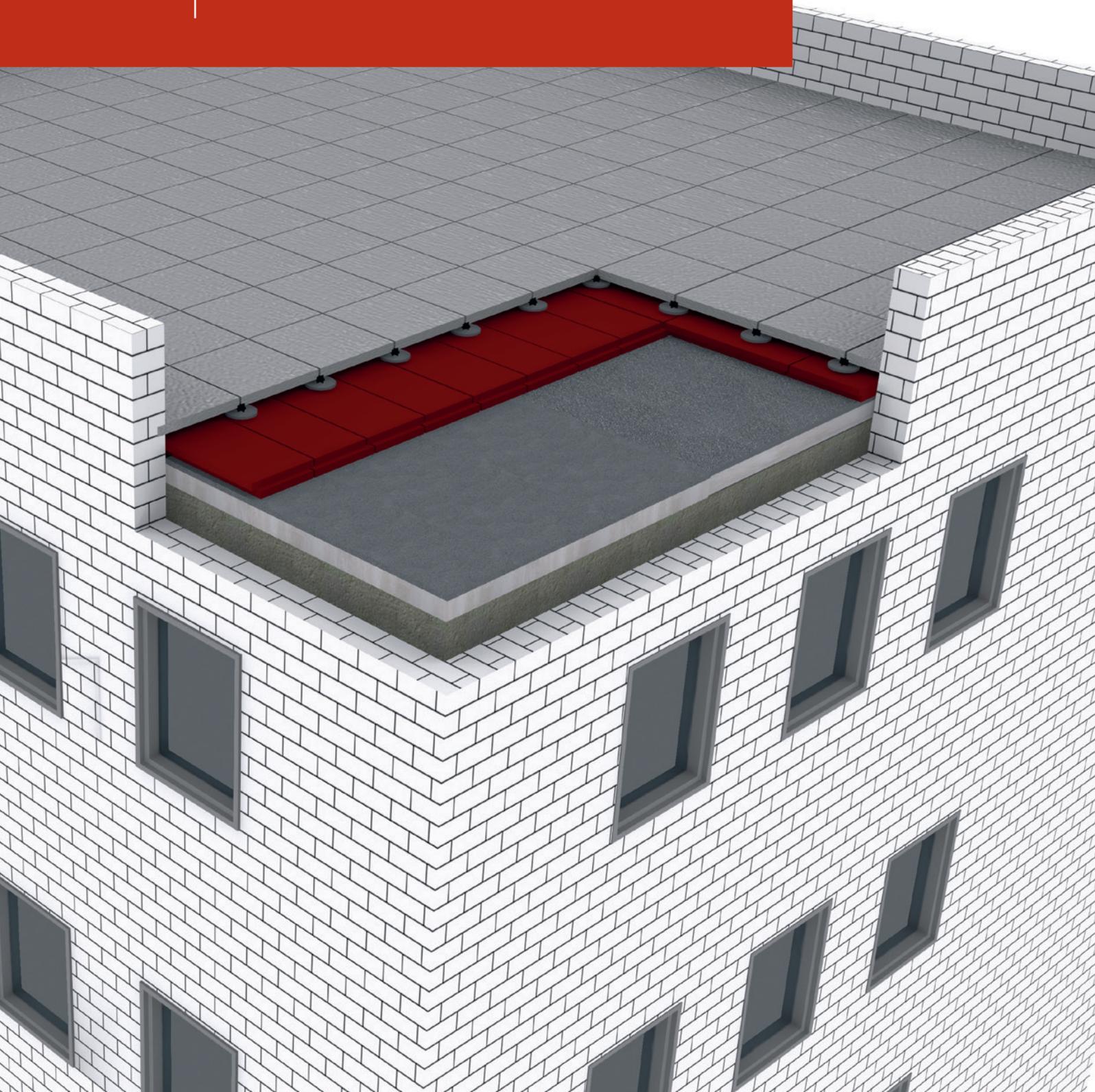


*A cobertura isolada.  
Soluções flexíveis e duradouras  
com poliestireno extrudido (XPS)*





ASSOCIAÇÃO IBÉRICA DE POLIESTIRENO EXTRUDIDO

***A AIPEX, Associação Ibérica de Poliestireno Extrudido constituída em 2004, engloba um grupo de empresas produtoras deste material isolante que operam na Península Ibérica. Um dos seus objectivos principais é dar a conhecer ao mercado e aos agentes do processo construtivo as qualidades do poliestireno extrudido, assim como as vantagens que se obtêm ao utilizá-lo como isolante térmico numa variedade de aplicações para a construção.***

Índice

<b>O Código Técnico da Edificação</b>	<b>3</b>
<b>Eficiência energética e meio ambiente</b>	<b>6</b>
<b>Cobertura invertida</b>	<b>8</b>
A cobertura em Espanha e a eficiência energética	9
Reabilitação de coberturas planas	10
Durabilidade do XPS em cobertura invertida (exemplos reais).	11
Vantagens da cobertura invertida	14
<b>O poliestireno extrudido</b>	<b>15</b>
<b>Tipologias de cobertura invertida</b>	<b>19</b>
<b>Coberturas invertidas não transitáveis</b>	
Cobertura invertida com gravilha	20
Cobertura invertida ajardinada	22
<b>Coberturas invertidas transitáveis</b>	
Cobertura invertida com ladrilhos com argamassa	23
Cobertura invertida com ladrilhos sobre suportes	24
Cobertura invertida com ladrilhos isolantes	25
Cobertura invertida tráfico rodado	27
<b>Colocação em obra</b>	<b>28</b>
Cobertura plana invertida com estrutura suporte de betão	29
Cobertura invertida não transitável acabamento em gravilha	29
Pavimento de ladrilhos de betão	29
Pavimento contínuo de ladrilho cerâmico	30
Pavimento de ladrilhos isolantes	30
Com camada de rodadura para trânsito de veículos	31
Acabamentos vegetais ou ajardinados	31
Cobertura plana com estrutura suporte de chapa metálica ondulada (cobertura deck)	31

# Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)

# 1

*O desenvolvimento económico tem vindo a procurar, no último século, dispor de fontes energéticas abundantes e baratas a partir dos combustíveis fósseis. Nos últimos 35 anos, desde a Crise do Petróleo de 1973, o mundo inteiro ganhou consciência dos “limites de crescimento” <sup>(1)</sup>, como os denominava no seu famoso parecer, já em 1972, o Clube de Roma ([www.clubofrome.org](http://www.clubofrome.org)).*

## **Sustentabilidade: eficiência energética contra a mudança climática**

A eficiência energética é um dos principais instrumentos para restabelecer a proporção de gases de efeito de estufa a um nível compatível com o equilíbrio do meio-ambiente desejado para a Terra. Para chegar a esses 60% de redução de emissões (por agora, fora dos objectivos de Quioto no período previsto, até 2012), a “parte positiva” é que actualmente utiliza-se a energia de modo tão ineficiente que essas reduções poderiam ser possíveis sem colapsar as economias industriais.

Exemplos:

› Fomento da eficiência energética em todos os sistemas, desde as centrais térmicas até à concepção de edifícios (orientação, ventilação, aproveitamentos passivos...), passando, por exemplo, pelas instalações de iluminação, as caldeiras e o isolamento térmico adequado das habitações e edifícios em geral.

› Fomento de fontes energéticas renováveis, que não originam dióxido de carbono, como a energia solar, a eólica ou a hidroelétrica.

› Desenvolvimento (no qual já se trabalha desde há muito) e comercialização de tecnologia energética a partir da fusão nuclear (distinguir das centrais comuns, até agora de fusão nuclear, com dificuldades no tratamento e armazenamento de resíduos radioactivos e reservas limitadas de urânio).

› O processo de melhoria na eficiência poderia apoiar-se em mecanismos de mercado, como impostos sobre o carbono ou a energia, os quais reflectem o prejuízo que causam as emissões de dióxido de carbono.

› No transporte, há também um longo caminho por percorrer, alterando o insustentável paradigma do automóvel privado, em que quase se chega ao paroxismo de uma pessoa = um automóvel (por mais perfeito que seja como máquina e como técnica), por novas políticas de transporte que não fomentem a utilização dos automóveis, mas sim o transporte público, reduzindo-se as necessidades de deslocação através de alterações na planificação urbana e regional.

Para reduzir os consumos de energia na edificação, a ferramenta mais eficiente é a redução da procura, pois assim evita-se o efeito de “lente de aumento” que os equipamentos e máquinas de climatização têm sobre

a procura, devido aos rendimentos que nunca são de 100%, de forma a que o consumo seja sempre maior que a procura que o origina.

**“ Nos edifícios a forma mais eficiente de reduzir a procura de energia é, além de melhorar a eficiência térmica das janelas e controlar as infiltrações não desejadas de ar exterior, a introdução de um isolamento térmico adequado em toda a envolvente.**

## **Directiva 2002/91/CE sobre a eficiência energética na edificação**

Na proposta para uma construção “sustentável”, em sintonia com o Protocolo de Quioto, a União Europeia publicou em 2002 a Directiva 2002/91/CE sobre a eficiência energética na edificação, a qual todos os Estados da União deviam aplicar nos seus regulamentos nacionais antes de 4 de Janeiro de 2006.

A Comissão Europeia estima que, com o novo contexto normativo definido pela Directiva, as emissões da União Europeia podem ser reduzidas até 45 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano, o que representa 22% do compromisso da UE no Protocolo de Quioto.

Os objectivos da Directiva são:

› Aumentar progressivamente as exigências regulamentares relativas à qualidade térmica dos edifícios de nova planta, de forma a reduzir o consumo energético. Como o consumo é a procura energética dividida pelo rendimento médio do sistema de acondicionamento ou climatização, há dois termos sobre os quais incidir:

- » O numerador, isto é, reduzir a procura de duas formas:
  - usando energias renováveis, cujo efeito é reduzir a procura de energia não renovável do edifício.
  - construindo edifícios de maior qualidade térmica

(1) “The limits to growth”

- » O denominador, isto é, aumentar o rendimento dos sistemas convencionais (com base em energias não renováveis) de climatização.
- Promover edifícios de nova planta com elevada eficiência energética.
- Identificar as medidas que tendem a melhorar a eficiência energética de edifícios existentes.
- Na Directiva, estabelece-se:
  - Uma metodologia comum de cálculo da eficiência energética (Art. 3), respondendo assim à pergunta de como calcular o consumo energético do edifício.
  - Os requisitos mínimos que se devem satisfazer (Art. 4), ou seja, define-se o consumo energético máximo permitido.
  - A certificação energética (Art. 7), que é a forma de reconhecer o esforço empregue para alcançar uma maior eficiência energética.
  - E a inspecção periódica de caldeiras e sistemas de climatização (Art. 8), o qual assegura que o consumo estimado se manterá (e não vai sofrer aumentos) no futuro.

No que concerne à certificação energética, o *Certificado Energético* deverá descrever, na medida do possível, a situação real da eficiência energética do edifício e poderá, portanto, sofrer revisões. Os edifícios públicos devem dar exemplo, sendo periodicamente objecto de certificação energética, e mostrando de forma destacada o *Certificado Energético*. Desta forma, o facto de mostrar as temperaturas interiores oficialmente recomendadas, juntamente com temperatura realmente registada, deve desencorajar-se a má utilização dos sistemas de climatização e ventilação. Isto deve contribuir para evitar o consumo desnecessário de energia, mantendo condições ambientais interiores adequadas (conforto térmico), em função da temperatura exterior.

#### **RCCTE - Caracterização e quantificação das exigências**

A caracterização de um edifício para efeitos de análise térmica baseia-se em inúmeros factores e características tais como a forma do edifício, o sistema construtivo da estrutura envolvente, a localização geográfica do edifício, a sua inércia térmica e outros. Duas das mais importantes características são a localização do edifício e a sua inércia térmica.

A importância deste parâmetro não é a mesma para todo o tipo de edifícios e ocupação:

**“ A Directiva Europeia 2002/91/CE do Parlamento Europeu de 16 de Dezembro de 2002 foi transposta para o Direito Nacional Português de 4 de Abril de 2006 através de um pacote legislativo composto por três Decretos-lei: O Decreto-Lei n.º 78/2006, Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE); o Decreto-Lei n.º 79/2006, Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização dos Edifícios (RSECE) e o Decreto-Lei n.º 80/2006, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).**

- No Verão (estação quente) a inércia dos edifícios é sempre muito vantajosa.
- No Inverno (estação fria) a inércia é um factor importante nos edifícios com aquecimento contínuo e/ou ocupação intermitente (edifícios residenciais), mas menos importante em edifícios com aquecimento intermitente ou ocupação descontínua.

Para otimizar a inércia de um edifício deve procurar-se que a massa dos elementos construtivos em contacto com o ambiente interior, isto é, que estão do lado interior da camada de isolamento térmico seja elevada.

Na caracterização térmica de um edifício ou fracção o RCCTE impõe a caracterização das necessidades energéticas dos edifícios através da quantificação dos seguintes índices fundamentais:

- Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento – **Nic**;
- Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento – **Nvc**;
- Necessidades nominais anuais de energia para produção de águas quentes sanitárias – **Nac**;
- Necessidades globais de energia primária – **Ntc**.

Para cada um destes parâmetros é fixado um limite máximo admissível designados, respectivamente, por Ni, Nv, Na e Nt. A quantificação destes limites é relativamente simples e depende, entre outros, do factor de forma do edifício, dos graus dias de aquecimento, da zona climática, do número de habitantes na fracção ou



edifício, e da área útil do pavimento.

Por outro lado, a metodologia de obtenção destes índices fundamentais pressupõe a quantificação, sob condições específicas, dos seguintes parâmetros complementares:

- » Coeficientes de transmissão térmica superficiais **U**;
- » Coeficientes de transmissão térmica lineares  $\lambda$ ;
- » A classe de inércia térmica do edifício ou fracção autónoma **It**;
- » O factor solar dos vãos envidraçados **g** ;
- » A taxa de renovação do ar interior **Rph**.

A metodologia de verificação do RCCTE admite determinadas condições interiores de referência, definidas no Artigo 14.º, que são as seguintes:

- » Temperatura do ar no Inverno = 20 °C
- » Temperatura do ar no Verão = 25 °C e Humidade Relativa = 50%
- » Consumo de água quente sanitária a 60 °C = 40 l/pessoa
- » Ventilação = 0,6 renovações/hora

A transferência de calor através da envolvente dos edifícios depende das condições interiores (definidas anteriormente) e do clima exterior. Face à variabilidade das condições do clima exterior, o RCCTE apresenta dados climáticos médios para cada concelho de Portugal Continental e para as Regiões Autónomas, distinguindo três zonas climáticas, tanto na estação de aquecimento (zonas climáticas de Inverno:  $I_1$ ,  $I_2$  e  $I_3$ ) como na estação de arrefecimento (zonas climáticas de Verão:  $V_1$ ,  $V_2$  e  $V_3$ ).

Estas zonas climáticas podem ser influenciadas pelos dados climáticos médios, mas também, tal como se apresenta nos quadros seguintes, pela altitude e distância à costa.

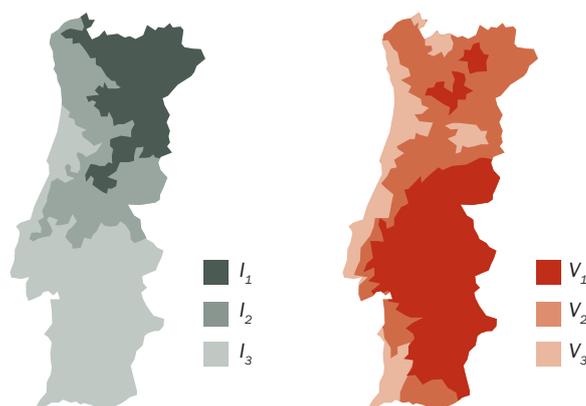
A zona  $I_1$  é a mais fria durante o Inverno e a zona  $V_1$  a mais quente no Verão.

Na figura abaixo pode observar-se a distribuição dessas zonas climáticas em Portugal Continental.

### Zonamento climático de Portugal Continental

Zonas climáticas inverno

Zonas climáticas verão



A seguir indicam-se, para cada concelho de Portugal Continental, as zonas climáticas de Inverno e de Verão, que devem ser corrigidas nos seguintes casos particulares:

» Nos concelhos de Alcobaça, Leiria e Pombal, os locais situados numa faixa litoral com 10 km de largura são incluídos na zona climática de Inverno  $I_1$ .

» Nos concelhos de Pombal e Santiago do Cacém, os locais situados numa faixa litoral com 15 km de largura são incluídos na zona climática de verão  $V_1$ .

» No concelho de Alcácer do Sal, os locais situados numa faixa litoral com 10 km de largura são incluídos na zona climática de verão  $V_2$ .

# 2

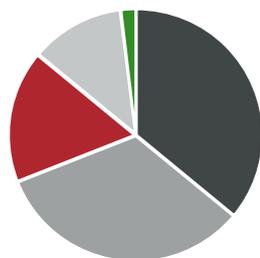
## Eficiência energética e meio-ambiente

*Vivemos num mundo em que, por um lado, cada vez há mais elementos que consomem energia e, por outro, temos um défice na produção da mesma; isto faz com que seja necessário pensar em medidas que reduzam o consumo da energia sem perder nenhuma das comodidades actuais.*

### Quase um terço da energia final é consumida nos edifícios

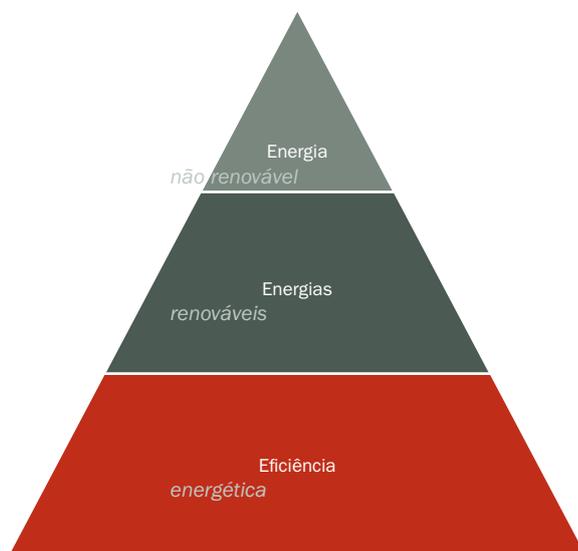
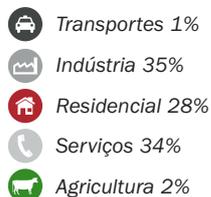
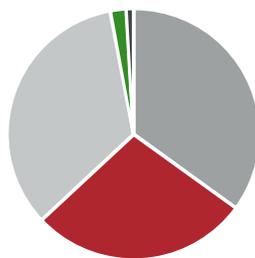
#### Energia final

Edifícios 29% da energia final



#### Energia eléctrica

Edifícios 62% da energia final



Fonte: DGEG, Balanço energético de 2006, Energia final.

A eficiência energética é conseguir a redução do consumo energético do edifício (o que conduz a uma poupança económica) sem diminuir o conforto nem a qualidade de vida, protegendo desta maneira o meio ambiente e fomentando a sustentabilidade do fornecimento energético.

Existe uma relação directa entre o consumo energético e as emissões de CO<sub>2</sub>. Aumentando o consumo, aumentam as emissões, pelo que a eficiência energética é um dos principais instrumentos para restabelecer a proporção de gases de efeito estufa no meio-ambiente.

Mais de um terço da energia que se consome na Europa deve-se aos edifícios. Desta energia consumida, praticamente metade deve-se à climatização (aquecimento e refrigeração), isto é, deve-se à energia que temos que introduzir nos edifícios no inverno e no verão para que estes sejam confortáveis.

Para atingir uma eficiência energética adequada na construção, devemos actuar onde se conseguem melhores valores; esta actuação deve-se realizar primeiro na base das perdas energéticas.

Para realizar a correcta actuação usamos o princípio da "Pirâmide Energética":

- » **Primeira actuação:** reduzir a procura de energia evitando perdas energéticas e implementando medidas de poupança energética.
- » **Segunda fase:** utilizar fontes energéticas sustentáveis em vez de combustíveis fósseis renováveis.
- » **Terceira acção:** produzir e utilizar energia fóssil da forma mais eficiente possível.

**“ A base da poupança energética será conseguir a redução da procura do edifício de energia; esta redução será mais eficiente se incidir sobretudo na parte que mais consome: a climatização. ”**

Reduzindo o consumo na climatização actua-se sobre praticamente metade do consumo do edifício, pelo que a medida adoptada será mais eficiente se apenas



se incidir numa actuação com uma percentagem de influência no consumo menor, como é o caso da iluminação. Para reduzir o consumo em climatização, a forma mais eficiente e económica é a melhoria da estrutura que envolve o edifício, uma vez que é através da “pele” do edifício que se verificam as maiores perdas energéticas.

**“ O isolamento no exterior com poliestireno extrudido (SATE XPS) é a solução mais efectiva já que com um mínimo de investimento permite rentabilizar a poupança energética ao longo de toda a vida útil do edifício**

edifício não se perca, pelo que não será preciso usar constantemente energia para garantir a poupança e a eficiência energética.

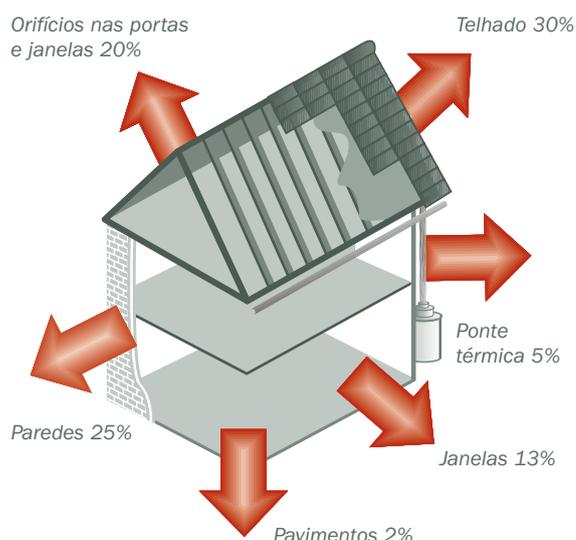
**“ Com um adequado tratamento da estrutura envolvente do edifício: fachadas, pavimentos, pontes térmicas, etc., poderemos conseguir que os edifícios consumam até 75% menos da energia do que actualmente consomem.**

Nisto, deve-se basear a eficiência energética, em conservar o conforto térmico actual que temos nos edifícios sem necessidade de gastar um excesso de energia que cada vez é mais cara e complexa de conseguir.

Para concluir, podemos observar que o sistema de isolamento térmico exterior (SATE) com poliestireno extrudido (XPS) tem um enorme potencial para enfrentar a mudança climática e a dependência energética, com um custo baixo e um retorno imediato à sua instalação.

**“ Estudos realizados demonstram que 1 € investido em isolamento produz 7 € de retorno.**

*Estudo realizado pela consultoria Ecofys em 2006*



Este estudo de “La Casa que Ahorra”, teve como referência o preço da energia que se aplicava em 2006, nestes últimos anos, a energia tem subido e é previsível que continue a subir enquanto que o custo dos materiais de isolamento e a sua instalação tem tido um crescimento muito mais moderado, pelo que, hoje em dia, a devolução será de uma quantia superior. Se aumentarmos o isolamento da estrutura que envolve o edifício, conseguiremos que a energia introduzida no

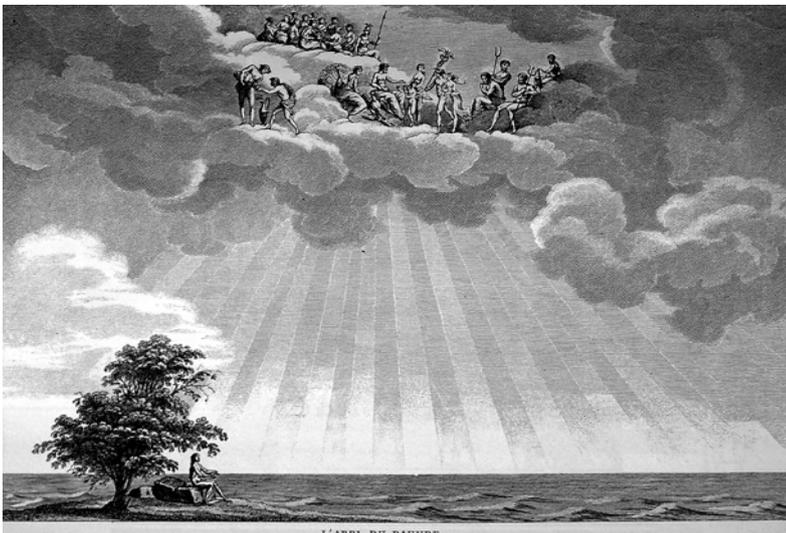
# 3

## Cobertura invertida

*A cobertura é uma das partes do edifício mais exposta, e o poliestireno extrudido é o material isolante com melhor comportamento face à humidade e que suporta, sem sofrer danos, as variações de temperatura, tendo igualmente uma grande resistência à compressão.*

**“ O abrigo do pobre: este imenso universo que nos fascina é a casa do pobre... Tem por tecto o céu e comunica com a assembleia dos deuses... Contudo, o pobre pede uma casa .... (e) sabe que quando se empregam materiais duradouros, a argila do tempo consolida-os ...”**

*Ledoux, Claude Nicolas (1736-1806).  
L'architecture considérée sous le rapport de l'art,  
des mœurs et de la législation.*



No texto de Ledoux que acompanha a gravura, faz-se referência explícita ao facto básico de ter um tecto próprio, independentemente da condição social e económica do indivíduo. De facto, a arquitectura, nem sequer a mais humilde, não parece existir até nos proporcionar um tecto adequado que nos possa proteger. Por isso, o próprio Ledoux reconhece a necessidade de construí-lo com “materiais duradouros”, numa ideia de protecção, ao ter certeza de que prevalecerá no tempo, sem que caia à mercê dos elementos, da degradação e do envelhecimento.

A firmatas (solidez) vitruviana, essa estrutura e tabique resistentes que sempre se associaram à boa construção, tem agora outros aspectos que poderíamos juntar à melhor utilitas, também vitruviana. Deste modo, um tecto deverá ser resistente para não cair e ferir ou matar os seus habitantes (requisitos de “segurança”), mas também deverá protegê-los da chuva, granizo, neve, vento, sol, frio e calor (requisitos de “habitabilidade”).

A produção industrial dos edifícios permite satisfazer essas funções com produtos e sistemas construtivos que aliviam o edifício, o que implica menor consumo de recursos. Porém, por outro lado, foram-se introduzindo nos edifícios numerosas máquinas consumidoras de energia de todo o tipo. Além disso, a economia de escala da produção industrial do séc. XX e do começo do séc. XXI tem vários graus de magnitude, superiores à economia na época de Ledoux. No tópico seguinte, “A cobertura em Espanha e a eficiência energética: grau de magnitude de valores”, daremos conta da enorme superfície de cobertura construída para habitações, à escala de todo o território, o que leva a um compromisso difícil entre qualidade e conforto suficientes para toda a população, por um lado, e a um consumo massivo de recursos, por outro.

Para visualizar o território a que nos referimos, mostramos uma série de imagens do Google Earth com graus de magnitude decrescentes (desde 107 até 103 metros), que constituem uma aproximação a esta temática. O ponto de vista pode ser interpretado como o do oráculo dos deuses da gravura de Ledoux. O problema das coberturas dos edifícios, numa suave ironia, é que, excepto os deuses, o comum dos mortais não as vê ... até que um dia lhes causam problemas e sobem à açoteia ou ao telhado.

Mencionámos a maior leveza da construção industrializada. A leveza é a chave para conseguir um bom



Arquivo EDILTEC

isolante térmico, pois basicamente consiste em encapsular, dentro de uma matriz sólida celular, um gás (ar com mais frequência), já que os gases apresentam uma menor transmissão de calor entre os materiais comumente disponíveis. A estrutura sólida da matriz será a chave para que esse gás não seja deslocado pela água, se for uma estrutura predominantemente de célula fechada. Caso se trate de uma estrutura porosa, têm de ser consideradas as devidas proteções para a humidade.

Em climas quentes ou mediterrânicos, como é o nosso, a solução de cobertura invertida com XPS é uma das melhores soluções, uma vez que o isolante colocado por cima da impermeabilização, além de protegê-la de um contínuo stress térmico, evita que a placa da cobertura aqueça em excesso e transmita energia para o interior do edifício, evitando assim o uso de equipamentos de climatização adicional. A cobertura de um edifício é a parte mais exposta à radiação solar e o elemento que recebe durante mais horas por dia essa mesma radiação, portanto, é lógico pensar que dimensionar um bom isolamento pode ajudar-nos a limitar em grande medida as perdas e ganhos.

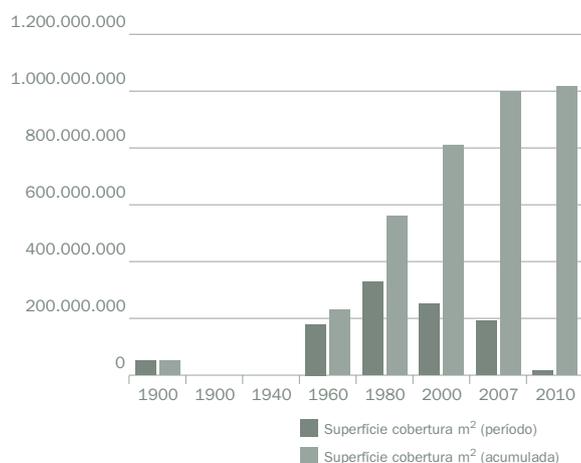
### **A cobertura em Espanha e a eficiência energética: grau de magnitude de valores**

Os edifícios consomem uma energia excessiva. Representam algo mais de 40% do consumo de energia na União Europeia. Como se indicava na introdução, a proliferação de máquinas e de dispositivos de todo o tipo introduz conforto e possibilidades antes desconhecidas, mas à custa de um preço cada vez mais elevado em termos energéticos e ambientais.

Dessa energia consumida, a empregue para climatizar os edifícios representa a maior parte, pelo menos metade.

Para termos uma ideia do grau de magnitude, é fácil fazer uma estimativa das perdas totais de calor (= energia) no inverno para uma superfície total de coberturas em Espanha, só para habitações, tal como se mostra na estimativa seguinte, baseada na informação dada pelo documento “Uma visão-país para o sector da edificação em Espanha”, do Grupo de Trabalho sobre Reabilitação (GTR) (co-autores: Albert Cuchí, Peter Sweatman; nov. 2011):





Assim, em números gerais (“grau de magnitude”), 1.017 km<sup>2</sup> de coberturas de habitações, dos quais só o “pico”, cerca 17 km<sup>2</sup>, beneficiam dos requisitos de maior qualidade introduzidos pelo CTE. Na situação actual em que uma nova obra se encontra praticamente paralizada e tendo em conta que a “bolha” imobiliária ocorrida entre 1998 e 2007 não se volta a repetir, a reabilitação é claramente uma necessidade tanto para manter a actividade económica do sector da construção como para subir a fasquia de conforto e a eficiência energética no parque edificado existente.

Se fizermos uma estimativa, válida também em termos de grandes valores, da energia que se pode poupar em toda essa superfície de intercâmbio energético que é a cobertura, podemos segmentar o valor total de 1000 km<sup>2</sup> em dois casos:

› Habitações anteriores à norma NBE CT 79, a primeira normativa que incidia na qualidade energética da envolvente dos edifícios em Espanha, do ano 1979. Podemos supor que os quase 559 km<sup>2</sup> de coberturas anteriores à aplicação da dita norma não têm na prática isolamento térmico. Portanto, é razoável supor que a incorporação de um isolante térmico levará facilmente à transmitância térmica, U, de valores por volta de 1.8 W/m<sup>2</sup>K a valores que rondam os 0.35 W/m<sup>2</sup>K. Uma diferença entre isolar e não isolar de 1.45 W/m<sup>2</sup>K. Se ainda considerarmos um salto térmico médio representativo de toda a climatologia espanhola no período de aquecimento (1 novembro-31 março, 3624 horas) de 20-10 = 10oC, é fácil estimar a quantidade de combustível (por exemplo, gasóleo) que tal representa: 3.624 horas x

558.685.000 m<sup>2</sup> x 10 oC x 1,45 W/m<sup>2</sup>·K = 29.357.779.380 kWh = 2.935.777.938 litros de gasóleo = 2.935.778 m<sup>3</sup> de gasóleo. Multiplicando por 0.85 (densidade do gasóleo), teríamos 2.495.411 toneladas de gasóleo poupadas anualmente em cada período de aquecimento.

› As mesmas contas simples, para os 441 km<sup>2</sup> de coberturas construídas entre o início da NBE CT 79 e a sua anulação (substituída pela CTE HE1) 27 anos depois, levam-nos a considerar que se tratam de coberturas com algum grau de isolamento térmico. É por isso que se atribui à situação inicial um valor U = 0.8 W/m<sup>2</sup>·K < 1.8 (caso sem isolamento em absoluto). Mais uma vez, a diferença entre isolar e não isolar é, neste caso, de 0.8-0.35 = 0.45 W/m<sup>2</sup>·K. Com o mesmo salto térmico médio e as mesmas horas de período de aquecimento chegamos a: 3624 horas x 441.168.500 m<sup>2</sup> x 10 oC x 0,45 W/m<sup>2</sup>·K = 7.194.575.898 kWh = 719.457.590 litros de gasóleo = 719.457 m<sup>3</sup> de gasóleo. Multiplicando por 0.85 obter-se-iam 611.539 toneladas de gasóleo poupadas anualmente em cada período de aquecimento.

### Reabilitação de coberturas planas

A reabilitação de coberturas planas pelo exterior, com isolamento de XPS sobre a membrana impermeável existente ou de uma nova membrana (cobertura invertida), torna-se especialmente interessante por todas as vantagens que tal implica: interferências mínimas para os utilizadores durante o desenvolvimento dos trabalhos, correcção das pontes térmicas lineares como contornos de aberturas, evitam-se fenómenos de condensação do vapor de água, aproveitamento de toda a inércia térmica da placa ou do suporte resistente da cobertura original, melhoria do aspecto estético da açoteia e revalorização económica do imóvel.

A intervenção para a reforma de uma cobertura plana revela-se uma autêntica reabilitação energética quando se incorpora isolamento de XPS. Transforma-se a cobertura original numa cobertura invertida, protegendo a membrana impermeável das mudanças térmicas, oferecendo à mesma uma maior durabilidade, e reduz-se a procura energética necessária para climatizar as habitações e locais do imóvel, e as consequentes emissões de CO<sub>2</sub>, o que dá lugar também à redução da factura energética.

As variantes de cobertura invertida com gravilha, cobertura invertida com ladrilho sobre suportes e cobertura invertida com ladrilho isolante que vimos nos



tópicos anteriores recomendam-se para a reabilitação de açoteias e coberturas planas, pela rapidez e simplicidade de execução e fácil acesso à camada isolante de XPS e à própria membrana impermeável para posteriores trabalhos de reparação e manutenção.

### **Durabilidade do XPS em cobertura invertida (exemplos reais)**

Apresentamos de seguida um resumo do parecer recentemente elaborado pelo Instituto da Construção e do Cimento Eduardo Torroja (IETcc) sobre diversos edifícios em Espanha com coberturas invertidas isoladas com placas de poliestireno extrudido (XPS) com cerca de 30 anos de antiguidade. Trata-se possivelmente do único parecer publicado em Espanha (e um dos poucos na Europa) que analisa, em qualquer aplicação, o comportamento, num prazo tão longo, de um isolante térmico.

#### **Medidas da condutividade térmica, $\lambda$ , dos isolamentos térmicos ao longo do tempo**

Antes de mais, analisando os resultados de experiências práticas em obra, relembremos alguns conceitos úteis, de forma a desvendar com toda a clareza o nosso propósito.

Existem várias formas de proporcionar o valor da condutividade térmica, se forem considerados diversos aspectos relativos ao envelhecimento das prestações do isolante térmico:

› **Valor declarado.** Quando se proporciona a condutividade térmica,  $\lambda$  (coeficiente lambda), de um isolamento térmico, deve tratar-se de um valor "declarado" pelo fabricante (com maior ou menor incidência da estatística de produção, baseado num valor 90/90, e com maior ou menor controlo por organismos certificadores). Oferece informação sobre as características térmicas do produto na sua comercialização. É um valor que já considera a estabilização do coeficiente lambda sem que se produza nenhum envelhecimento desde o produto "fresco", recém fabricado, ao que será colocado na obra semanas, meses ou mesmo anos depois. Assim, há produtos de XPS que, em função de certos tipos de agentes espumantes, podem oferecer, no momento de serem fabricados, valores de cerca de 0.021-0.023 W/m·K, mas que logo estabilizam, já como valores declarados, em 0.029 W/m·K.

› **A longo prazo por envelhecimento natu-**

**ral.** Em certos casos, com alguns espumantes com melhores prestações que o ar em termos de condutividade térmica, produz-se a longo prazo (muitas décadas) um processo de difusão para a atmosfera. Uma vez completo o dito processo (para espessuras de 30-40 mm, entre 25 e 50 anos), a condutividade pode, em teoria, aumentar para outros 6 mW (de 0.029 a 0.035 W/m·K), detendo-se o dito envelhecimento, uma vez que se tenha difundido todo o espumante e tenha sido substituído por ar.

› **Valor de desenho de  $\lambda$** , considerando o envelhecimento por existência de humidade (proveniente da chuva, condensação, geadas, etc), e de R (Resistência Térmica), por cargas mecânicas. O efeito da absorção de água por um isolamento pode manifestar-se visto que a água conduz o calor 25 vezes mais que o ar, e, se congelar, 90 vezes mais. Se o isolante térmico se encontrar sob carga – o caso de uma cobertura – pode perder resistência à compressão e, a longo prazo, pode ver aumentada a sua "fluência" natural (deformação sob carga permanente). O resultado é, por um lado, o aumento da condutividade, superando-se em muitos casos inclusive o limite de 0.065 W/mK, geralmente aceite para se poder falar de isolamento térmico como tal, e a perda de espessura e, proporcionalmente ( $R=e/\lambda$ ), perda adicional de Resistência Térmica. De seguida, estudaremos o melhor exemplo de um isolamento térmico que conserva, a longo prazo, as suas características térmicas sob condições extremas de dureza: as placas de XPS em cobertura invertida.

### **“ A cobertura invertida: a aplicação mais exposta para um isolamento térmico.**

A cobertura invertida: a aplicação mais exposta para um isolamento térmico.

Como é bem conhecido, na cobertura plana invertida "invertem-se" as posições "tradicionais" de isolamento e impermeabilização, de modo que é o isolamento (de poliestireno extrudido, XPS) o que protege a impermeabilização (sendo colocado sobre esta) e não ao contrário, como se verifica nas coberturas planas "tradicionais". A consequência é que o isolante fica submetido a um duplo ataque da humidade (chuvas, geadas) e das sobrecargas mecânicas, tanto como de

outros elementos construtivos e de utilização.

Relativamente à humidade que pode absorver o isolamento, existe uma boa referência na própria norma de produto XPS, UNE EN 13164, onde se estabelece, para espessuras de produto de 30 mm (como os recolhidos nas obras com 30 anos em Espanha), um valor máximo de absorção por difusão de vapor de 5% (em volume), testado conforme a norma UNE EN 12088 Produtos isolantes térmicos para aplicações na edificação. Determinação da absorção de água a longo prazo por difusão. Esse “longo prazo” encontra-se estimado nas normas e documentos técnicos europeus (por exemplo o Guidance Document 002 de EOTA, European Organization for Technical Approvals) em 25 anos para produtos reparáveis ou substituíveis sem excessiva dificuldade, pelo que o prazo de 30 anos já ultrapassa essa consideração. Por outro lado, a própria UNE EN 12088 menciona explicitamente a cobertura invertida como aplicação típica onde se prevê esta circunstância: “Esta Norma Europeia ... é aplicável a produtos isolantes térmicos. Simula a absorção de água de produtos expostos a humidades relativas altas, aproximadamente de 100%, em ambos os lados e sujeitos a uma variação de pressão de vapor de água durante um longo período de tempo, como, por exemplo, em coberturas invertidas ...”.

**“ De seguida, veremos que as placas de poliestireno extrudido (XPS) têm vindo a demonstrar que mantêm as suas óptimas prestações a longo prazo, se colocadas segundo o sistema de cobertura invertida. ”**

Parecer do IETcc sobre o comportamento a longo prazo de placas de XPS em obras espanholas de cobertura invertida.

Existem dois pareceres anteriores do IETcc, de 1989 e 2001, sobre diversas obras em Espanha realizadas entre 1980 e 1982. Em 2011 foi retomado, de modo que já se atingia um prazo de cerca de 30 anos desde a construção original das coberturas. O parecer com-



Arquivo DOW

pleto está disponível na seguinte página web: <http://building.dow.com/europe/es/resources/doc.htm>

São cinco coberturas de edifícios de tipologia e localização diversa. As inspeções e recolha de amostras (placas completas) foram realizadas em Maio (excepto um caso em A Coruña em meados de Julho):

Edifício	Localidade	Tipo cobertura invertida
Hotel AS	Lleida	Transitável (ladrilho)
Hospital Arnau de Vilanova	Lleida	Não transitável (gravilha)
Oficinas Dow	Tarragona	Não transitável (gravilha)
Hotel Rías Bajas	A Coruña	Transitável (ladrilho)
Faculdade Ciências Exactas	Sevilha	Não transitável (gravilha)

#### Resultados:

Nos cinco casos, as espessuras originais (30 mm) não registaram nenhuma diminuição depois de 30 anos sob carga e as absorções médias de água situam-se em quatro casos abaixo de 0.25 %, expresso em volume, e apenas um, o Hotel de Lleida, se destaca com um valor médio de 5.9%. A razão para esta discrepância reside numa manutenção deficiente, de modo que



o ladrilho, sem junta aberta por estar entupido de pó, restos orgânicos, etc., tem um efeito indesejado retraindo a humidade além do aceitável, a modo de barreira de vapor.

Mesmo assim, o aumento de condutividade pode-se avaliar, neste caso, sob condições deficientes, em 10 mW mais do que teria se não tivesse sofrido nenhuma absorção. Nos outros quatro casos a absorção de água e a condutividade mantêm-se perfeitamente muito abaixo dos valores calculados a longo prazo, por exemplo, na UNE EN 13164 conforme o método de ensaio UNE EN 12088.

A título ilustrativo, numa das fotos adjuntas, tiradas no edifício em Tarragona, pode ver-se que, sob a aparência superficial logicamente suja depois de 30 anos sobre uma cobertura, a secção da placa de XPS conserva a sua integridade, apresentando o mesmo aspecto de quando foi fabricada.

#### **Conclusões:**

Além dos resultados dos diversos ensaios normalizados, mecânicos e de absorção de água, onde as placas de XPS sempre mostraram o seu excelente comportamento, comprova-se também, na realidade da construção, o seu óptimo comportamento a longo prazo e, por conseguinte, a extraordinária durabilidade das suas propriedades térmicas.

A única restrição que convém destacar é que, se uma má instalação ou uma insuficiente (ou nenhuma) manutenção do lastro sobre as placas impede a difusão (por evaporação e secagem) da humidade que possa ficar aí retida, pode dar-se o caso da previsão a longo prazo por normas e métodos de ensaio não se ajustar perfeitamente à realidade (5.9% de absorção em 30 anos face a uma referência máxima de 5% em 25 anos).

No caso de se colocar gravilha como lastro assegura-se sempre essa “abertura” à difusão, inclusive se a manutenção da cobertura não for a adequada.

No caso de pavimentos transitáveis deve-se ter uma atenção especial a esta circunstância (e assim, na obra de Coruña não se apresentou nenhuma patologia ou problema deste tipo).

**“ Definitivamente, quando o arquitecto especifica placas de XPS, o construtor compra-as, o instalador instala-as, e o promotor oferece edifícios isolados com elas, o benefício é, também, para os utilizadores dos edifícios e para a sociedade em geral, ao dispor de um isolamento térmico duradouro que proporciona uma poupança energética ano após ano, sem diminuição alguma, como se consta do parecer do IETcc**

#### **Vantagens da cobertura invertida**

Na cobertura invertida, a diferença da cobertura convencional, as placas isolantes de XPS situam-se sobre a membrana impermeável.

Esta localização da camada de isolamento traz uma série de vantagens:

**1. A membrana impermeável fica protegida** face a variações extremas de temperatura, a ciclos gelo/degelo e a agressões mecânicas durante a instalação ou utilização.

**2. É um sistema de isolamento fácil de instalar**, de construção simples. Permite a instalação em condições climáticas adversas, evitando atrasos.

**3. Apresenta baixa sensibilidade à humidade**, é um sistema aberto à difusão, com risco de condensação intersticial inapreciável e sem necessidade de barreira de vapor adicional.

**4. As placas isolantes rígidas permitem aceder à membrana impermeável com facilidade** e possibilitam a implementação de novas camadas de isolamento para reduzir a transmitância térmica da cobertura. É ideal para a reabilitação energética.

**5. Permite múltiplos acabamentos:** não transitáveis, ajardinados, transitáveis e destinados a estacionamento de veículos pela grande resistência à compressão das placas de XPS.



## O poliestireno extrudido

**A cobertura invertida exige propriedades ao material isolante que não se encontram noutras soluções construtivas, já que se pretende um material com resistência à compressão, resistente à água, duradouro...**

### Descrição

O poliestireno extrudido, pelas suas características técnicas, é o produto idóneo para este tipo de coberturas, uma vez que oferece as seguintes prestações:

› **O XPS é um isolante duradouro.** Estudos realizados em reabilitações de coberturas invertidas permitem assegurar que o poliestireno extrudido é um material duradouro que mantém as suas prestações ao longo de toda a vida útil do edifício. Numa cobertura invertida, onde o material isolante apresenta um grau de exposição maior que noutras soluções construtivas, esta característica garante a funcionalidade do sistema do ponto de vista térmico.

› **O XPS é resistente à acção da água.** A maioria dos isolantes térmicos perdem prestações quando entram em contacto com a água. O poliestireno extrudido apresenta graus praticamente nulos de absorção de água, seja por imersão ou por difusão pelo que o contacto com a mesma não degrada as suas propriedades térmicas, como se pode observar no seguinte gráfico:



Na cobertura invertida, o isolamento encontra-se por cima da impermeabilização, o que vai fazer com que o isolante se molhe, por isso é necessário um material que, quando entra em contacto com a água, não diminua as suas propriedades, garantindo o isolamento térmico da cobertura em todas as situações.

› **Camadacidade.** A estrutura celular fechada e o avançado processo tecnológico de produção conferem ao poliestireno extrudido o carácter isolante e, desta forma, conseguimos poupar energia no edifício

tanto no verão como no inverno, evitando-se as perdas energéticas através da cobertura e obtendo:

- Poupança energético e económica
- Conforto térmico no interior do edifício
- Contribuição à protecção do meio-ambiente, o poliestireno extrudido permite poupanças substanciais na climatização do edifício, contribuindo para o tornar sustentável.
- Redução da emissão de contaminantes atmosféricos
- Aproveitamento máximo da superfície útil disponível. Ao colocar o material no lado exterior da cobertura, podem conseguir-se grandes isolamentos sem reduzir a superfície interior.

› **Resistência mecânica.** O poliestireno extrudido oferece elevadas prestações mecânicas, permitindo aos painéis suportar elevadas cargas à compressão assim como minimizar a fluência do material no caso de cargas permanentes. Numa cobertura invertida, onde o acabamento pode ser transitável ou inclusive em certas ocasiões ter tráfico rodado, o poliestireno extrudido é o isolante recomendado já que a sua resistência à compressão de 250 a 700 kPa permite suportar as cargas que a cobertura vai ter sem que se produza deformação alguma.

› **Resistência à temperatura e à deformação.** O poliestireno extrudido é um material que pode ser utilizado numa ampla margem de temperaturas; com um excelente rendimento nos ciclos de gelo e degelo, o XPS é capaz de suportar as adversidades climatéricas sem perder as suas propriedades, qualidade que o torna perfeito para as coberturas invertidas onde o material isolante está exposto a essas adversidades meteorológicas.

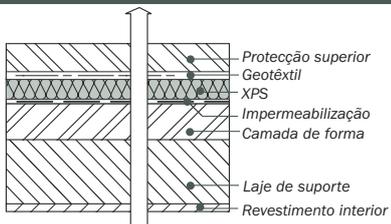
› **Protecção do edifício.** O poliestireno extrudido colocado como isolante numa cobertura invertida reduz a oscilação térmica de dia e de noite, o que leva à redução do desgaste a que os materiais estão sujeitos devido às dilatações e contracções, especialmente a impermeabilização. O XPS colocado a seco sobre a camada impermeável proporciona protecção à mesma, evitando a degradação que pode originar humidades.

**Requisitos para o isolante em cobertura invertida.**

O isolante (XPS) para uma cobertura invertida, deve ter as seguintes características:

Espessura mínima de acordo com a zona climática.

**Espessura de isolante (e) e respectivo valor de U, em função da zona climática**

Cobertura em terraço	Zona climática							
	I1		I2		I3		RA (I1)	
Composição	e [mm]	U [W/(m <sup>2</sup> °C)]	e [mm]	U [W/(m <sup>2</sup> °C)]	e [mm]	U [W/(m <sup>2</sup> °C)]	e [mm]	U [W/(m <sup>2</sup> °C)]
	60	0,47	60	0,47	70	0,42	30	0,78

\* Os valores de U foram calculados admitindo que, sem isolamento térmico, o valor de U seria de 2,2 W/(m<sup>2</sup>·°C), para  $\lambda_{\text{isolante}} = 0,036 \text{ W (m} \cdot \text{°C)}$

**Memórias descritivas**

\_\_\_ m<sup>2</sup> isolamento térmico de **cobertura plana invertida**, mediante placas rígidas de espuma de poliestireno extrudido (XPS), de \_\_\_ mm de espessura, com uma condutibilidade térmica declarada  $\lambda_D = \text{___ W/m} \cdot \text{K}$ ; resistência térmica declarada  $RD = \text{___ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ; classificação de reacção ao fogo Euroclasse E, segundo a norma EN 13501-1 e código de designação XPS-EN13164-T1-CS(10\Y)300-CC(2/1.5/50)130-WL(T)0.7-WD(V)3-FT2- DS(TH)-DLT(2)5, de acordo com as especificidades da norma EN 13164.



***Elevada resistência mecânica: Resistência à compressão entre 300 e 500 kPa.***

Este valor consta do código de designação de produto como CS(10/Y)300 (300 kPa) ou CS(10/Y)500 (500 kPa).

O valor de 300 kPa é o mínimo necessário para coberturas não transitáveis, transitáveis de uso pedonal e coberturas ajardinadas.

O valor de 500 kPa é o mínimo necessário para coberturas transitáveis com passagem de veículos.

Adicionalmente, também se recomenda que os valores de fluência à compressão, que se identifica por CC(i1/i2/y)σc no código, sejam baixos. Um valor de CC(2/1.5/50)130 indica que o material, submetido a uma carga de 130 kPa durante 50 anos, unicamente se deforma 1,5 % relativamente à situação inicial.

***Mínima absorção de água por imersão (<0,7 %) e por difusão (< 3).***

Este valor consta do código de designação de produto como WL(T)0.7 para o máximo volume de absorção de água por imersão (0,7) e WD(V)3 para o máximo volume de absorção de água por difusão (3).

Nas coberturas invertidas, estes parâmetros são muito importantes, já que as prestações de condutividade térmica dos materiais isolantes podem ver-se alteradas se o material absorver uma excessiva quantidade de água.

O XPS apresenta valores mínimos de absorção graças à sua estrutura de célula fechada.

***Acabamento superficial exterior e mecanização lateral.***

O acabamento superficial deve ser liso e a mecanização lateral deve ser a meia-madeira, para permitir uma correcta instalação dos painéis e evitar pontes térmicas.

***Reacção ao fogo***

Deve ser Euroclasse E, ensaiada segundo a norma UNE EN 13501.

Estas características deverão ser facilmente identificadas na etiqueta do produto, para facilitar o correcto controlo de recepção dos materiais.

Na etiqueta, além de aparecer o código de designação e a marca CE, informação mínima de carácter obrigatório, poderão indicar-se outras marcas e certificados que acreditem a qualidade do produto, como por exemplo a marca AENOR

**Exemplo de etiqueta de um produto de isolamento com marcação CE e Marca voluntária de Qualidade (Marca AENOR)**

Quando a Marca Voluntária certificar também em conformidade a norma EN, esclarecer-se-ão as características particulares especificadas para a marcação CE, e reunidas no seu próprio Código de Designação, das certificadas para a Marca voluntária, e também reunidas no seu próprio Código de Designação, que pode, conseqüentemente, ser diferente do primeiro.

Assim, por exemplo, pode ocorrer que um fabricante tenha declarado, para a marcação CE: T1-DLT(1)5-CS(10\Y)300-CC(2/1,5/50)100-WL(T)0.7-WD(V)3-FT2-MU100

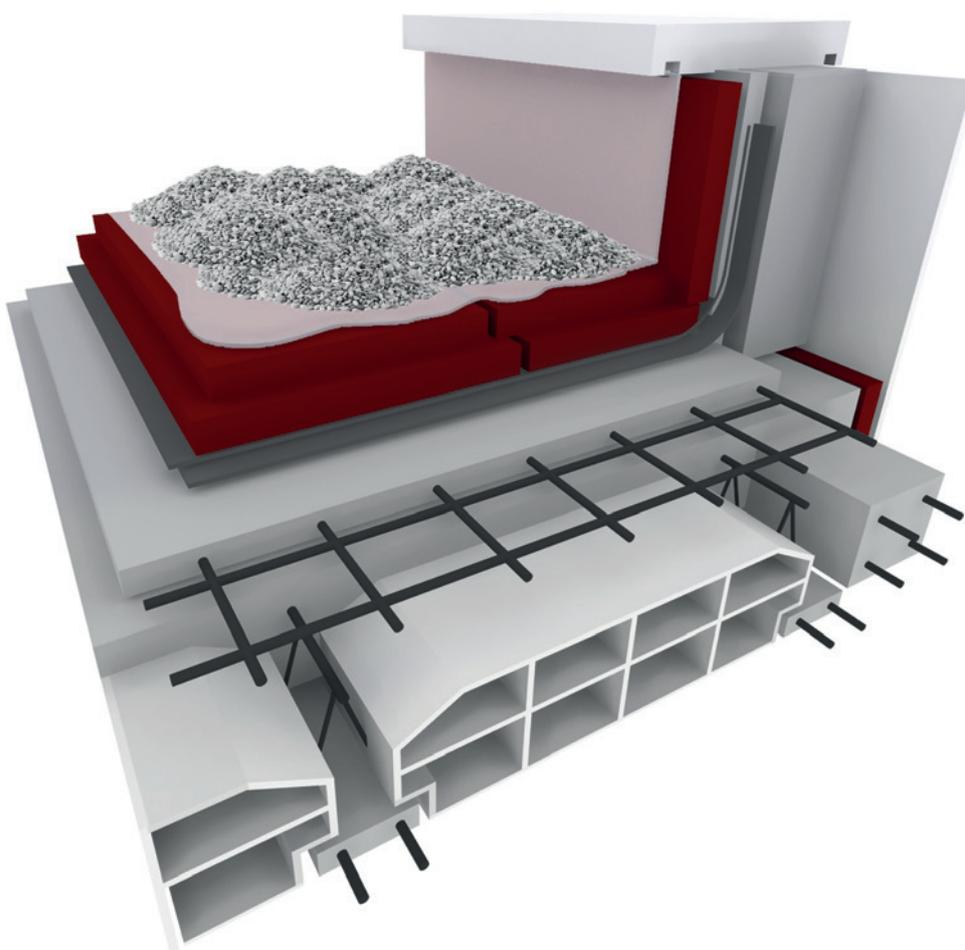
Enquanto que apenas tenha certificado (por exemplo, para obter a Marca AENOR):

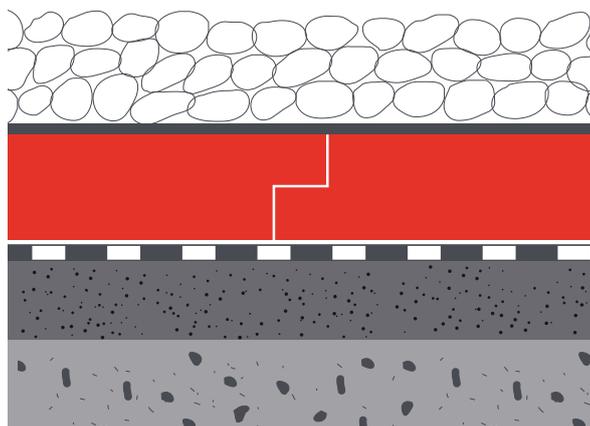
T1-CS(10\Y)300-WL(T)0.7

	Logótipo da marcação CE
XXX	XXX é o nome e a morada completa do fabricante
04	04 Últimos dois dígitos do ano em que se iniciou a colocação da Marcação CE (este número manter-se-á no futuro enquanto não se modificar o produto, o que dará lugar a uma nova Marcação CE)
EN 13164	EN 13164: N° de norma harmonizada (exemplo: XPS)
YYY	YYY corresponde à identificação do produto.
Classificação ao fogo: Euroclasse Condutibilidade: $\lambda_D = 0.0... W/m\cdot K$ Resistência térmica: $RD = ... m^2\cdot K/W$ Espessura: ...mm.	Características declaradas pelo fabricante da tabela ZA-1.
Código de designação: XPS-EN 13164 - T1- DLT(1)5- CS(10\Y)300 – WL(T)0.7 – MU 150	Código de designação, onde se relacionam uma série de características particulares que o fabricante declara na forma indicada no capítulo correspondente da norma harmonizada aplicável. Relativo aos Capítulos Relativos da tabela ZA-1 (Anexo ZA).
	Logótipo da Marca Voluntária
N° de certificado: 020/aaa	aaa é o número de certificado de AENOR
Código de designação (características certificadas)	Aquela informação que deve aparecer de acordo com o Regulamento Técnico Particular do Comité Técnico de Certificação de AENOR (o CTC-020, por exemplo, de isolamento térmico) e com a norma NP de produto. Por exemplo, o Código de Designação com as características particulares certificadas para a Marca.

## Tipologias de cobertura invertida

*A cobertura invertida é um sistema de cobertura plana, cuja particularidade, como já se verificou, é a inversão da ordem de colocação das camadas de isolamento e impermeabilização, relativamente à cobertura plana tradicional. O isolante coloca-se por cima da membrana impermeável, protegendo-a, com todas as vantagens que tal implica, como é referido nos tópicos anteriores.*





Pormenor geral



Arquivo KNAUF INSULATION

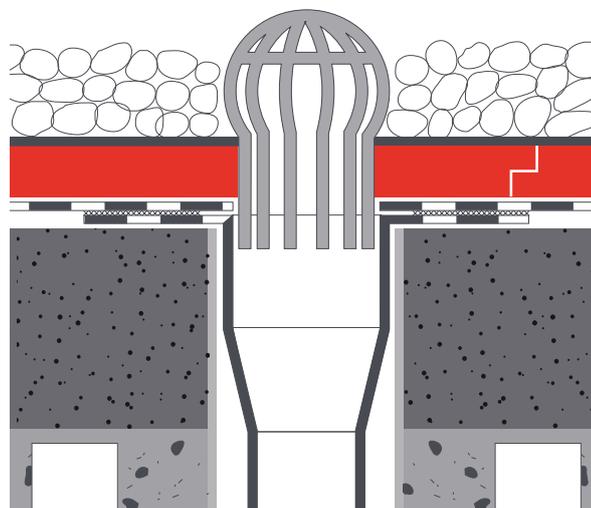
### **Coberturas invertidas não transitáveis**

As coberturas invertidas não transitáveis são normalmente acessíveis para manutenção e reparação. Podemos distinguir dois tipos de coberturas invertidas não transitáveis, que veremos em detalhe de seguida:

#### **Cobertura invertida com gravilha**

Neste tipo de cobertura invertida, o acabamento é uma camada de gravilha de canto rodado, com granulometria 20-40 mm, lavada, e com uma espessura mínima de 50 mm, que permite entre 80 e 100 kg/m<sup>2</sup> de sobrecarga, compensando o estímulo por fluatibilidade das placas leves e rígidas de XPS.

A utilização de uma camada de lastro é necessária para prevenir que as placas de XPS possam ser levantadas pelo vento ou que flutuem numa eventual inundação da cobertura, ao mesmo tempo que serve como superfície de circulação quando se acede à cobertura, e protege o isolamento dos efeitos da radiação ultravioleta.



Pormenor do escoadouro com drenagem a dois níveis



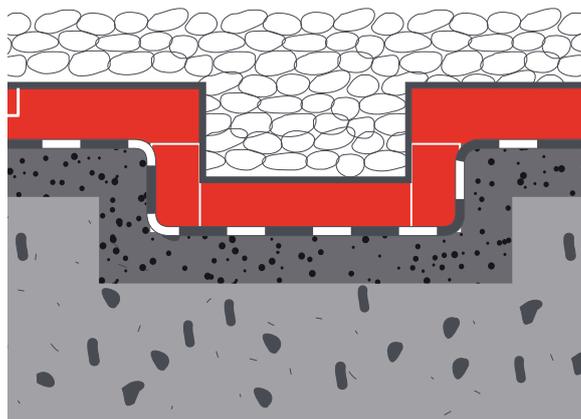
Arquivo TOPOX

A tabela seguinte especifica a espessura necessária de gravilha como sistema de lastro.

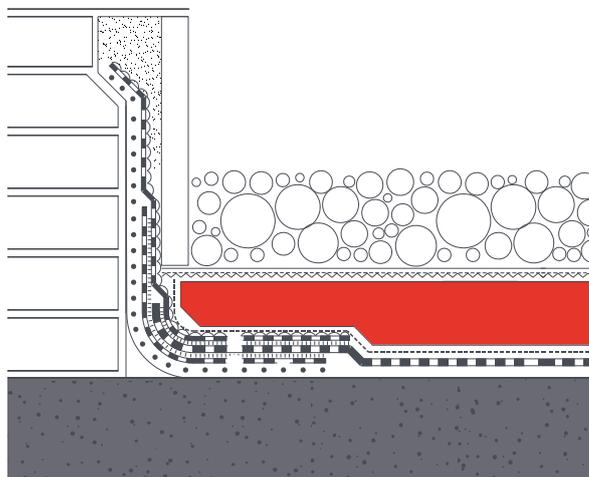
Espessura do isolante (mm)	Espessura da gravilha (mm)
30	50
40	50
50	50
60	60
80	70
100	80
120	90

Se a gravilha contiver excesso de finos, será colocado em cima das placas de XPS um filtro separador não tecido ou geotêxtil, permeável à água, por exemplo de poliéster, com uma gramagem mínima de 100 g/m<sup>2</sup>. Deste modo, evita-se que os finos se depositem na membrana impermeável, danificando-a, ou que entupam os escoadouros.

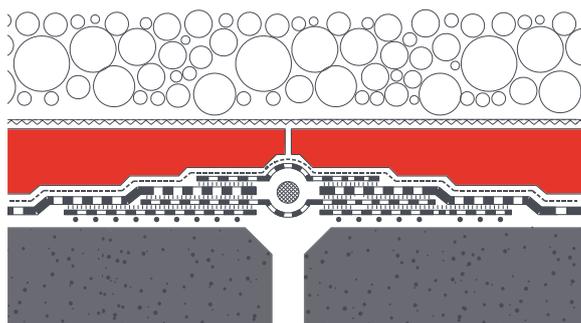
As imagens aqui incluídas mostram a disposição típica de camadas numa cobertura invertida acabada com gravilha, acessível para manutenção e reparação, assim como a solução de alguns pontos singulares.



Pormenor de esgoto lastrado com cascalho



Pormenor do remate perimetral



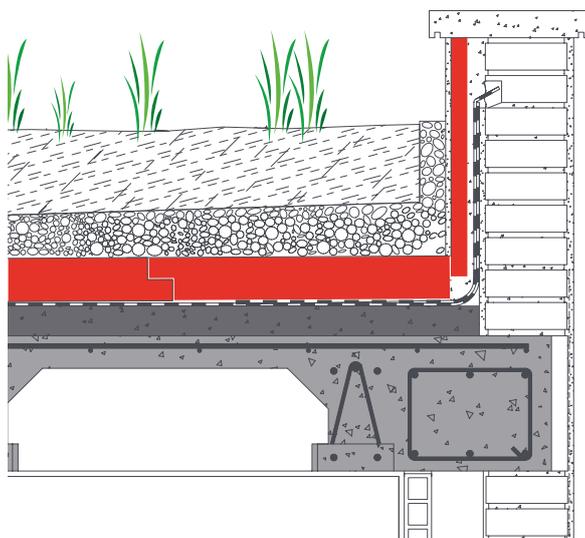
Pormenor da junta estrutural

**Cobertura invertida ajardinada**

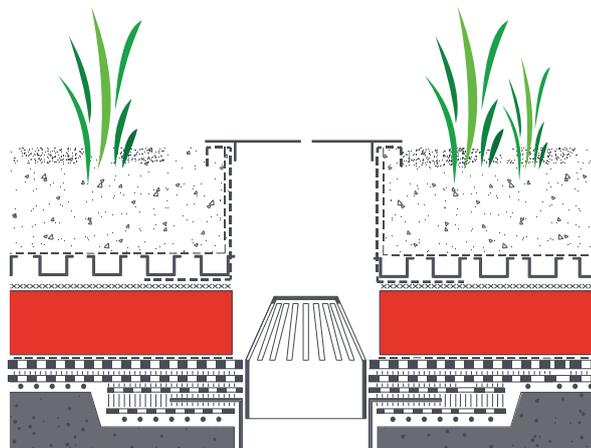
A cobertura invertida ajardinada incorpora, por cima do isolamento de XPS, um filtro de retenção de finos inferiores a 10 mm, uma camada de gravilha drenante e finalmente uma camada de terra vegetal adequada ao tipo de vegetação que se vai plantar.

Pode-se considerar a variante de substituir a camada drenante natural de gravilha por uma camada drenante pré-fabricada de polietileno tipo “oveira”, tal como mostram os detalhes construtivos seguintes.

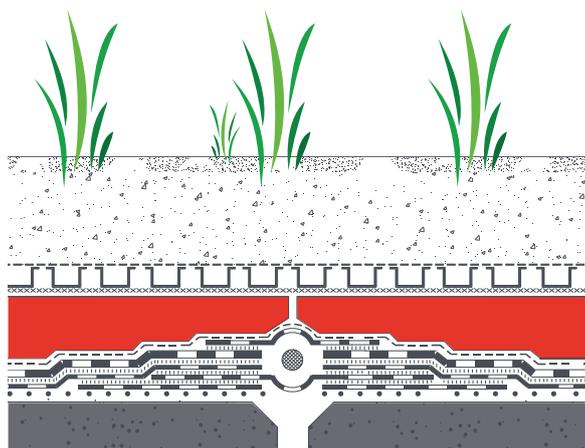
As imagens seguintes mostram a disposição típica de camadas numa cobertura invertida ajardinada, acessível para manutenção e reparação, assim como a solução de alguns pontos singulares.



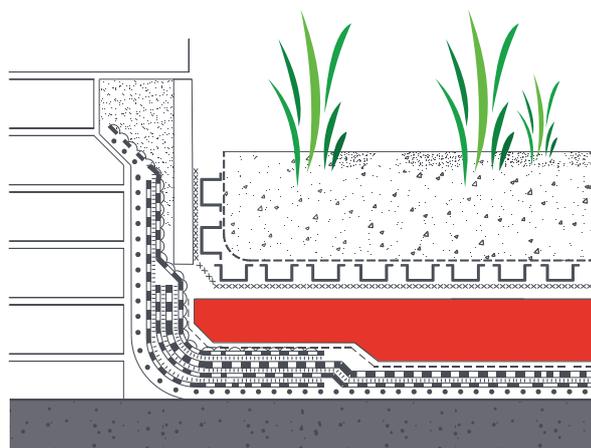
Pormenor geral



Pormenor do esgoto



Pormenor da junta estrutural



Pormenor do remate perimetral



### **Coberturas invertidas transitáveis**

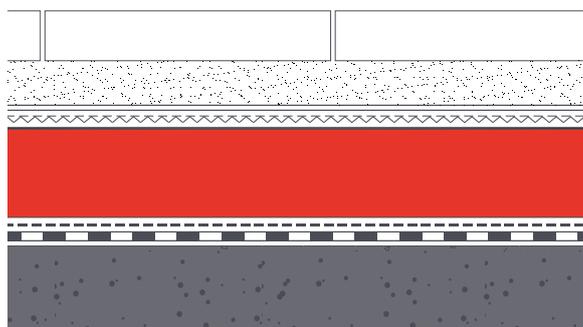
As coberturas invertidas transitáveis de uso privado ou público estão destinadas normalmente ao trânsito de peões, embora exista entre elas uma variante que admite também a circulação e estacionamento de veículos. Dentro desta segunda tipologia de coberturas invertidas podemos estabelecer as seguintes variantes:

#### **Cobertura invertida com ladrilhos com argamassa**

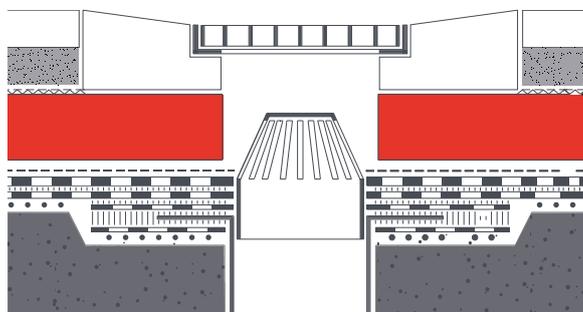
Para este tipo de cobertura invertida recomenda-se a colocação, em cima do isolante de XPS, de uma camada de difusão de vapor de água e, sobre esta, uma camada de argamassa armada para a repartição de cargas, sobre a qual se colocarão os ladrilhos com argamassa.

Devem delinear-se juntas de dilatação a cada 50 m<sup>2</sup> aproximadamente, minimizando o risco de surgimento de gretas e fissuras no pavimento.

As figuras aqui incluídas mostram a disposição típica de camadas numa cobertura invertida transitável acabada com ladrilhos com argamassa, assim como a solução de alguns pontos singulares.



*Pormenor geral*



*Pormenor do esgoto*

## 5 Tipologias de cobertura invertida



Arquivo KNAUF INSULATION

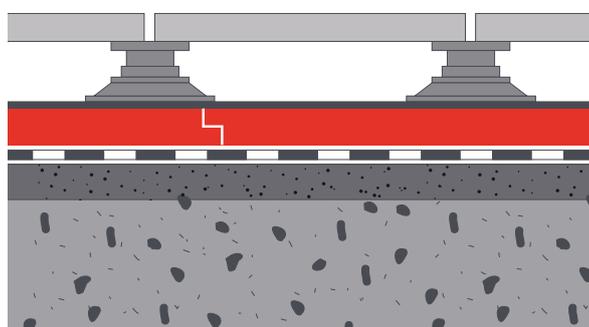
### **Cobertura invertida com ladrilhos sobre suportes**

Entre as placas isolantes de XPS e o acabamento desta variante de cobertura transitável, coloca-se uma câmara de ar ventilada através dos suportes distanciadores, sobre os quais se sustentam os ladrilhos. Recomenda-se a colocação de uma camada antipunzonante sobre o isolamento, de modo a que a pressão dos suportes distanciadores sobre as placas de XPS não ultrapasse o valor de resistência à compressão destas, para uma deformação por fluência de 2%.

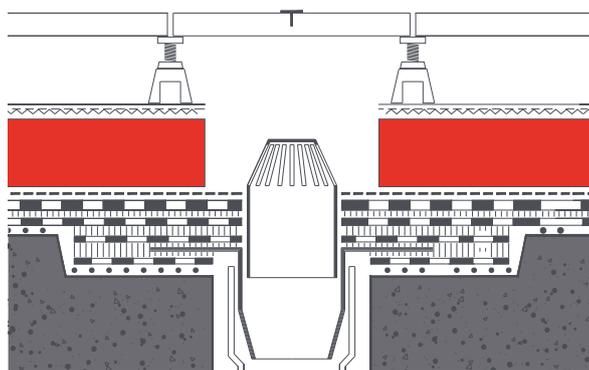
A disposição dos ladrilhos apoiados a seco sobre os suportes distanciadores e com juntas abertas para absorver dilatações e facilitar tanto a drenagem da água à superfície como a ventilação sob os ladrilhos, deixando-os abertos à difusão.

Uma variante de cobertura invertida com ladrilhos a seco é apoiar estes sobre uma camada de gravilha de características semelhantes à cobertura invertida não transitável descrita no tópico 3.5.1.1.

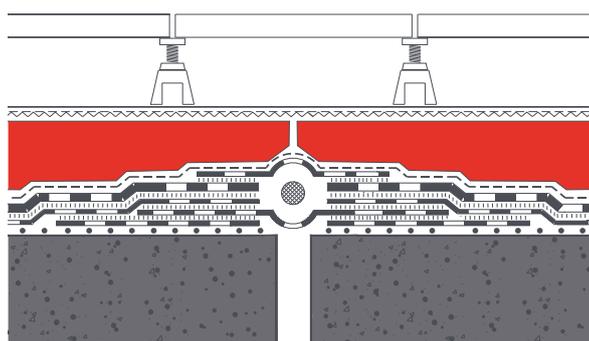
As imagens aqui incluídas mostram a disposição típica de camadas de uma cobertura invertida com ladrilhos apoiados sobre suportes distanciadores.



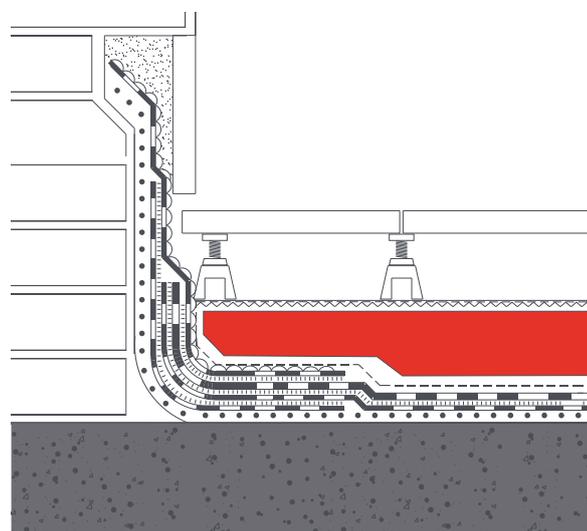
Pormenor geral



Pormenor do esgoto



Pormenor da junta estrutural



Pormenor do remate perimetral



Arquivo KNAUF INSULATION

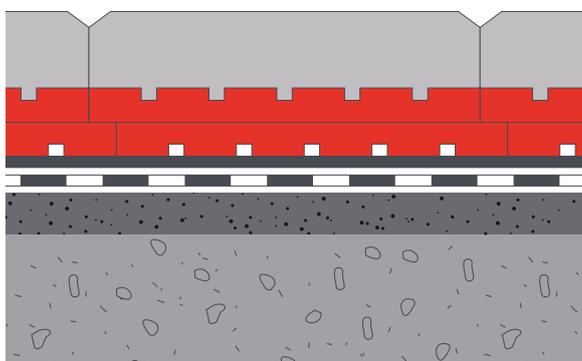
### **Cobertura invertida com ladrilhos isolantes**

Neste caso, trata-se de uma solução integral em que um só produto incorpora o isolamento de XPS e o acabamento transitável, normalmente à base de ladrilho hidráulico com árido seleccionado entre 3 e 5 mm, que resulta num betão poroso com uma grande capacidade de drenagem.

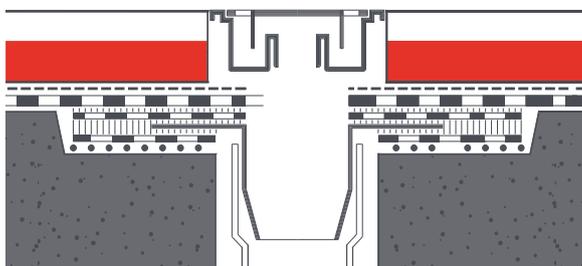
A cobertura invertida com ladrilhos isolantes é uma solução idónea tanto numa obra nova como em trabalhos de reabilitação energética, pela sua facilidade de instalação, colocando-se numa só operação isolamento e acabamento e eliminando-se a necessidade de colocar gravilha ou pavimento, com uma consequente poupança na mão de obra.

A colocação a seco dos ladrilhos flutuantes de XPS betão hidráulico, que asseguram numa só operação as camadas de isolamento, lastro e acabamento transitável, sem argamassa de agarre, permite a inspecção da membrana impermeável para possíveis reparações.

O sistema pode combinar-se com a aplicação de gravilha em pontos singulares e confluências com elementos. Do mesmo modo, podem realizar-se coberturas combinando zonas transitáveis e não transitáveis. Normalmente as equipas técnicas podem posicionar-se nas bancadas construídas directamente sobre os ladrilhos.



Pormenor geral



Pormenor do esgoto



Arquivo DOW



Arquivo DOW

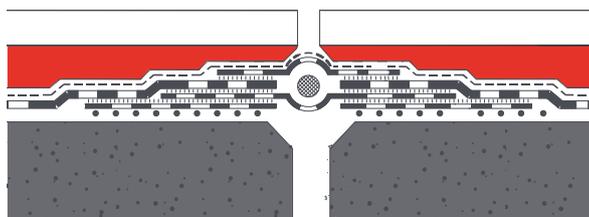
## 5 Tipologias de cobertura invertida

Com este tipo de solução, é possível converter, numa só operação, uma cobertura plana tradicional numa cobertura invertida transitável para uso pedonal com a instalação de ladrilhos flutuantes sobre a membrana impermeável, intercalando uma lâmina geotêxtil separadora entre ambas as camadas, o que se torna especialmente interessante em obras de reabilitação energética.

As imagens aqui incluídas mostram a disposição típica de camadas numa cobertura invertida transitável, assim como a solução de alguns pontos singulares.



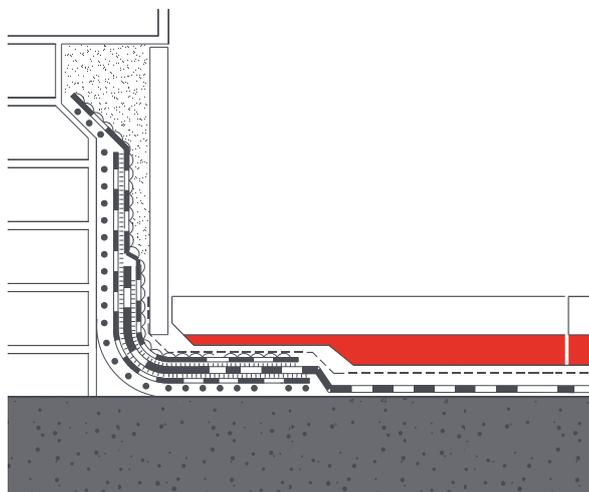
Arquivo URSA



Pormenor da junta estrutural



Arquivo URSA



Pormenor do remate perimetral



Arquivo TOPOX



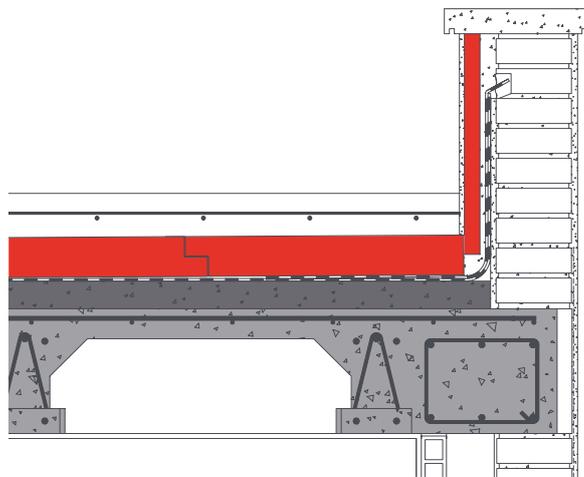
Arquivo URSA

### Cobertura invertida de tráfego rodado

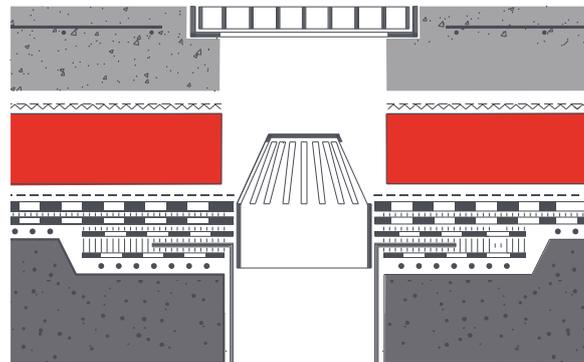
Este tipo de coberturas invertidas, concebidas para a circulação e estacionamento de veículos, incorporam uma camada de rodeamento de betão ou de aglomerado asfáltico colocado sobre a camada de betão armado.

Recomenda-se a colocação de uma camada antipunzonante sobre o isolante de XPS, em cima da qual se estenderá uma camada de betão armado de não menos de 8 cm de espessura, para repartição de cargas, que receberá finalmente a camada de rodeamento asfáltica ou de betão.

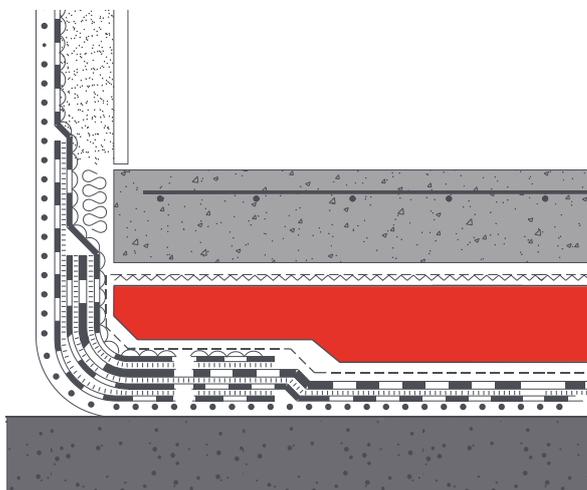
As figuras aqui incluídas mostram a disposição típica de camadas numa cobertura invertida de tráfego rodado, assim como a solução de alguns pontos singulares.



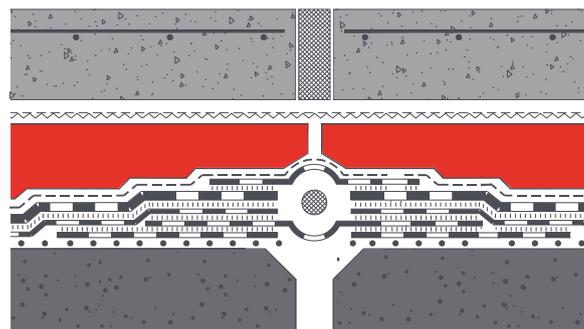
Pormenor geral



Pormenor do esgoto



Pormenor do remate perimetral



Pormenor da junta estrutural

# 6

## Colocação em obra

***A colocação de placas de poliestireno extrudido (XPS) sobre a membrana impermeável em coberturas planas invertidas prolonga a sua duração, protegendo-a contra o ataque da radiação solar, mudanças térmicas repentinas que podem provocar fendas, ciclos gelo/degelo e agressões mecânicas durante a execução e o uso da cobertura.***

Em trabalhos de reparação e/ou reabilitação energética, para coberturas com acabamento de gravilha ou ladrilhos flutuantes, as placas isolantes rígidas de poliestireno extrudido (XPS) permitem inspeccionar a membrana impermeável com facilidade e possibilitam a implementação de novas camadas de isolamento a posteriori para reduzir a transmitância térmica da cobertura. A grande resistência à compressão das placas isolantes rígidas de poliestireno extrudido permite também a sua utilização em coberturas destinadas ao estacionamento de veículos.

Na grande maioria dos casos, não é preciso colocar barreira de vapor em coberturas invertidas isoladas com placas de poliestireno extrudido (XPS). A sua colocação em obra, tanto para uma nova construção como para reabilitação energética, requer pouco tempo, e toda a operação de manutenção ou de substituição torna-se mais simples.

Os tipos de placas de XPS empregues habitualmente em coberturas planas são de 300 kPa e 500 kPa (este último, no caso de estarem submetidas a cargas elevadas, como coberturas de estacionamento), de resis-

tência mínima à compressão, superfície exterior lisa e mecanização perimetral a meia-madeira.

A cobertura invertida aplica-se habitualmente sobre placas de betão, embora também possa instalar-se sobre estruturas metálicas ou até de madeira. A inclinação pode estar compreendida entre 1 e 5%, e pode utilizar-se qualquer tipo de membrana impermeável, seja de tipo betuminoso, tanto aderida como não aderida, seja de tipo sintético, embora para este segundo tipo de membrana será necessário consultar junto do fabricante a possível incompatibilidade entre esta e o XPS. Se se verificar esta incompatibilidade, pode ocorrer uma migração de plastificantes da membrana para o isolante, o que pode provocar uma contracção dimensional e fragilização da membrana, pondo em risco a estanqueidade da cobertura, embora geralmente seja suficiente colocar uma camada separadora tipo geotêxtil, de gramagem adequada, entre ambas as camadas.

Podemos estabelecer uma classificação de coberturas planas invertidas em transitáveis e não transitáveis.



Arquivo FIBRAN



Arquivo TOPOX



Arquivo TOPOX

### **Cobertura plana invertida com estrutura suporte de betão**

Na cobertura plana invertida, ao “inverter” as posições convencionais de impermeabilização e isolamento térmico, colocando este isolamento sobre a cobertura, a durabilidade da impermeabilização aumenta visivelmente.

### **Acabamentos não transitáveis**

#### **Cobertura invertida não transitável com acabamento em gravilha**

Árido rodado, com granulometria 20 - 40 mm, lavado, e com espessura mínima de 50 mm. Com 50 mm, permite entre 80 e 100 kg/m<sup>2</sup> de sobrecarga, que compensam o estímulo, por flutuabilidade, das placas leves e rígidas de poliestireno extrudido.

Se a gravilha contém excesso de finos, coloca-se sobre as placas um filtro separador não tecido ou geotêxtil, permeável à água, de 100 g/m<sup>2</sup> como mínimo (de poliéster, p.ex.). Assim evita-se que os finos se depositem na membrana, danificando-a, ou que entupam os escoadouros.

### **Acabamentos transitáveis**

Há várias opções como protecções transitáveis. As três primeiras para trânsito de pessoas e a quarta para trânsito de veículos.

#### **Pavimento de ladrilhos de betão**

Forma-se uma câmara ventilada entre as placas isolantes de poliestireno extrudido e os ladrilhos, apoiando-os sobre suportes distanciadores.

Será tida em conta a acção punzonante dos suportes distanciadores, de modo a que a pressão transmitida às placas isolantes não ultrapasse o valor de resistência à compressão para uma deformação máxima a longo prazo por fluência de 2% (cerca de 100-130 kPa, 1-1.3 kp/cm<sup>2</sup>, dependendo do fabricante, para um XPS com resistência à compressão de 300 kPa).

Os ladrilhos dispõem-se sobre os suportes de maneira a formar juntas abertas entre eles, para permitir assim qualquer dilatação, e facilitar tanto a drenagem de água na superfície como a ventilação sob os ladrilhos, de modo a formar um pavimento “aberto” à “difusão”.



Arquivo URSA



Arquivo BASF



Arquivo EDILTEC



Arquivo DOW

### **Pavimento contínuo de ladrilho cerâmico**

No caso de cobertura invertida, recomenda-se igualmente manter um determinado grau de ventilação ou arejamento entre o pavimento e o isolante térmico (trata-se de conseguir um sistema “aberto” à “difusão”). Há produtos comercializados sob o nome genérico de “camada de difusão” que, de facto, não facilitam a difusão do vapor como tal, mas sim a secagem (quando previstas juntas “abertas” de cada ladrilho, por onde “respire” a chamada camada de “arejamento”) e também a drenagem, no caso de se verificar água que provenha de condensação ou chuva.

O objectivo é impedir a formação de um lençol de água estancada entre a argamassa do ladrilho e as placas isolantes, o qual actuará como barreira de vapor no “lado frio” do isolante, o que seria contraproducente, em particular onde existem condições climatéricas locais especialmente adversas (por frio e chuvas).

Finalmente, recomenda-se colocar a camada de argamassa (de 40 mm de espessura no mínimo) e depois cobrir com uma malha –inclusive uma simples tela de galinheiro– para distribuir de melhor forma as sobrecargas que se produzam.

### **Pavimento de ladrilhos isolantes**

Devido à protecção pesada requerida pela solução invertida (com os diversos acabamentos expostos), nas tipologias anteriores obtém-se uma sobrecarga na cobertura de mais de 80 kg/m<sup>2</sup>. No entanto, quando por razões estruturais ou por tratar-se de uma reabilitação com limitações muito estritas, tanto em sobrecarga admissível como no acesso à cobertura, se deseje a solução de cobertura plana invertida com o menor peso possível, podemos optar por instalar ladrilhos isolantes, com base isolante de XPS integralmente aderida em argamassa tratada ou betão poroso, que oferecem, segundo os modelos, entre 25 e 60 kg/m<sup>2</sup> à cobertura e não requerem de meios especiais para serem levados sobre a cobertura.

Estes ladrilhos isolantes:

- › Podem-se usar com inclinações de 1 a 5%.
- › O seu peso não é considerado no momento de avaliar o sistema de fixação da impermeabilização e a sua estabilidade face ao vento.
- › No perímetro da cobertura, os lados dos ladrilhos isolantes estão protegidos da luz solar e da acção do vento directo por debaixo dos mesmos. Os muros têm uma altura mínima de 50 mm acima da superfície dos ladrilhos.
- › Para evitar a sucção de vento deve estudar-se, em função do tipo de ladrilho (peso, dimensões, desenho de juntas, etc), o comportamento perante a sucção do vento. Como o dito efeito produz-se no perímetro de qualquer cobertura, sobretudo nas esquinas, e também em redor de qualquer confluência importante: clarabóias, chaminés, casas das máquinas, etc., deve-se dispor em tais zonas ou de um lastro adicional como que um corredor formado com ladrilhos de betão de 600x600x50 mm, ou de uma fixação mecânica, ou inclusive de uma cola aos ladrilhos.



Arquivo DOW



Arquivo URSA

### **Com camada de rodagem para trânsito de veículos**

Também pode haver vários tipos de soluções construtivas de cobertura invertida que proporcionem a camada de rodagem para uma cobertura transitável para veículos. Passamos a enumerá-las: rodagem formada por ladrilhos de betão armado, camada de asfalto, pedra de calçada sobre camada de areia.

Devido às fortes sobrecargas, na cobertura “parking” é necessário o uso de placas isolantes de poliestireno extrudido de maiores prestações mecânicas do que as habituais em cobertura invertida.

### **Acabamentos vegetais ou ajardinados**

Numa cobertura invertida, como na tradicional, também se pode realizar o acabamento intensivo, com grandes espessuras de substrato mineral (mais de 200 mm e até 1.000 mm), cultivo de todo tipo de plantas e de todo o porte, manutenção e rega periódicas. No entanto, destaca-se, pela sua actualidade, a possibilidade de um acabamento extensivo. Neste tipo de cobertura, mais que “ajardinada”, “vegetal”, também chamada “açoteia ecológica” existe:

- › Uma camada de drenagem ou “geodreno” entre as placas isolantes de XPS e a camada de substrato.
- › Uma camada de substrato com espessura entre 60 e 120 mm (compare-se com o acabamento intensivo).
- › Plantas seleccionadas que não necessitam de cuidados nem de rega periódicos (tipicamente do género Sedum, tipo “unha de gato”). São ainda plantas de porte pequeno, o que, em caso de incêndio, não agrava o problema, por não representar uma grande massa orgânica em cobertura.
- › As principais vantagens das coberturas vegetais extensivas são:
  - a melhoria estética, a relativa leveza em relação à solução intensiva;
  - a mínima manutenção;

- a redução de caudais que deve suportar a evacuação de águas pluviais, e a formação de um escoadouro de CO<sub>2</sub> constituído pelas plantas.

› As maiores dificuldades vêm do escasso ou nulo desenvolvimento das plantas em climas de verão muito seco (humidade relativa média de menos de 40%, com valores mínimos de menos de 20%) e temperaturas em cobertura muito altas, até 50-55 °C, como consequência da intensa radiação solar. Nesses casos, é obrigatória uma manutenção e rega mínimas, ou então dispor de sistemas “passivos” que assegurem sempre uma provisão mínima de água às plantas.

### **Cobertura plana com estrutura suporte de chapa metálica ondulada (cobertura deck)**

No caso de utilizar isolamentos orgânicos com a finalidade de manter a temperatura abaixo do limite de serviço permanente e garantir a estabilidade dimensional resultante, instalam-se lâminas impermeabilizantes sintéticas (recomenda-se a aplicação em frio) com acabamento de cor branca ou clara, a fim de evitar um sobreaquecimento que possa deteriorar o isolante. Será comprovada a possível falta de compatibilidade química entre a formulação da lâmina e o suporte dado pelas placas de isolamento. É conhecido, por exemplo, o caso das placas de PVC que conseguem o grau adequado de flexibilidade acrescentando plastificantes. Se entram em contacto com o poliestireno, ditos plastificantes, dependendo da sua formulação específica, podem migrar em maior ou menor medida, tornando-se a lâmina de PVC frágil e contraindo dimensionalmente, com o consequente prejuízo para o sistema de cobertura. A solução passará por dispor de uma camada de separação adequada entre a lâmina e o isolamento.



Siga-nos em:



Numancia 185, 2º 2ª  
08034 Barcelona  
Tel. +34 93 534 34 16  
Fax +34 93 534 34 92  
info@aipex.es · www.aipex.es

Associados

