dimensionamento e construção de habitações modulares de custo controlado. Este tipo de habitação será construído pela assemblagem de elementos pré-fabricados, os quais baseiam-se no conceito de painel sanduíche pré-fabricado constituído por camadas externas em BRF, ligadas por materiais leves e de baixo custo, resultando um painel com apropriadas propriedades estruturais e de isolamento térmico e acústico.</p>

SIGLA	LEGOUSE
SÍNTESE	A rapidez de construção e o custo dos elementos construtivos tornará estas habitações competitivas face às soluções tradicionais. Este conceito é especialmente vocacionado para Países com carência habitacional, como é o caso dos PALOP, pretendendo-se alargar a sua aplicação a outros Países do Continente Africano, à Índia e a Países da América Latina. Este projecto englobará o desenvolvimento e caracterização das propriedades dos materiais intervenientes nos sistemas construtivos, a construção e o ensaio dos elementos construtivos do sistema modular, a construção e o ensaio de dois modelos de escala real, o desenvolvimento de especificações técnicas e regras de projecto e a promoção e divulgação dos resultados.
ENTIDADES ENVOLVIDAS	Universidade do Minho PIEP Associação - Pólo de Inovação em Engenharia de Polímeros MOTA-ENGL, Betão e Pré-Fabricados, Sociedade Unipessoal, Lda CIVITEST - Pesquisa de Novos Materiais para a Engenharia Civil, Lda
SIGLA	ECOFACHADA
TÍTULO	Desenvolvimento de painéis de fachada em betão eco-eficiente de base geopolimérica com incorporação de resíduos
ÁREA TECNOLÓGICA	Tecnologias dos Materiais
SÍNTESE	<p>O projecto tem por objectivo o desenvolvimento de um novo produto - painéis de fachada prefabricados em betão geopolimérico. Com efeito, a utilização de painéis de fachada melhora substancialmente o comportamento térmico das construções, a substituição do cimento por um material eco-eficiente, como o metacaulino, reduz significativamente a emissão de CO₂ por m³ de betão produzido e, no caso da substituição do cimento por resíduos industriais com propriedades pozolánicas, como os resultantes das centrais termo-eléctricas a carvão ou de certa indústria mineira, além da redução da poluição inerente à produção das matérias-primas, promove-se a reciclagem de resíduos industriais.</p> <p>O projecto está estruturado em seis actividades com os seguintes objectivos: (1) Identificar as matérias-primas existentes assim como os diferentes métodos de produção de geopolímeros e efectuar uma análise comparativa dos resultados; (2) Definir as especificações técnicas do betão geopolimérico a utilizar no novo produto; (3) Desenvolver o betão geopolimérico e o método de produção industrial a adoptar;</p>

SIGLA	ECOFACHADA
SINTESE	(4) Conceber, dimensionar e produzir protótipos de painéis de fachada em betão geopolimérico; (5) Efectuar a caracterização do novo produto, nomeadamente no que respeita a comportamento térmico, resistência a acções estáticas, a acções dinâmicas e à fadiga, comportamento sísmico, incluindo a influência das ligações à fachada, e durabilidade, em termos de resistência à carbonatação, à penetração de cloretos, entre outros; e (6) Promover e divulgar resultados através da publicação de artigos em revistas, apresentação oral em conferências e participação em feiras da especialidade, bem como proteger por patente os resultados do projecto.
ENTIDADES ENVOLVIDAS	FCTUC - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra PRÉGAIA - Préfabricados, Lda
SIGLA	PAREDE ECOESTRUTURAL - EL
TÍTULO	Parede modular estrutural sustentável
ÁREA TECNOLÓGICA	Tecnologias da Construção
SINTESE	O projecto proposto pretende desenvolver uma parede modular através da solução de pré-fabricação para edifícios de habitação, dirigido aos mercados dos continentes Africano e Sul Americano com climas quentes e secos. Estas paredes agregam propriedades mecânicas, hidrotérmicas e de isolamento sonoro, que as tornam competitivas em todas as vertentes da Construção Sustentável de edifícios de habitação de custos reduzidos.
ENTIDADES ENVOLVIDAS	FCTUNL - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa ESLAM – Estruturas Laminadas Engenharia, S.A.

SIGLA	FMC_PANELS
TÍTULO	Desenvolvimento de painéis compostos à base de materiais fibrosos para fabrico de casas modulares
ÁREA TECNOLÓGICA	Tecnologias da Construção
SÍNTESE	<p>O presente projecto visa o desenvolvimento de painéis em material composto reforçado por materiais fibrosos para aplicação em habitações modulares. Pretende-se que o painel a desenvolver apresente características e propriedades relevantes que façam com que represente uma alternativa vantajosa aos painéis em fibra de vidro normalmente utilizados nestas situações. Para tal, pretende-se utilizar fibras naturais orientadas direccionalmente dispostas em arquitecturas inovadoras, no sentido de melhorar as propriedades mecânicas dos painéis e simultaneamente reduzir o seu peso, permitindo a fabricação de dimensões maiores e mais adequadas à construção modular pretendida.</p> <p>O projecto prevê o estudo de diversas combinações de fibras e de arquitecturas fibrosas como forma de garantia da obtenção do conhecimento para desenvolvimento dos painéis. As fibras a estudar incluem vidro, cânhamo, sisal e linho, sendo que serão igualmente estudadas arquitecturas fibrosas tridimensionais e multiaxiais. As estruturas fibrosas de reforço a desenvolver serão alvo de caracterização mecânica de processamento e posteriormente impregnadas com resinas termoendurecíveis com base em técnicas de impregnação por vácuo. As dimensões pretendidas para os painéis obrigarão ao estudo aprofundado do processo de impregnação no sentido de garantir a reprodutibilidade necessária.</p> <p>Os materiais compostos obtidos serão estudados posteriormente em termos do seu desempenho mecânico. Estes painéis serão numa primeira fase utilizados na construção dos módulos que compõe a habitação e, posteriormente, na construção de um modelo da habitação, para validação do desempenho dos painéis desenvolvidos em condições reais de aplicação, fornecendo os inputs necessários à optimização do mesmo. O painel a desenvolver neste projecto representará um breakthrough em termos de materiais de construção, permitindo a construção modular de uma forma fiável e a custos interessantes.</p>
ENTIDADES ENVOLVIDAS	Universidade do Minho Sociedade de Construções Guimar, S.A.

SIGLA	WOODENQUARK
TÍTULO	Módulos habitacionais de madeira
ÁREA TECNOLÓGICA	Tecnologias da Construção
SÍNTESE	O presente projecto tem como objectivo principal o desenvolvimento de construções modulares de madeira. Procura-se o desenvolvimento de uma solução estrutural em madeira, fiável, sustentável e economicamente competitiva, que possibilite um melhor ajuste aos actuais conceitos arquitectónicos: estética, espaço, luz e conforto. Adoptando os conceitos de pré-fabricação, modularidade, e fácil transportabilidade, aliados a uma rápida montagem em obra e a uma garantia de qualidade, pretende-se contribuir para modernizar o mercado de construção de casas de madeira, oferecendo uma maior competitividade com os sistemas existentes no mercado Europeu.
ENTIDADES ENVOLVIDAS	Universidade do Minho Portilame Engenharia e Madeira, Lda
SIGLA	SELF CLEAN
TÍTULO	Superfícies cerâmicas auto-limpantes
ÁREA TECNOLÓGICA	Tecnologias dos Materiais
SÍNTESE	Este projecto visa o desenvolvimento de revestimentos cerâmicos com funções autolimpantes e purificantes, através da modificação da sua superfície com materiais nano estruturado foto catalíticos. Sem detrimento das funções nativas do revestimento cerâmico, estas novas funcionalidades permitirão diminuir os custos de manutenção de fachadas de edifícios e a redução da concentração de poluentes gasosos na atmosfera. Consequentemente, pretende-se que este produto contribua para a regressão do impacto da actividade humana no ambiente, actualmente um dos maiores desafios da sociedade. O desenvolvimento será centrado na modificação das propriedades de superfície dos produtos convencionais por deposição de filmes foto catalíticos constituídos por óxidos nano cristalinos, que na generalidade contêm óxido de titânio. Estes filmes caracterizam-se por terem uma estrutura fotossensível, que por acção da luz solar se tornam altamente oxidantes e super-hidrofílicos, propriedades que induzem a desagregação e limpeza da sujidade e a degradação de substâncias poluentes na atmosfera que contactam com a superfície.
ENTIDADES ENVOLVIDAS	Centro de Investigação em Materiais Cerâmicos e Compósitos - CICECO RECER - Indústria de Revestimentos Cerâmicos, S.A. CTCV - Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro

SIGLA	SUNATECVOLT
TÍTULO	-
ÁREA TECNOLÓGICA	Energia
SÍNTESE	O projecto visa o desenvolvimento e fabricação de um protótipo de um equipamento híbrido fotovoltaico/térmico tendo em vista a geração de electricidade a partir de módulos fotovoltaicos ou de vapor.
ENTIDADES ENVOLVIDAS	Instituto Politécnico de Leiria GLOBALTRONIC - Electrónica e Telecomunicações, S.A. SUNATEC, Unipessoal, Lda
SIGLA	SOLAR TILES
TÍTULO	Desenvolvimento de Sistemas Solares Fotovoltaicos em Coberturas e Revestimentos Cerâmicos
ÁREA TECNOLÓGICA	Tecnologias dos Materiais
SÍNTESE	O objectivo principal deste projecto é o desenvolvimento, à escala laboratorial, de protótipos funcionais de produtos cerâmicos fotovoltaicos integrados, de elevada eficiência, para revestimentos de edifícios (telhas e revestimentos exteriores de fachada) que incorporem, de raiz e por deposição, filmes finos fotovoltaicos. Pretende-se que os protótipos a desenvolver se caracterizem por uma elevada qualidade estética e desempenho técnico. Os filmes em consideração são do tipo silício nanocristalino ou polimorfo, tecnologia que pertence dita à terceira, ou última, geração de materiais fotovoltaicos. O principal problema a ser investigado consiste na prova de conceito de deposição de filmes finos fotovoltaicos em materiais cerâmicos. Com este projecto pretende-se contribuir para um novo tipo de arquitectura de edifícios, que inclua o eco-design, fachadas e coberturas de edifícios baseados em materiais cerâmicos fotovoltaicos, numa perspectiva de novos produtos cerâmicos multifuncionais, em que se pretende conjugar as funções de revestimento, estética e de produção de energia.
ENTIDADES ENVOLVIDAS	Universidade do Minho FCTUNL - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa - Centro de Investigação em Materiais - CENIMAT CS - Coelho da Silva, S.A. Revigrés - Indústria de Revestimentos de Grés, Lda CTCV - Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro Dominó - Indústrias Cerâmicas SA De Viris, Natura e Ambiente S.A. LNEG - Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P.

SIGLA	CEEMSC
TÍTULO	Rótulo Voluntário para Certificação de Eficiência Energética de Materiais e Soluções Construtivas
ÁREA TECNOLÓGICA	-
SÍNTESE	<p>O projecto visa a criação do rótulo voluntário de certificação energética de modo a permitir uma uniformização e maior acessibilidade da informação relativa à eficiência energética de materiais de construção.</p> <p>As actividades passam por: (1) Desenvolvimento do referencial técnico de suporte a um rótulo de eficiência energética. (2) Caracterização de materiais e soluções construtivas. (3) Simulação do impacto energético dos materiais e soluções construtivas. (4) Plano de imagem e comunicação. Processo de criação do rótulo, em termos de imagem para apresentação ao público geral. (5) Coordenação e gestão do projecto.</p>
ENTIDADES ENVOLVIDAS	<p>CENTItvc - Centro de Nanotecnologia e Materiais Técnicos, Funcionais e Inteligentes</p> <p>ITeCons - Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Construção</p>
SIGLA	DAP HABITAT
TÍTULO	Desenvolvimento do sistema nacional de declarações ambientais de produtos para o habitat
ÁREA TECNOLÓGICA	-
SÍNTESE	<p>O projecto visa desenvolver, com visibilidade nacional e internacional, um sistema de verificação e registo de declarações ambientais de produtos - DAP (em inglês EPD), específico para produtos do habitat com base em critérios objectivos e independentes, que permitam a realização e disponibilização de RCP (regras para a categoria de produto) que fundamentem a elaboração de DAP devidamente validadas numa base de dados de acesso público. O desenvolvimento de um programa de registo nacional de DAP, associado a uma rede internacional afim, terá implicações numa maior capacidade de afirmação das empresas no espaço internacional e um melhor desempenho ambiental dos seus produtos.</p>

SIGLA	DAP HABITAT
SÍNTESE	O projecto integra 5 actividades: Estudo do enquadramento normativo e programas de registo europeu; Desenvolvimento e adaptação das Regras de Categorias de Produtos (RCP); Desenvolvimento do modelo de registo nacional das DAP no domínio do Habitat; Acções de disseminação e sensibilização; Gestão do Projecto.
ENTIDADES ENVOLVIDAS	APICER - Associação Portuguesa da Indústria de Cerâmica APCMC - Assoc. Portuguesa dos Comerciantes de Materiais de Construção CMM - Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista Centro Habitat – Plataforma para a Construção Sustentável APCOR - Associação Portuguesa da Cortiça ANIET - Associação Nacional da Indústria Extractiva e Transformadora ANIPB - Associação Nacional dos Industriais de Prefabricação em Betão
SIGLA	PRESSTONE
TÍTULO	Desenvolvimento de um sistema de painéis de pedra natural pré-esforçados
ÁREA TECNOLÓGICA	Tecnologias dos materiais
SÍNTESE	<p>O objectivo deste projecto é estudar e desenvolver um sistema novo, inovador e que incorpore tecnologias limpas, constituído por painéis de pedra natural pré-esforçados para realizar a envolvente exterior vertical das edificações. O sistema resulta da fabricação e da pré-montagem de painéis em pedra natural previamente serrados. Pretende-se que os painéis tenham espessura adequada para que possam ser facilmente elevados sem auxílio de meios mecânicos especiais.</p> <p>Os painéis ao serem pós-pré-esforçados unem-se por compressão nos bordos formando um sistema composto de comportamento monolítico. A sua resistência é controlada para suportar as acções horizontais e possuem rigidez/massa para que as vibrações induzidas pelo vento ou outros agentes não produzam efeitos de ressonância e estejam dentro de limites internamente aceites.</p>
ENTIDADES ENVOLVIDAS	ISEP - Instituto Superior de Engenharia do Porto SOLANCIS - Sociedade Exploradora de Pedreiras, S.A. FRONTWAVE - Engenharia e Consultoria, S.A.

5.2 - PROJECTOS EUROPEUS

5.2.1 - INTELLIGENT ENERGY EUROPE (IEE)

SIGLA	E-RETROFIT-KIT
TÍTULO	Passive house retrofit kit
PÁGINA WEB	http://www.energieinstitut.at/retrofit/
SINTESE	<p>Apresenta uma plataforma/ferramenta online com uma listagem de possíveis medidas de reabilitação urbana, para diferentes países da União Europeia, indo ao encontro dos requisitos necessários para se obter uma casa com consumo energético zero (Passivhaus). A plataforma inclui boas práticas de reabilitação e uma listagem de 35 medidas de melhoria indo ao encontro do consumo energético zero.</p> <p>Apresenta também os custos típicos de intervenção por cada tipo de medida, assim como estimativas de poupança energética decorrentes da intervenção.</p> <p>Existem também possíveis produtos do mercado passíveis de serem utilizados durante a reabilitação para se obterem os níveis de performance estabelecidos pela medida de melhoria.</p>
SIGLA	GREEN-IT
TÍTULO	Green initiative for energy efficient eco-products in the construction industry
PÁGINA WEB	http://www.green-it.eu
SINTESE	<p>Este projecto visa introduzir a rotulagem energética no sector dos produtos da construção, a nível Europeu, tendo por base a implementação da EPBD.</p> <p>Como actualmente a rotulagem ambiental (para produtos de construção) apenas é aplicada em alguns países e é realizada de forma diferente em cada um deles, o projecto visa implementar a rotulagem energética aos produtos de construção fabricados e comercializados na EU, com abordagens customizadas de acordo com as necessidades de cada país participante.</p> <p>O sistema de rotulagem consiste na criação de um rótulo (e2pilot) e de uma base de dados online (http://www.bre.co.uk/e2pilot), que fornece informação a um grupo alvo (projectistas, construtores e utilizadores finais) acerca das propriedades térmicas e ambientais de produtos para a construção.</p>

SIGLA	COOL-ROOFS
TÍTULO	Promotion of cool roofs in the eu
PÁGINA WEB	http://www.coolroofs-eu.eu/
SÍNTESE	<p>Apresenta uma base de dados com materiais "Cool Roof". Estes materiais são adicionados pelas próprias empresas interessadas em preencher a base de dados. Actualmente a base de dados apresenta uma listagem de produtos da Bélgica, França, Alemanha, Grécia, Itália, Espanha, Suécia, Reino Unido e Estados Unidos. A base de dados está estruturada de modo a incluir toda a informação relevante ao material "Cool-roof": Dados gerais do produto e da empresa que o desenvolveu, a tecnologia construtiva, as características termofísicas mais relevantes (reflexão solar e emitância) e os indicadores de desempenho (temperatura máxima da superfície e índice de reflexão solar). O cálculo das características do material e dos indicadores de desempenho é efectuado por laboratórios independentes.</p>
SIGLA	PASS-NET
TÍTULO	Establishment of a co-operation network of passive house promoters
PÁGINA WEB	http://www.pass-net.net/
SÍNTESE	<p>O objectivo deste projecto é a divulgação e promoção do conceito casa passiva ou casas de muito baixo consumo energético. O projecto fornece informação independente sobre o financiamento, construção e aspectos gerais relacionados com as casas de baixo consumo.</p>
SIGLA	INTENSE
TÍTULO	From Estonia till Croatia: intelligent energy saving measures for municipal housing in central and eastern European countries
PÁGINA WEB	http://www.intense-energy.eu
SÍNTESE	<p>O projecto tem como objectivo a transferência de medidas de poupança energética dos países mais "antigos" da união europeia para os novos estados membros. O projecto mostra as melhores práticas estabelecidas em vários países, para depois realizar estas mesmas medidas de melhoria em edifícios dos novos estados membro. É inserida na plataforma toda a informação relevante às medidas de melhoria, assim como vídeos dos processos de reabilitação urbana desenvolvidos. Apresenta também ferramentas de cálculo de análise económica das medidas de reabilitação e documentação de referência acerca das reabilitações, junto com descrição técnica.</p>

5.2.2 - ECO-INNOVATION

SIGLA	CIARM
TÍTULO	Construction Industry Applications Using Recycled Materials
PÁGINA WEB	http://www.c2muk.co.uk/ciarm.html
SÍNTESE	O projecto tem como principal objectivo a produção de lâminas de vidro a partir de materiais recicláveis. O projecto tentará efectuar a validação do material para posteriormente ter um impacto importante nos resíduos da construção.
SIGLA	EAMT
TÍTULO	Eco Alternative Mortar Thermic
PÁGINA WEB	-
SÍNTESE	Projecto que tenta desenvolver argamassa térmica a partir de resíduos recicláveis. A argamassa será associada com diversos materiais para obter maiores níveis de isolamento térmico.
SIGLA	ECO-S
TÍTULO	Ecological Wooden Window Insulation
PÁGINA WEB	http://www.m-sora.si
SÍNTESE	Desenvolvimento de vãos envidraçados utilizando perfis de madeira perfurados, cujos espaços de ar servem de isolamento. Os principais benefícios são as suas características técnicas e térmicas quando comparadas às dos isolantes correntemente usados no mercado (ex. poliestireno, polietileno, poliuretano, etc), a facilidade na produção com baixos custos operativos e o uso de um produto sustentável e reciclável (madeira). O ECO-S não vai ser utilizado somente para vãos envidraçados do proponente do projecto, mas também será vendido para outros produtores de caixilhos.

SIGLA	ECOWALL
TÍTULO	Novel composite concrete insulated building materials optimized
PÁGINA WEB	-
SÍNTESE	Produção de painéis modulares de material compósito de betão que reduzem os custos de construção através do melhoramento do isolamento térmico. ECOWALL utiliza resíduos industriais e agregados reciclados de betão para fazer os painéis. O betão de inertes fornecerá isolamento com a consequente poupança energética.
SIGLA	INSULATFH
TÍTULO	Enhanced insulation in timber-frame housing using recycled materials
PÁGINA WEB	http://www.insulatfh.eu/
SÍNTESE	O projecto ambiciona o desenvolvimento de um processo de produção de baixo custo de painéis de madeira isolados com celulose, assim como aumentar a percentagem de material reciclável (pasta de papel) utilizado na solução (de 10% para 80%). Os painéis de madeira serão preenchidos, utilizando uma metodologia inovadora, com polpa de celulose, de modo a reduzir o coeficiente de transmissão térmica da solução.
SIGLA	ECO2BUILDING
TÍTULO	Market development for industrial eco2buildings in passive-house quality throughout Europe
PÁGINA WEB	http://www.eco2building.com
SÍNTESE	O projecto ambiciona o desenvolvimento de uma solução construtiva para edifícios de habitação que permita a redução de 90% das necessidades de aquecimento e de 90% dos consumíveis durante o desenvolvimento do produto, de forma a ser economicamente viável. Um edifício que utilize estes painéis irá mais facilmente ao encontro das necessidades de uma passivhaus.

SIGLA	SANGUSS
TÍTULO	Wall filling material
PÁGINA WEB	-
SÍNTESE	O projecto usa uma tecnologia inovadora para preencher painéis de parede em que possam estar inseridas tubagens. O material de enchimento será composto por espuma de vidro que já não pode ser reutilizada no sistema produtivo do vidro. Este projecto irá reutilizar o material que seria depositado em aterros sanitários, diminuindo a quantidade de desperdícios, melhorará a estabilidade estrutural da solução construtiva e diminuirá a propagação de sons decorrente das tubagens.
SIGLA	WAR-WIR
TÍTULO	Wall panel without resin - replacement of polyester resins, volatile solvents and hazardous pigments with natural stone and glass powders
PÁGINA WEB	http://www.gardenia.it/eco/eco_en.php?MID=1629&ID=1687
SÍNTESE	O objectivo do projecto é o desenvolvimento de linhas de produção para a produção de materiais decorativos de baixo relevo, com processos inovativos de baixo impacto ambiental de modo a obter um uso óptimo dos materiais de produção. Pretende-se substituir produtos à base de resinas de poliéster, solventes voláteis ou pigmentos com algum perigo com um elevado impacto no meio ambiente, por produtos ecológicos (pedras naturais e pó de vidro) para o desenvolvimento de materiais decorativos de parede e frisos de baixo relevo.
SIGLA	SUSTCON-EPV
TÍTULO	Sustainable concrete environment performance verified
PÁGINA WEB	http://www.sustcon.org/index.php/en/description
SÍNTESE	O projecto fornece a estrutura técnica e de marketing que irá facilitar o acesso para os produtos sustentáveis derivados do betão. O seu índice de sustentabilidade e o protocolo de verificação tecnológica meio ambiental é baseado no desempenho dos produtos em vez da sua composição. O projecto irá encorajar o uso de soluções sustentáveis de betão.

SIGLA	ECBP
TÍTULO	Ecolabelled chemical building products. new adhesives for wood-flooring
PÁGINA WEB	-
SÍNTESE	O projecto tem como objectivo introduzir no mercado adesivos para soluções de pavimento à base de derivados da madeira, de modo a eliminar a emissão de compostos orgânicos voláteis. Os adesivos estarão certificados pelo instituto nórdico Ecolabel. Os adesivos, formados por pré-polímeros, foram desenvolvidos e demonstrados pelo NTP. O projecto focaliza-se no aumento da capacidade de produção.

5.2.3 - SEVENTH FRAMEWORK PROGRAMME (FP7)

SIGLA	EASIE
TÍTULO	Ensuring advancement in sanduíche construction through innovation and exploitation
PÁGINA WEB	http://www.sanduichetechnik.com/index-e.html
SÍNTESE	Este projecto visa o estudo detalhado das lacunas presentes na norma europeia EN 14509 referente à aplicação prática de painéis sanduíche e ao desenvolvimento de técnicas e metodologias para aplicação/uso de painéis sanduíche, para serem utilizadas na referida norma aquando da sua actualização.
SIGLA	COMTES
TÍTULO	Combined development of compact thermal energy storage technologies
PÁGINA WEB	-
SÍNTESE	Este projecto visa desenvolvimento e demonstração de sistemas de armazenamento de energia que sejam significativamente melhores que sistemas à base de água. O projecto vai estar associado a 3 tecnologias diferentes, Adsorção solida, adsorção líquida e super-arrefecimento PCM

SIGLA	BUILDSMART
TÍTULO	Buildingsmart energy efficient solutions ready for the market
PÁGINA WEB	-
SÍNTESE	Este projecto visa a demonstração da utilidade das tecnologias e processos construtivos mais inovadores no sector da construção, para se construírem edifícios com consumo energético quase zero sob diferentes condições climáticas. Novas formas de incentivos irão ser desenvolvidos para se aumentar o envolvimento de residentes na aplicação das medidas de melhoria. Serão efectuadas monitorizações contínuas de consumos de energia para determinar o impacto das soluções de reabilitação propostas.
SIGLA	DIRECTION
TÍTULO	Demonstration at European level of innovative and replicable effective solutions for very low energy new buildings
PÁGINA WEB	-
SÍNTESE	Este projecto visa a criação de uma estrutura para a demonstração e disseminação de soluções inovadoras e de tecnologias energéticas economicamente viáveis, para a obtenção de edifícios de consumo quase zero. Esta estrutura baseia-se em três pilares: análise de tecnologias energeticamente eficientes e viáveis economicamente; actividade de demonstração em 3 novos edifícios; disseminação dos resultados a nível europeu.
SIGLA	NEXT-BUILDINGS
TÍTULO	Next zero energy buildings at lowest cost by using competitive sustainable technology
PÁGINA WEB	-
SÍNTESE	Este projecto visa a demonstração de edifícios de consumo energético muito baixo. Em todas as demonstrações a ambição é obter consumo energético quase zero, ou balanço positivo de energia. A metodologia de trabalho será: 1 Reduzir a procura energética; 2 Calor sustentável; 3 Renováveis locais e procura residual. Em todas as demonstrações praticas haverá uma focalização forte na demonstração de técnicas competitivas como águas residuais e recuperação de calor. O projecto inclui o desenvolvimento de novas tecnologias construtivas como por exemplo painéis fotovoltaicos integrados e envidraçados com factor solar variável.

SIGLA	SUS-CON
TÍTULO	Sustainable, innovative and energy-efficient concrete, based on the integration of all-waste materials
PÁGINA WEB	http://www.cetma.it/
SÍNTESE	Este projecto visa o desenvolvimento de novas tecnologias para a integração de materiais residuais no ciclo de produção do betão, para soluções pré-fabricadas e de betão pronto. Os materiais residuais serão desperdícios de origem natural caracterizados por uma baixa emissão de CO ₂ , fornecendo ao produto final melhores propriedades ao nível da ductilidade e do isolamento térmico.
SIGLA	BIPV-PCM-COGEN
TÍTULO	A novel bipv-pcm heat and power cogeneration system for buildings
PÁGINA WEB	http://www.dmu.ac.uk/home.aspx
SÍNTESE	Este projecto visa o desenvolvimento de uma fachada modular inovadora com melhores propriedades de eficiência térmica/eléctrica, quando comparado com as soluções existentes no mercado, utilizando lama micro-encapsulada PCM. Este tipo de solução irá diminuir a temperatura dos painéis fotovoltaicos aumentando a sua eficiência eléctrica. A energia utilizada pela solução irá ser utilizada para: 1) ajudar na ventilação do edifício; 2) fornecer água quente para uso doméstico durante todo o ano e para aquecimento ambiente quando necessário; 3) armazenamento de energia caso não se esteja a consumir energia.
SIGLA	PV/T/D
TÍTULO	Multifunctional pv/thermal/daylighting roof panels for atrium buildings and large green houses
PÁGINA WEB	http://www.nottingham.ac.uk/
SÍNTESE	Este projecto visa o desenvolvimento de um painel de cobertura multifuncional fotovoltaico/térmico/transmissão luminosa para átrios de edifícios e estufas de grande dimensão. O painel contém uma estrutura com micro concentradores parabólicos para fornecer a concentração da radiação solar e ao mesmo tempo permitir que parte da radiação solar seja transmitida como transmissão luminosa. Ao mesmo tempo o painel vai também fornecer sombreamento e a opção de aplicações fotovoltaicas/térmicas.

SIGLA	HIPIN
TÍTULO	High performance insulation based on nanostructure encapsulation of air
PÁGINA WEB	http://www.twi.co.uk/
SÍNTESE	Este projecto visa o desenvolvimento de um isolamento de elevada performance baseado em estruturas de ar nano-encapsuladas. Estas estruturas formam uma película de isolamento obtendo uma melhoria térmica significativa em edifícios. A tecnologia associada a este isolamento é de fácil aplicação e de custo reduzido. As propriedades de isolamento são conseguidas através da combinação de uma metodologia inovadora na fabricação de aerogéis para reduzir os custos de produção, combinado com a baixa emissividade do produto. Para além das propriedades de isolamento, o novo material irá ter características autolavagem, isolamento sonoro e protecção contra incêndios.
SIGLA	EASEE
TÍTULO	Envelope approach to improve sustainability and energy efficiency in existing multi-storey multi-owner residential buildings
PÁGINA WEB	http://www.imprimacostruzioni.com/
SÍNTESE	Este projecto visa o desenvolvimento de kits de soluções de reabilitação de envolventes energeticamente eficientes de edifícios de habitação, que combina designs inovadores, elementos pré-fabricados, materiais de elevado isolamento térmico e soluções de instalação sem necessidade de andaimes de modo a reduzir o consumo energético, minimizando o impacto nos ocupantes e preservando a fachada original. O projecto está especialmente direccionado para edifícios com caixa-de-ar, focalizando-se em 3 componentes principais que influenciam o desempenho energético do edifício: fachada exterior, caixa-de-ar e envolvente interior.
SIGLA	EFFBUILDINGS
TÍTULO	Thermal energy storage with phase change materials for energy efficiency of European building stock
PÁGINA WEB	http://www.udl.cat/
SÍNTESE	Este projecto visa o desenvolvimento de uma nova tecnologia para o desenvolvimento de PCM's a partir de resíduos e também o desenvolvimento de metodologias inovadoras de encapsulamento dos materiais PCM's. Vão ser também utilizadas novas metodologias de análise da resistência mecânica dos materiais.

SIGLA	C2CA
TÍTULO	Advanced technologies for the production of cement and clean aggregates from construction and demolition waste
PÁGINA WEB	http://home.tudelft.nl/
SÍNTESE	<p>Este projecto visa o desenvolvimento de metodologias de aproveitamento de resíduos da construção, nomeadamente, agregados de sílica a partir de betão já usado. É estabelecido um controlo de qualidade no sistema de demolição e reciclagem do betão e uma tecnologia inovadora de demolição/selecção, de modo a separar fracções de sílica e cálcio a um baixo custo.</p> <p>Finalmente, as pequenas fracções, ricas em cálcio e também em resíduos orgânicos, são convertidas em agentes agregadores por processamento térmico e misturado com agregados obtendo um novo tipo de argamassa.</p>
SIGLA	SUPERBUILDINGS
TÍTULO	Sustainability and performance assessment and benchmarking of buildings - superbuildings
PÁGINA WEB	http://www.vtt.fi/
SÍNTESE	<p>Este projecto visa o desenvolvimento de 1) indicadores sustentáveis para edifícios, 2) entendimento dos níveis de desempenho considerando edifícios novos e existentes, diferentes tipologias de edifícios e requisitos locais, 3) metodologia para o estabelecimento de edifícios sustentáveis de referência e 4) recomendações para o uso efectivo de sistemas de referência.</p> <p>O projecto reconhece lacunas no conhecimento actual acerca dos edifícios sustentáveis, que incluem: a) integração de aspectos sociais e económicos na avaliação de edifícios sustentáveis, b) consideração de certos aspectos meio-ambientais e uso de terra, c) definição de níveis de desempenho considerando níveis mínimos, d) consideração de condições locais, diferentes tipos de edifícios e selecção de níveis de desempenho para edifícios novos e existentes, e) selecção de critérios de referência a serem facilmente utilizados em diferentes partes de Europa, f) mobilização efectiva do sistema de referência, e) uso efectivo do sistema nos processos e na legislação dos edifícios.</p>

SIGLA	HESMOS
TÍTULO	ICT platform for holistic energy efficiency simulation and lifecycle management of public use facilities
PÁGINA WEB	-
SÍNTESE	Este projecto visa o desenvolvimento de uma metodologia holística para a optimização do desempenho energético e de redução de emissões de CO ₂ através de desenho integrado e simulação, equilibrando investimentos, manutenção e custos de reinvestimento. O objectivo é estabelecer uma ligação entre os dados de edifícios/ferramentas inteligentes para que a simulação/análise de ciclo de vida possa ser feita facilmente nas fases de desenho e reabilitação, onde estão as grandes potencialidades de poupança de energia
SIGLA	MEEFS RETROFITTING
TÍTULO	Multifunctional energy efficient façade system for building retrofitting
PÁGINA WEB	-
SÍNTESE	Este projecto visa o desenvolvimento de um sistema integrado energeticamente eficiente, composto por materiais compósitos e painéis avançados multifuncionais, com módulos tecnológicos integrados na fachada destinados à reabilitação urbana. As soluções serão aplicadas em edifícios em Espanha, em que as condições climáticas são extremas (> 35 °C no Verão e < 0 °C no Inverno). O edifício será monitorizado antes e depois a acção de reabilitação para testar a influência da nova solução.
SIGLA	ENCORE
TÍTULO	Environmentally-friendly solutions for concrete with recycled and natural components
PÁGINA WEB	http://www.unisa.it/
SÍNTESE	Este projecto visa a investigação das propriedades mecânicas, químicas e físicas de soluções construtivas de betão com componentes reciclados. Os 3 objectivos principais são: 1) investigar as propriedades físicas e mecânicas do betão com agregados reciclados; 2) investigar a possibilidade de contribuição de fibras recicladas no betão com agregados reciclados de betão; 3) investigar a possibilidade de aplicação de betão com fibras naturais.

SIGLA	LEEMA
TÍTULO	Low embodied energy advanced (novel) insulation materials and insulating masonry components for energy efficient buildings
PÁGINA WEB	http://www.sandb.com/
SÍNTESE	Este projecto visa o desenvolvimento de novos isolamentos térmicos à base de materiais inorgânicos e soluções de alvenaria com isolamento incorporado. Estas novas soluções irão ter um impacto energético 70-90% inferior durante a sua produção, um custo 25-30 % inferior às soluções convencionais de isolamento (EPS, XPS, lã de rocha, lã de vidro) e mantêm as propriedades ao longo da vida útil do material. Os novos materiais serão designados "3I materials", por serem Inorgânicos, Isolantes e Incombustível.
SIGLA	BIOBUILD
TÍTULO	High performance, economical and sustainable biocomposite building materials.
PÁGINA WEB	http://www.netcomposites.com/
SÍNTESE	Este projecto visa o uso de materiais bio-compósitos para reduzir a energia incorporada nas fachadas dos edifícios, estruturas de suporte e partições internas em pelo menos 50 % sobre materiais correntes sem aumento dos custos. Isto vai mudar o paradigma da construção virando-se para materiais sustentáveis com baixa emissão de carbono, substituindo o alumínio, aço, FRP, tijolos e betão. Os materiais bio compósitos são resinas renováveis e sustentáveis e estruturas de reforço. As resinas deste projecto são óleos de furanos e cajús com fibras de reforço de linho e juta. Fibras liberianas têm um impacto meio ambiental menor que o vidro, mas têm as mesmas propriedades.
SIGLA	STOREPET
TÍTULO	Development of PCM-based innovative insulating solutions for the light-weight building sector
PÁGINA WEB	http://www.sgg.si/
SÍNTESE	Este projecto visa o desenvolvimento de um material inovador para a envolvente de edifícios. É um material de baixo custo, com baixa condutibilidade térmica e que recorre ao uso de material compósito PCM à base de fibra, combinando num produto com três características importantes: isolamento térmico, isolamento acústico e capacidades de armazenamento térmico. A versatilidade do material permite a sua utilização em aquecimento e arrefecimento, podendo ser utilizado sob as mais variadas condições climáticas.

SIGLA	NANOFOAM
TÍTULO	New nano-technology based high performance insulation foam system for energy efficiency in buildings
PÁGINA WEB	http://www.dow.com/
SÍNTESE	Este projecto visa o desenvolvimento de uma nova espuma polimérica nanoestruturada de elevado desempenho, utilizando um agente de baixo potencial de aquecimento global e com uma baixa condutibilidade térmica e excelentes propriedades mecânicas, de resistência ao fogo e resistência a fungos. Serão efectuados testes à escala real do desempenho do produto (análise técnica, económica e ambiental) para a sua implementação em edifícios novos e em acções de reabilitação.
SIGLA	EFWI
TÍTULO	Low-cost switchable reflective polymeric solar heat gain control films for energy-efficient smart-window applications
PÁGINA WEB	-
SÍNTESE	<p>Este projecto visa o desenvolvimento de um novo material a aplicar em vãos envidraçados, para regular o factor solar segundo as necessidades do utilizador. O novo material será uma película polimérica com propriedades ópticas dinâmicas em resposta à alteração da intensidade luminosa e às necessidades de aquecimento e arrefecimento do espaço interior. A película será associada a: 1) janelas muito isoladas com baixa permeabilidade ao ar; 2) vãos envidraçados para reabilitação.</p> <p>Os vãos envidraçados com esta película irão integrar tecnologias fotovoltaicas e de sensores, permitindo a activação inteligente. O custo final da solução será competitivo com as soluções correntes, apresentando eficiência energética de longo termo, aumentando a poupança energética.</p>
SIGLA	R-D-SBES-R
TÍTULO	R & D in sustainable building energy systems and retrofitting
PÁGINA WEB	-
SÍNTESE	<p>Os principais objectivos deste projecto são:</p> <p>1 - desenvolver um novo condensador; 2 - desenvolver um sistema de arrefecimento com ejector accionado a partir da energia solar; 3 - desenvolver um sistema de arrefecimento dissecante accionado a partir de energia solar;</p>

SIGLA	R-D-SBES-R
SÍNTESE	4 - desenvolver um painel fotovoltaico utilizando evaporadores de expansão directa; 5 - desenvolver um sistema de aquecimento de águas quentes através de varanda solar; 6 - desenvolver um sistema híbrido de produção de electricidade e calor através de energia solar e biomassa; 7 - desenvolver permutadores de calor de micro-canais para os ar-condicionado dos edifícios; 8 - desenvolver estratégias de boas práticas para a reabilitação de edifícios.
SIGLA	E2REBUILD
TÍTULO	Industrialised energy efficient retrofitting of resident buildings in cold climates
PÁGINA WEB	-
SÍNTESE	Os principais objectivos deste projecto são: investigar, promover e demonstrar estratégias avançadas e eficientes de reabilitação que criem valor acrescentado para edifícios existentes; estabelecer e demonstrar soluções sustentáveis de renovação que irá reduzir o consumo energético; criar um processo holístico industrializado minimizando perturbações técnicas e sociais para os moradores, facilitando o uso eficiente da energia.
SIGLA	SEEDS
TÍTULO	Self learning energy efficient buildings and open spaces
PÁGINA WEB	-
SÍNTESE	<p>Este projecto visa o desenvolvimento de uma arquitectura capaz de se adaptar para acções de reabilitação e ao mesmo tempo para novos edifícios.</p> <p>O projecto estará baseado em investigação e avanços científicos na tecnologia wireless, aprendizagem de máquinas e redes Bayesian, assim como metodologias estatísticas standard para permitir a relação entre as principais variáveis, facilitar a previsão e permitir o controlo.</p> <p>Os resultados serão validados em duas localidades em locais opostos da Europa: 1) Campus da universidade de Stavanger e vários edifícios na Noruega e 2) um edifício de serviços e parques de estacionamento em Madrid, Espanha.</p>

SIGLA	AERO-COINS
TÍTULO	Aerogel-based composite/hybrid nanomaterials for cost-effective building super-insulation systems
PÁGINA WEB	http://www.tecnalia.com/
SÍNTESE	Este projecto visa o desenvolvimento de um novo material isolante com boas propriedades mecânicas. O material será constituído por aerogel, ultrapassando os dois maiores obstáculos que têm bloqueado o uso de aerogel: 1) aumento da resistência mecânica do composto sílica aerogel pela ligação cruzada de polímeros celulósicos ou a incorporação de base celulósica nas nano-fibras; 2) diminuição do custo de produção dos pratos monolíticos ou placas de aerogel através da secagem ambiente. Agindo nestes dois pontos o novo material, com excelentes propriedades isolantes e mecânicas, será sintetizado em laboratório para posteriormente ser experimentado à escala real.
SIGLA	QUAKEOPTIWRAP
TÍTULO	Optimal seismic rehabilitation of reinforced concrete buildings using frp composites
PÁGINA WEB	http://www.shef.ac.uk/
SÍNTESE	Este projecto visa o desenvolvimento de uma técnica inovadora de reabilitação sísmica de estruturas de betão armado utilizando polímeros reforçados com fibra (FRP). A metodologia proposta é capaz de efectuar reabilitação que minimiza o custo total do material FRP em pelo menos 20% melhorando a estabilidade estrutural. Como resultado do trabalho desenvolvido, serão elaborados manuais de boas práticas na reabilitação de estruturas.
SIGLA	NANOINSULATE
TÍTULO	Development of nanotechnology-based high-performance opaque & transparent insulation systems for energy-efficient buildings
PÁGINA WEB	http://www.kingspan.ie/
SÍNTESE	Este projecto visa o desenvolvimento de painéis de isolamento a vácuo (VIP) com uma óptima relação custo/benefício, robustos e duráveis. Os painéis incorporam nanotecnologia (nanospumas, aerogel, compósitos de aerogel) e películas que são até quatro vezes energeticamente mais eficientes que as soluções correntes. Estes novos sistemas vão dar origem a produtos com uma vida útil de pelo menos 50 anos, passíveis de ser aplicados em edifícios novos e acções de reabilitação.

SIGLA	NANOPCM
TÍTULO	New advanced insulation phase change materials
PÁGINA WEB	http://www.acciona-infraestructuras.es/
SÍNTESE	<p>Este projecto visa o desenvolvimento, implementação, produção e demonstração de soluções de baixo custo e materiais de mudança de fase (PCM) para componentes de elevado isolamento térmico em edifícios existentes. As diferentes técnicas a serem desenvolvidas por este projecto são: 1 - componentes de armazenamento térmico de baixo custo, à base de materiais nano-orgânicos PCM; 2 - nova nano-espuma de armazenamento térmico através da impregnação de materiais PCM orgânicos e inorgânicos. Os nano-poros irão ajudar no comportamento térmico do material PCM e o uso inovador de sais hidratados (inorganic PCM) em materiais de construção; 3 - melhoramento do comportamento térmico dos materiais desenvolvidos com a introdução de nano-materiais com elevada condutibilidade térmica no interior da sua estrutura (nano tubos e nano fibras a carbono); 4 - melhoramento de microcápsulas de mudança de fase, com a introdução de materiais de elevada condutibilidade térmica (nano tubos e nano fibras a carbono) na camada exterior, fornecendo uma melhor transferência de calor à parafina orgânica que se encontra no interior.</p>
SIGLA	PHOENICS
TÍTULO	Photocatalytic and energy storage innovative concretes
PÁGINA WEB	http://www.teknologisk.dk/
SÍNTESE	<p>Este projecto visa o desenvolvimento de uma nova geração de soluções de betão, baseada na nanotecnologia. Este desenvolvimento irá ser efectuado através do desenvolvimento de sistemas foto-catalíticos, com actividade aumentada na fracção visível do espectro solar, e pela integração de cristais foto-catalíticos inovadores na estrutura do betão.</p>
SIGLA	CLIMAWIN
TÍTULO	An intelligent window for optimal ventilation and minimum thermal loss
PÁGINA WEB	http://www.aau.dk/
SÍNTESE	<p>Este projecto visa o desenvolvimento de um envidraçado inovador de elevado desempenho com operação electrónica de um sistema de ventilação natural, auto-regulado e isolamento electrónico nocturno, accionado a partir de radiação solar.</p>

SIGLA	CLIMAWIN
SINTESE	Este projecto está virado para o sector da reabilitação, especialmente para edifícios antigos sem sistemas de climatização. Através de sensores inteligentes e tecnologia de radio frequência, o sistema irá otimizar em tempo real o clima interior, tendo em consideração parâmetros como temperatura interior/exterior, concentração de CO ₂ , humidade relativa, etc.
SIGLA	CETIEB
TITULO	Cost-effective tools for better indoor environment in retrofitted energy efficient buildings
PÁGINA WEB	-
SINTESE	Este projecto visa o desenvolvimento de soluções inovadoras para uma melhor monitorização da qualidade do ambiente interior e a investigação de sistemas activos e passivos para o seu melhoramento. O projecto baseia-se em três objectivos principais: 1 - desenvolvimento de sistemas de monitorização para detecção de situações de desconforto; 2 - desenvolvimento de sistemas de controlo do ambiente interior que poderá ser baseado em elementos passivos como materiais foto-catalíticos, PCMs e sistemas activos que controlam os fluxos de ar baseados na informação monitorizada; 3 - modelação do ambiente interior para a avaliação e validação dos dados monitorizados, e otimizar de acordo com a eficiência energética, os parâmetros de controlo e sistemas.
SIGLA	SUSREF
TITULO	Sustainable refurbishment of building facades and external walls
PÁGINA WEB	http://www.vtt.fi/
SINTESE	Este projecto visa o desenvolvimento de novas tecnologias sustentáveis para a reabilitação de paredes exteriores através de: identificação das necessidades de reabilitação da envolvente de edifícios na União Europeia, de modo a entender a significância em termos de impacto económico e meio-ambiental e possíveis oportunidades de negócio; desenvolvimento de metodologias sistematizadas de gestão do desempenho funcional das soluções; análise das tecnologias, do ponto de vista da física do edifício, conforto e durabilidade; desenvolvimento de produtos sustentáveis; desenvolvimento de acções de divulgação com os resultados do projecto na indústria.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Depois de uma forte expansão do sector da construção, este enfrenta agora uma necessidade permanente de inovação, obrigando a um constante trabalho de investigação e desenvolvimento na definição de soluções e tecnologias construtivas, por parte das empresas.

A inovação na área das tecnologias da construção sustentável tem-se afirmado através da diferenciação por via dos materiais, por via do produto e pelas técnicas construtivas, com o objectivo de permitir construções mais leves, com maior isolamento térmico e acústico e mais sustentáveis, sem comprometer a sua durabilidade e as restantes exigências funcionais.

Através da pesquisa realizada, que serviu de base a este estudo, foi possível identificar diversas soluções, existentes no mercado ou em fase de desenvolvimento, relacionadas com: a otimização das propriedades de materiais utilizados na construção, nomeadamente betão estrutural, betão para o fabrico de blocos, argamassas e rebocos, isolamento térmico, revestimentos e tintas; desenvolvimento de materiais inovadores, resultantes da incorporação de resíduos, de construção e demolição (RCD) ou desperdícios derivados de outras indústrias, ou da aplicação da nanotecnologia (por exemplo através da utilização de aerogel e materiais de mudança de fase (PCM)); ou ainda, a utilização de materiais não correntes, tais como os isolantes naturais ou inorgânicos.

Relativamente aos produtos, foram identificadas algumas das técnicas usadas na optimização do desempenho de alguns produtos da construção, nomeadamente a alteração da sua geometria, alteração de componentes, etc., assim como processos inovadores, aplicáveis principalmente a blocos, tijolos, janelas, vidros ou painéis de isolamento.

A ambição de desenvolvimento de soluções multifuncionais faz com que tendencialmente as empresas estabeleçam parcerias no processo de concepção e de produção. Destaque-se que o conhecimento mútuo e alargado das competências entre empresas poderá beneficiá-las, já que poderão encontrar, mais facilmente, os parceiros mais adequados.

Para além dos avanços tecnológicos referidos, ao nível dos materiais e produtos da construção, existe uma grande necessidade de inovar o método construtivo, com o objectivo de melhorar a qualidade do produto final e reduzir os custos de produção e de instalação em obra. Para isso, muitas empresas estão a adoptar o método da pré-fabricação como uma ferramenta para aperfeiçoar os respectivos processos construtivos, optando por realizar grande parte das tarefas em fábrica e menos em obra ou em estaleiro.

Esta tendência para a pré-fabricação contribui para a leveza da construção, o que acaba por ser um indicador de menor quantidade de energia incorporada nos edifícios e de uma redução dos resíduos inerentes à construção, quando comparada com a construção tradicional.

Foram abordados, neste estudo, três tipos de construção pré-fabricada, sistemas de painéis pré-fabricados, construção modular e ainda sistemas de montagem *in situ*, que compreendem elementos de isolamento térmico como cofragem perdida na betonagem dos elementos construtivos.

Relativamente à construção modular, constatou-se que existe um grande número de empresas a trabalhar nesta área. No entanto, verifica-se que existe frequentemente uma lacuna, no que respeita à informação técnica disponível sobre as técnicas e materiais utilizados, assim como relativamente ao efectivo desempenho térmico, acústico e mecânico. Os materiais mais usados pelas empresas de construção modular são a madeira e o aço, sendo este último normalmente laminado a frio.

Salienta-se, também neste estudo, a existência de sistemas de rotulagem e avaliação da sustentabilidade de produtos e edifícios, com o intuito de disponibilizar informação adequada sobre os produtos.

Actualmente são muitos os instrumentos e ferramentas disponíveis, que visam ajudar na selecção de produtos e materiais sustentáveis, tais como, os rótulos ambientais de produto, sistemas de certificação ambiental e da sustentabilidade na construção e plataformas, onde são disponibilizadas bases de dados com informação acerca de produtos e materiais sustentáveis.

O objectivo global dos rótulos e declarações ambientais é estimular a procura e a oferta dos produtos que têm um menor impacto sobre o ambiente, através de uma comunicação e informação verificável, precisa, que não induza em erro, relativa aos aspectos ambientais dos produtos, estimulando, deste modo, o potencial de melhoria contínua no mercado. Estas ferramentas permitem aos clientes e consumidores rotularem os bens/serviços como ambientalmente adequados, conduzindo à sua diferenciação no mercado.

A promoção de políticas europeias tem sido um dos meios disponíveis para assegurar a sustentabilidade global das construções no futuro e são já várias, aquelas que se aplicam à indústria da construção. Daí, ter-se considerado importante listar, neste estudo, algumas das políticas mais relevantes, pois é com base nelas que cada estado membro deve definir os requisitos específicos, a nível nacional, contribuindo assim para o cumprimento dos objectivos traçados a nível europeu. Um exemplo disso foi a transposição, em Portugal, da Directiva Europeia 2002/91/CE [62], relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD), que deu origem a três Decretos-lei correspondentes ao Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) [63], ao Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) [64] e ao Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) [3]. No entanto, a reformulação da EPBD, através da Directiva Europeia 2010/31/EU [8] de 19 de Maio de 2010, veio clarificar alguns dos aspectos do documento anterior e reforçar os requisitos impostos, obrigando a uma alteração dos diplomas actualmente em vigor em Portugal, nomeadamente a uma revisão dos valores dos requisitos mínimos de desempenho energético do edifício e dos componentes da envolvente térmica do mesmo, tendo em conta o princípio do custo óptimo, e de acordo com quadro metodológico comparativo estabelecido no Regulamento Delegado n.º 244/2012 [9] da Comissão Europeia.

Alerta-se para o facto de que nos processos de revisão regulamentar, nas mais diversas áreas relacionadas com a construção, deverá existir um especial cuidado no conhecimento das tecnologias construtivas, existentes ou a promover, tendo em conta o potencial das empresas nacionais.

É importante referir ainda a existência de apoio financeiro que incentiva a investigação na área dos novos materiais e tecnologias energeticamente e ambientalmente sustentáveis, a nível nacional e europeu. Exemplos disso são os projectos de investigação e desenvolvimento enquadrados em financiamento da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) e Quadro de Referência Estratégico Nacional (QREN), a nível nacional, e do *Intelligent Energy Europe* (IEE), *Eco-Innovation e Seventh Framework Programme* (FP7), a nível europeu.

Ao nível dos projectos nacionais, verifica-se uma maior tendência para o desenvolvimento de novas soluções na área da pré-fabricação, tendo como principal objectivo o desenvolvimento de soluções mais eficientes e sustentáveis, e a utilização da nanotecnologia para a optimização das propriedades de certos materiais de construção. Já a nível Europeu, existe uma predominância de projectos na área da nanotecnologia, incorporação de resíduos e incorporação de materiais naturais ou inorgânicos para o desenvolvimento de novas soluções. Existe ainda uma aposta forte no desenvolvimento de plataformas online que sustentam, por exemplo, bases de dados de produtos para a construção, identificando as suas principais características, listagem de medidas de melhoria aplicáveis à reabilitação de edifícios, etc.

Em sùmula, pode-se afirmar que se verifica uma grande motivação por parte das empresas, que se dedicam à indústria destinada ao habitat construído, no desenvolvimento de novas soluções. Contudo, crê-se que se deverá continuar a apostar no crescimento da cooperação inter-empresarial e inter-institucional, de modo a potenciar o grau de inovação dos produtos, e na procura de soluções específicas para construção nova, mas também para a reabilitação.

Coimbra, 31 de Julho de 2012

Autoria técnica do relatório:

Liliana Sousa: _____

Nuno Simões: _____

Julieta António: _____

A Direcção do ITeCons

7 - BIBLIOGRAFIA

- [1] World Commission on Environment and Development, "Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future," Geneva, Suíça, 1987.
- [2] R. F. M. d. S. Mateus, "Novas Tecnologias Construtivas com vista à Sustentabilidade da Construção," 2004.
- [3] *Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril*, Lisboa: Diário da República n.º 67/2006 - I Série-A. Ministério da Economia e Inovação.
- [4] *Decreto-Lei n.º 96/2008 de 9 de Junho*, Lisboa: Diário da República n.º 110 - 1.ª Série. Ministério do Ambiente, do Ordenamento de Território e do Desenvolvimento Regional.
- [5] C. A. P. d. Santos e L. Matias, *Coefficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*, Lisboa: LNEC, 2009.
- [6] LNEC, "Marcação CE de Portas e Janelas no âmbito da Norma EN 14351-1 - Resultados do Inquérito de 2011," LNEC, 2011.
- [7] M. Casquijo e P. Santos, "Analysis of main thermal characteristics of the residential buildings in Portugal since July 2006," em *Inovação na Construção Sustentável (CIN-COS' 10)*, Curia, Portugal, 2010.
- [8] *Directive 2010/31/UE of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)*, Strasbourg: Official Journal of the European Union L 153 of 18.06.2010.
- [9] *Regulamento Delegado (EU) N.º 244/2012 da Comissão de 16 de Janeiro que contempla a directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho relativa ao desempenho energético dos edifícios, através do estabelecimento de um quadro metodológico comparat*, *Jornal Oficial da União Europeia*, L81/18-36, 21 de Março de 2012, Lisboa.

[10] *Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro*, Lisboa: Diário da República n.º 12/2007 - 1.ª Série. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolviemnto Regional.

[11] *Decreto-Lei n.º 40/90, de 6 de Fevereiro*, Diário da República n.º 31 - 6-2-1990 - I Série. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 1990.

[12] F. P. Torgal e S. Jalali, “Construção Sustentável. O Caso dos Materiais de Construção,” em *Congresso Construção 2007 - 3.º Congresso Nacional*, Coimbra, 2007.

[13] R. G. Fiw, “Inorganic mineral materials for insulation in buildings,” em *Materials for energy efficiency and thermal comfort in buildings*, vol. Woodhead Publishing Series in Energy: Number 14, M. R. Hall, Ed., Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2010, pp. 193-228.

[14] D. Frade, A. Tadeu, P. A. Mendes, N. Simões, G. Matias e A. Neves, “Argamassas industriais com incorporação de granulado de cortiça,” em *4.º Congresso Português de Argamassas e ETICS*, Coimbra, 2012.

[15] P. J. Gonçalves, D. F. Frade e J. Brites, “Argamassas Térmicas - Uma solução no cumprimento do RCCTE,” em *4.º Congresso Português de Argamassas e ETICS*, Coimbra, 2012.

[16] D. I. P. Dias, “Radiation Control Coatings,” Porto, 2008.

[17] F. P. Torgal e S. Jalali, “Betão Eco-Eficiente: O futuro da Indústria do Betão Pronto,” *Betão*, vol. n.º 26, Abril 2011.

[18] O. Ozkana e I. Yuksel, “Studies on mortars containing waste bottle glass and industrial by-products,” *Construction and Buildings Materials*, vol. 22, pp. 1288-1298, 2008.

- [19] M. d. J. d. A. Leão, “Argamassas com incorporação de resíduos resultantes de subprodutos industriais com função de pozolanas ou em substituição parcial de agregado”.
- [20] I. Ling e D. Teo, “Properties of EPS RHA lightweight concrete bricks under different curing conditions,” *Construction and Buildings Materials*, vol. 25, pp. 3648-3655, 2011.
- [21] M. N. Soutsos, K. Tang e S. G. Millard, “Concrete building blocks made with recycled demolition aggregate,” *Construction and Building Materials*, vol. 25, pp. 726-735, 2011.
- [22] S. E. Chidiac e S. N. Mihaljevic, “Performance of dry cast concrete blocks containing waste glass powder or polyethylene aggregates,” *Cement & Concrete Composites*, vol. 33, pp. 855-863, 2011.
- [23] I. Castro, N. Simões, A. Tadeu e F. G. Branco, “Acoustic and thermal behavior of concrete building blocks with cork,” em *5th Dubrovnik Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, Dubrovnik, Croatia, 2009.
- [24] A. Vieira, M. Machado, J. Branquinho e O. Rocha, “Estudo da aplicação da nanotecnologia no sector da construção: necessidades e novas oportunidades,” em *Inovação na Construção Sustentável (CINCOS' 10)*, Curia, Portugal, 2010.
- [25] D. G. Elvin, “Nanotechnology for Green Buildings,” em *Green Technology Forum*, 2007.
- [26] R. Baetens, B. P. Jelle e A. Gustavsen, “Aerogel insulation for building applications: A state-of-the-art review,” em *Energy and Buildings*, Elsevier B. V., 2011, pp. 761-769.
- [27] N. T. D. F. d. Silva, “Incorporação de Materiais de Mudança de Fase em Materiais de Construção,” 2009.

[28] F. Kuznik, D. David, K. Johannes e J.-J. Roux, "A review on phase change materials integrated in building walls," em *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. Volume 15, January 2011, pp. 379-391.

[29] A. F. L. d. Silva, "A Aplicação de Materiais Sustentáveis na Redução do Ruído," Coimbra, 2012.

[30] R. G. Fiw, "Natural fibre and fibre composite materials for insulation in buildings," em *Materials for energy efficiency and thermal comfort in buildings*, Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2010, pp. 229-256.

[31] M. Almeida, P. Frade e A. Corte-Real, "Análise de desempenho ambiental do tecnoljolo face ao tijolo tradicional - caso de estudo," em *Inovação na Construção Sustentável (CINCOS' 10)*, Curia, Portugal, 2010.

[32] A. Gustavsen, B. P. Jelle, D. Arasteh e C. Kohler, "State-of-the-Art Highly Insulating Window Frames - Research and Market Review," 2007.

[33] R. J. B. P. T. J. V. T. M. J. G. S. U. S. & G. A. Baetens, "Vacuum insulation panels for building applications: A review and beyond," em *Energy and Buildings*, vol. 42(2), 2010, pp. 147-172.

[34] M. Erb, Ed., *Vacuum Insulation - Panel Properties and Building Applications*, 2005.

[35] "ACEPE - Associação Industrial do Poliestireno Expandido," [Online]. Available: <http://www.acepe.pt>.

[36] A. G. S. A. D. J. B. P. & G. H. Gustavsen, "Key elements of and material performance targets for highly insulating window frames," em *Energy and Buildings*, vol. 43 (10), Elsevier B.V, 2011, pp. 2583-2594.

[37] J. Czerniel Berndtsson, "Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review," em *Ecological Engineering*, vol. Volume 36, April 2010, pp. 351-360.

[38] V. S. S. B. J. D. H.F. Castleton, "Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit," em *Energy and Buildings*, vol. Volume 42, October 2010, pp. 1582-1591.

[39] s. Ulubeyli, A. Kazaz e B. Er, "Comparative Economic Valuation of Green Roofs: An Overview," em *Visions for the Future of Housing Mega Cities*, Istanbul, 2012.

[40] M. A. P. d. S. Amaral, "Sistemas de Ventilação Natural e Mistos em Edifícios de Habitação," Porto, 2008.

[41] A. B. Couto e J. P. Couto, *Vantagens Produtivas e Ambientais da Pré-Fabricação*.

[42] M. Mapston e C. westbrook, "Prefabricated building units and modern methods of construction (MMC)," em *Materials for energy efficiency and thermal comfort in buildings*, vol. Woodhead Publishing Series in Energy: Number 14, M. R. Hall, Ed., Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2010, pp. 427-454.

[43] A. Ceccotti, "New technologies for Construction of Medium-Rise buildings in Seismic Regions: The XLAM case," *Journal of the International Association for Bridge and Structural Engineering*, vol. 2, pp. 156-165, 2008.

[44] *Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council of 6 July 2005 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-using products*, Official Journal of the European Union L 191 of 22.07.2005.

[45] *Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-related products (recast)*, Official Journal of the European Union L 285 of 31.10.2009.

[46] *Council Directive 92/75/EEC of 22 September 1992 on the indication by labelling and a standard product information of the consumption of energy and other resources by household appliances*, Official Journal of the European Communities, L 297 13.10.92.

[47] *DIRECTIVE 2010/30/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the indication by labelling and standard product information of the consumption of energy and other resources by energy-related products (recast)*, Official Journal of the European Union L 153, 18.06.2010.

[48] *REGULAMENTO (CE) No 66/2010 DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 25 de Novembro de 2009 relativo a um sistema de rótulo ecológico da UE*, Jornal Oficial da União Europeia. L 27. 30.01.2010, 2010.

[49] *ISO 14024:1999 Environmental labels and declarations - Type I, Environmental labelling - Principles and Procedures.*

[50] *EN ISO 14021:2008 Environmental labels and declarations. Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling) (ISO 14021:1999).*

[51] *ISO 14025:2009 Environmental labels and declarations. Type III environmental declarations. Principles and procedures.*

[52] *Decreto-Lei n.º 63/2011 de 9 de Maio*, Diário da República n.º 89/2006 - 1.ª Série. Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento, 2011.

[53] *ISO 18292:2011 - Energy performance of fenestration systems for residential buildings - Calculation procedure*.

[54] M. D. Pinheiro, *Ambiente e Construção Sustentável*, Instituto do Ambiente, 2006.

[55] *DIRECTIVE 2009/28/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC*, Official Journal of the European Union. L 140/16. 05.06.2009, 2009.

[56] *DIRECTIVE 2001/77/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity*, Official Journal of the European Communities. L 283/33. 27.10.2001.

[57] *DIRECTIVA 2003/30/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 8 de Maio de 2003 relativa à promoção da utilização de biocombustíveis ou de outros combustíveis renováveis nos transportes*, Jornal Oficial da União Europeia. L 123/42. 17.05.2003.

[58] *DIRECTIVE 2004/8/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 11 February 2004 on the promotion of cogeneration based on a useful heat demand in the internal energy market and amending Directive 92/42/EEC*, Official Journal of the European Union. L 52/50. 21.02.2004.

[59] *DIRECTIVA 92/42/CEE DO CONSELHO de 21 de Maio de 1992 relativa às exigências de rendimento para novas caldeiras de água quente alimentadas com combustíveis líquidos ou gasosos*, 1992L0042 - PT - 21.03.2008 - 004.001 - 1.

[60] *DIRECTIVE 2006/32/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services and repealing Council Directive 93/76/EEC*, Official Journal of the European Union. L 114/64. 27.04.2006.

[61] *DIRECTIVA 93/76/CEE DO CONSELHO de 13 de Setembro de 1993 relativa à limitação das emissões de dióxido de carbono através do aumento da eficácia energética*, Jornal Oficial das Comunidades Europeias. L 237/28. 22.09.93.

[62] *Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 116 December 2002 on the energy performance of buildings, Brussels*: Official Journal of the European Union L 1 of 04.01.2003.

[63] *Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril*, Diário da República n.º 67/2006 - I Série-A. Ministério da Economia e da Inovação, 2006.

[64] *Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril*, Diário da República n.º 67/2006 - I Série-A. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, 2006.



www.centrohabitat.net
centrohabitat@centrohabitat.net

