

GG

MICHEEL WASSOUF

DE LA CASA PASIVA AL ESTÁNDAR  
DA CASA PASSIVA À NORMA

# PASSIVHAUS

LA ARQUITECTURA PASIVA EN CLIMAS CÁLIDOS  
A ARQUITETURA PASSIVA EM CLIMAS QUENTES



DE LA CASA PASIVA AL ESTÁNDAR  
DA CASA PASSIVA À NORMA  
**PASSIVHAUS**

**Editorial Gustavo Gili, SL**

Rosselló 87-89, 08029 Barcelona, España. Tel. (+34) 93 322 81 61

Valle de Bravo 21, 53050 Naucalpan, México. Tel. (+52) 55 55 60 60 11

DE LA CASA PASIVA AL ESTÁNDAR  
DA CASA PASSIVA À NORMA

# PASSIVHAUS

LA ARQUITECTURA PASIVA EN CLIMAS CÁLIDOS  
A ARQUITETURA PASSIVA EM CLIMAS QUENTES

MICHEEL WASSOUF

GG

Quiero agradecer la ayuda prestada en la elaboración de este libro a Angelika Rutzmoser, María Cifuentes Ochoa y Daniel Tigges.

Diseño gráfico: Toni Cabré/Editorial Gustavo Gili, SL

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a la Cedro (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.conlicencia.com](http://www.conlicencia.com)) si necesita reproducir algún fragmento de esta obra.

La Editorial no se pronuncia ni expresa ni implícitamente respecto a la exactitud de la información contenida en este libro, razón por la cual no puede asumir ningún tipo de responsabilidad en caso de error u omisión.

© Micheel Wassouf

© Editorial Gustavo Gili, SL, Barcelona, 2014

ISBN: 978-84-252-2636-6 (digital PDF)

[www.ggili.com](http://www.ggili.com)

Costaria de agradecer a Angelika Rutzmoser, María Cifuentes Ochoa e Daniel Tigges pela ajuda recebida na elaboração desse livro.

Tradução: Carla Zollinger

Revisão técnica: Alexandre Salvaterra

Revisão de texto: Felipe Grüne Ewald

Preparação de texto: Adriana Cerello

Design gráfico: Toni Cabré/Editorial Gustavo Gili, SL

Qualquer forma de reprodução, distribuição, comunicação pública ou transformação desta obra só pode ser realizada com a autorização expressa de seus titulares, salvo exceção prevista pela lei. Caso seja necessário reproduzir algum trecho desta obra, entrar em contato com a Editora.

A Editora não se pronuncia, expressa ou implicitamente, a respeito da acuidade das informações contidas neste livro e não assume qualquer responsabilidade legal em caso de erros ou omissões.

© da tradução: Carla Zollinger

© Micheel Wassouf

© Editorial Gustavo Gili, SL, Barcelona, 2014

ISBN: 978-84-252-2636-6 (digital PDF)

[www.ggili.com.br](http://www.ggili.com.br)

**06 Introducción**  
Las tendencias actuales  
Normativa  
Certificación medioambiental  
Los estándares de construcción  
Edificio de energía neta casi nula

**20 La arquitectura pasiva**  
Criterios de la arquitectura pasiva  
Criterios de la arquitectura Passivhaus  
Conceptos pasivos singulares

**68 El estándar Passivhaus**  
Definición oficial del estándar Passivhaus  
Sistemas de calefacción  
Sistemas de refrigeración  
La herramienta PHPP

**84 Ejemplos construidos tipo Passivhaus**

**100 El cálculo energético mediante PHPP**

**136 Conclusión**

**141 Bibliografía**

**143 Créditos de las ilustraciones**

**06 Introdução**  
Tendências atuais  
As normas de edificação  
Certificação ambiental  
As normas de edificação sustentável  
Edificações com consumo de energia quase nulo

**20 A arquitetura passiva**  
Critérios da arquitetura passiva  
Critérios da arquitetura Passivhaus  
Conceitos passivos especiais

**68 A norma Passivhaus**  
Definição oficial da norma Passivhaus  
Sistemas de calefação  
Sistemas de refrigeração  
A ferramenta PHPP

**84 Exemplos construídos tipo Passivhaus**

**100 O cálculo energético com a ferramenta PHPP**

**136 Conclusão**

**141 Bibliografia**

**143 Créditos das ilustrações**

# Introducción

“Tu casa es tu cuerpo más grande”

Gibran Jalil Gibran

# Introdução

“Sua casa é seu corpo em maior escala”

Gibran Jalil Gibran

Cada vez que viajo a Damasco, mi ciudad de nacimiento, me impresiona el orgullo con el que sus ciudadanos muestran los edificios modernos de los nuevos barrios de esta urbe milenaria. A veces me invitan a tomar café en pleno verano, y pasamos las tardes entre el calor y el frío de los edificios climatizados y excesivamente vidriados. Más tarde, al volver a casa de mi tía, quien vive en una casa tradicional en el casco antiguo, vuelvo a recuperar el confort perdido para volver a tomar té y café con mis primos. El bienestar que ofrece esta casa en verano me recuerda al confort de las casas construidas recientemente según el estándar Passivhaus en el continente europeo. Pienso lo bien que estaría conciliar la arquitectura moderna internacional con las casas tradicionales pasivas que conforman las ciudades antiguas del Mediterráneo.

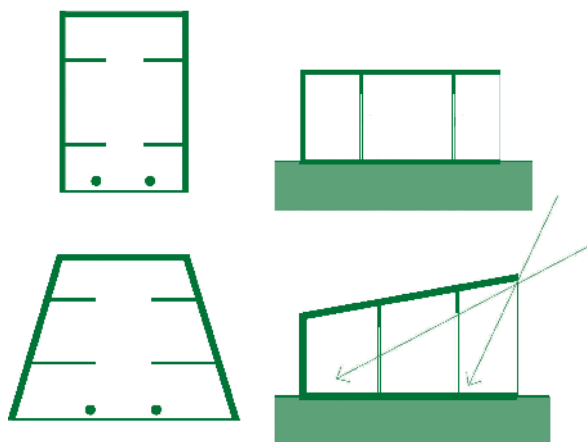
De hecho, la arquitectura pasiva, definida como aquella que se adapta a las condiciones climáticas de su entorno, existe desde la Antigüedad. Sócrates (469-399 a. C.) fue el primero en describir esta arquitectura por escrito: el *megaron* que propone parte de la casa griega, pero modifica su planta para darle una forma trapezoidal, y conseguir una mayor captación de energía solar en invierno y el mantenimiento del confort en verano por medio de los voladizos del porche.

Esta componente energética de lo local ha ido diluyéndose a lo largo del siglo xx, sobre todo a raíz del auge de la arquitectura del Estilo Internacional en la posguerra. En la propia denominación, el Estilo Internacional se desvincula de las condiciones locales para aplicarlas internacionalmente. Así, el proyecto y la ejecución de los edificios contemporáneos se han desarrollado según parámetros estéticos, funcionales y económicos, que es el marco en el cual se movía hasta ahora la libertad arquitectónica aceptada por nuestra sociedad.

Con la crisis del petróleo de la década de 1970 resurgió la preocupación por los aspectos medioambientales en la edificación, y en la actualidad la inquietud creciente sobre el cambio climático ha quedado patente en el IV Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change) donde se estima con una gran probabilidad (superior al 90 %) que la causa del calentamiento global del planeta son las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que se derivan de las actividades humanas (además del CO<sub>2</sub>, la lista de gases incluye el metano

Cada vez que viajo a Damasco, minha cidade natal, me impressiona o orgulho com que seus cidadãos mostram os edifícios modernos dos novos bairros desta cidade milenar. Às vezes, me convidam em pleno verão para tomar café e passamos as tardes entre o calor e o frio dos edifícios climatizados e excessivamente envidraçados. Mais tarde, ao voltar à casa de minha tia, que vive em uma edificação tradicional no centro antigo, recupero o conforto perdido tomando chá e café com meus primos. O bem-estar que essa casa oferece no verão me lembra o conforto das casas construídas recentemente no continente europeu segundo a norma Passivhaus. Fico pensando com seria importante conciliar a arquitetura moderna internacional com as casas tradicionais passivas que configuram as cidades antigas do Mediterrâneo.

De fato, a arquitetura passiva, definida como aquela que se adapta às condições climáticas de seu entorno, existe desde a Antiguidade. Sócrates (469-399 a. C.) foi o primeiro a descrever esta arquitetura por escrito: seu *megaron* se baseia na casa grega, modifica sua planta para dar-lhe uma forma trapezoidal e conseguir captar mais energia solar no inverno, mantendo o conforto no verão graças aos beirais que sombreiam as varandas.



Megaron griego: planta y sección originales desarrolladas en el Neolítico (arriba) y propuestas por Sócrates en el siglo IV a. C. (abajo).

Megaron grego: planta e corte originais desenvolvidos no Neolítico (acima) e propostos por Sócrates no século IV a.C. (abaixo).



[CH<sub>4</sub>], el óxido de nitrógeno [N<sub>2</sub>O] y otros gases de menor importancia). En el período de 1996-2005 se han registrado once de los doce años más cálidos desde que existen los registros meteorológicos (1850).

Los escenarios que presenta el IPCC varían desde el pesimista —con un incremento global de la temperatura de hasta 6,4 °C para 2100— hasta uno sostenible en el otro extremo, con un incremento de solo 1,1 °C. El IPCC insiste en que es necesario controlar el aumento del calentamiento global a un máximo de 2-2,4 °C en 2050, para evitar grandes catástrofes naturales debidas al calentamiento global. Según este organismo, solo puede garantizarse tal incremento con una reducción de los gases de efecto invernadero entre un 50-80 % respecto a los de 2007.

En este marco de cambio climático global, destaca el papel clave del sector de la edificación. La energía necesaria para la construcción, el mantenimiento y el uso de los edificios supone el 40 % del consumo energético en la Unión Europea. Un tercio de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> equivalentes, principal indicador del cambio climático, tiene su causa en la construcción y el uso de los edificios.<sup>1</sup>

En la actualidad, el consumo de energía debido al uso de un edificio es responsable de la mayor parte de las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector de la edificación. Incluso en países con un clima suave, como el mediterráneo, la energía que se consume en calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria e iluminación es la principal responsable de las emisiones de CO<sub>2</sub> en las diferentes etapas de la vida de los edificios. Estos consumos suelen ocupar el primer lugar como fuente de emisiones de CO<sub>2</sub>, por delante de la energía necesaria para la extracción y la fabricación de los materiales, e incluso de la energía necesaria para la construcción de los edificios. Por ello, resulta de especial interés recuperar la relevancia de la arquitectura pasiva en la construcción o la rehabilitación de nuestros edificios, pues tiene un gran potencial de ahorro energético.

Esse componente energético próprio da arquitetura vernacular foi se diluindo ao longo do século xx, sobretudo a partir do auge da arquitetura do Estilo Internacional no pós-guerra. Como sugere a denominação, o Estilo Internacional se desvincula dos condicionantes locais para aplicar-se internacionalmente. Assim, o projeto e a execução das edificações contemporâneas se desenvolveram segundo parâmetros estéticos, funcionais e econômicos, limites que cercearam a liberdade arquitetônica aceita pela nossa sociedade.

Com a crise do petróleo da década de 1970, ressurgiu a preocupação com os aspectos ambientais nas edificações. Na atualidade, a crescente inquietude em relação à mudança climática ficou patente no quarto Relatório do Grupo Intergovernamental de Especialistas sobre a Mudança Climática (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change). Neste, estima-se com uma grande probabilidade (superior a 90%) que a causa do aquecimento global do planeta seja a emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que se deriva das atividades humanas. Além do CO<sub>2</sub>, a lista de gases inclui o metano (CH<sub>4</sub>), o óxido de nitrogênio (N<sub>2</sub>O) e outros gases de menor importância. Entre 1996 e 2005, registraram-se onze dos doze anos mais quentes desde que existem os registros meteorológicos (1850).

Os cenários apresentados no IPCC são variados: vão desde uma visão pessimista — com um aumento global da temperatura de até 6,4°C para 2100 — até uma visão otimista — com um aumento de apenas 1,1°C. Para evitar grandes catástrofes naturais devidas ao aquecimento global, o IPCC insiste na necessidade de controlar o aumento do aquecimento global até um máximo de 2 a 2,4°C para 2050. Segundo o IPCC, esse aumento só pode ser garantido com uma redução entre 50 e 80% dos gases de efeito estufa, em relação às emissões de 2007.

Neste marco de mudança climática global, destaca-se o papel fundamental do setor da construção. A energia necessária para a construção, a manutenção e o uso das edificações representa 40% do consumo energético na União Europeia. Um terço das emissões globais de CO<sub>2</sub> equivalentes, principal indicador da mudança climática, tem sua causa na construção e no uso das edificações.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Datos según: Levine, M., et al., "Residential and Commercial Buildings", en Metz, B. et al. (eds.), *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge/Nueva York, 2007.

<sup>1</sup> Fontes: Levine, M. et al. "Residential and Commercial Buildings". In Metz, B. et al. (orgs.). *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge/Nova York, Cambridge University Press, 2007.

## LAS TENDENCIAS ACTUALES

Si repasamos las tendencias actuales respecto a la sostenibilidad en la construcción, es preciso recordar el propio concepto de sostenibilidad, en cuya definición se tienen en cuenta todos los factores relevantes para el mantenimiento futuro de nuestras sociedades.

La sostenibilidad se basa en tres pilares básicos:

- La sostenibilidad ecológica define el objetivo básico de la sostenibilidad: la protección del medio ambiente para las futuras generaciones, que contempla, entre otras cuestiones, el mantenimiento de la biodiversidad y la protección contra el cambio climático.
- La sostenibilidad económica consiste en una economía capaz de asegurar un determinado poder adquisitivo, un bienestar económico y la protección de los recursos económicos frente a la explotación por parte de intereses específicos.
- La sostenibilidad social comprende el desarrollo de la sociedad en un proceso participativo de todos sus integrantes, lo cual implica un equilibrio entre los diferentes sectores de la sociedad para garantizar una convivencia pacífica.

Mientras que la sostenibilidad ecológica tiene una perspectiva global (los gases nocivos para el medio ambiente no conocen fronteras), la económica y la social suelen centrarse en escalas locales y regionales, pues dependen de características específicas de cada sociedad.

Actualmente, las normas que se refieren a la sostenibilidad en la construcción obedecen a una jerarquía muy simple: las más rigurosas se definen en los estándares de construcción, seguidas por las certificaciones ambientales y las normativas nacionales.

La base de las técnicas y las soluciones constructivas y arquitectónicas aplicadas en cada país está recogida en las normativas vigentes propias, elaboradas a lo largo del tiempo a partir de las necesidades más urgentes de cada sociedad. Por ello, las normativas que controlan aspectos relativos a la sostenibilidad suelen tener un carácter elemental.

En cambio, las certificaciones medioambientales están pensadas para cuantificar y controlar de manera integral todos los aspectos de la sostenibilidad de un modo mucho más completo que las normativas nacionales.

Atualmente, o consumo de energia decorrente do uso das edificações é responsável pela maior parte das emissões de CO<sub>2</sub> do setor da construção. Inclusive em países de clima ameno, como aqueles do Mediterrâneo, a energia que se consome com climatização, aquecimento de água e iluminação é a principal causa das emissões de CO<sub>2</sub> ao longo do ciclo de vida das edificações. Esses consumos costumam ocupar o primeiro lugar como fonte de emissão de CO<sub>2</sub>, superando a energia necessária para a extração e fabricação dos materiais, inclusive a energia necessária para a construção das edificações. É importante, portanto, reafirmar a relevância da arquitetura passiva na construção ou reciclagem das edificações, já que ela tem um grande potencial de economia energética.

## TENDÊNCIAS ATUAIS

Para analisarmos as tendências atuais a respeito da sustentabilidade na construção, é necessário lembrar o próprio conceito de sustentabilidade, em cuja definição são contabilizados todos os fatores relevantes para a manutenção futura de nossas sociedades.

A sustentabilidade se baseia em três pilares básicos:

- A sustentabilidade ecológica define o objetivo básico da sustentabilidade: a proteção do meio ambiente para as futuras gerações, que inclui, entre outras questões, a manutenção da biodiversidade e a proteção contra a mudança climática.
- A sustentabilidade econômica implica uma economia capaz de assegurar um determinado poder aquisitivo, um bem-estar econômico e de proteger os recursos econômicos frente à sua exploração realizada por interesses específicos.
- A sustentabilidade social compreende o desenvolvimento da sociedade em um processo participativo que envolva todos os seus integrantes, o que implica o equilíbrio entre os diferentes setores da sociedade para garantir sua convivência pacífica.

Se, por um lado, a sustentabilidade ecológica tem uma perspectiva global (os gases nocivos para o meio ambiente não conhecem fronteiras), por outro, a econômica e a social costumam referir-se a escalas locais e regionais, pois dependem de características específicas de cada sociedade.



La pirámide de la sostenibilidad normalizada aplicada a la construcción.  
A pirâmide da sustentabilidade normalizada aplicada à construção.

Los estándares de construcción representan los niveles más exigentes en la jerarquía de la normalización de la sostenibilidad, y se centran en el control de determinados temas que ejercen gran influencia en la misma, aunque suponen todavía un sector muy reducido en el mercado de la construcción.

## Normativa

La normativa oficial de edificación vinculante de cada país establece una serie de requisitos mínimos para la sostenibilidad, y sus exigencias varían según la orientación política y social en cada caso. Gran parte de esta normativa se centra en el control del consumo energético —calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria y electricidad— durante el uso del edificio, y reflejan, aunque de un modo más sucinto, otros aspectos de la sostenibilidad.

El problema de dichas normativas es su dependencia de los sistemas políticos, que varían con el tiempo, y de la industria de la construcción que ejerce presión en su redacción. Por ello, en las normativas oficiales no se definen mecanismos para sancionar productos con un mal balance energético o soluciones que emiten gases

Atualmente, as normas que se referem à sustentabilidade na construção obedecem a uma hierarquia muito simples: as mais rigorosas correspondem às normas de construção, seguidas pelas certificações ambientais e pelas normas de edificação nacionais.

A base das técnicas e das soluções construtivas, assim como arquitetônicas, aplicadas em cada país se reflete nas normas de edificação vigentes, elaboradas a partir das necessidades mais urgentes de cada sociedade. Dessa forma, as normas de edificação que controlam os aspectos relativos à sustentabilidade costumam ter um caráter rudimentar.

Por outro lado, as certificações ambientais são pensadas para quantificar e controlar de maneira integral todos os aspectos da sustentabilidade, isto é, de uma maneira muito mais completa que as normas de edificação nacionais.

As normas de edificação sustentável representam os níveis mais exigentes na hierarquia da normalização da sustentabilidade — referindo-se ao controle de determinados temas de grande influência na sustentabilidade —, mesmo que englobem um setor ainda muito pequeno no mercado da construção.

## As normas de edificação

As normas de edificação oficiais e obrigatórias de cada país estabelecem uma série de requisitos mínimos para a sustentabilidade. Suas exigências variam de acordo com a orientação política e social de cada país. A maior parte destas normas se refere ao controle do consumo energético — climatização, aquecimento de água e eletricidade — durante o uso do edifício, refletindo, ainda que de maneira mais sucinta, outros aspectos da sustentabilidade.

O problema de tais normas de edificação encontra-se em sua dependência dos sistemas políticos, os quais variam com o tempo e são influenciados pela indústria da construção, que exerce pressão em sua redação. Pelo mesmo motivo, as normas de edificação oficiais não definem mecanismos para punir empreendimentos que apresentem um balanço energético ruim ou que emitam gases nocivos — formaldeído, isocianatos etc. — no processo de construção, uso ou demolição.

No contexto internacional, destaca-se a iniciativa da União Europeia para reduzir 90% dos gases de efeito

nocivos —formaldeído, isocianatos, etc.— en el proceso de su elaboración, uso o destrucción.

En el ámbito internacional destaca la iniciativa de la Unión Europea para reducir los gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub> equivalente) en un 90 % para 2050. Dentro este marco se ha redactado una serie de leyes europeas de mejora de la eficiencia energética y el uso de energías renovables en la construcción.<sup>2</sup>

Como parte de la Unión Europea, España está obligada a trasladar las directivas del Parlamento Europeo a las leyes nacionales. Las directivas europeas “Energy Performance of Buildings Directive” (EPBD) se van trasladando al Código Técnico de la Edificación español (CTE) y quedan reflejadas en el Documento básico de ahorro de energía en la edificación (DB-HE), donde definen las características energéticas pasivas y activas de un proyecto de arquitectura, sin pretender englobar todos los criterios de sostenibilidad definidos por las normas internacionales. El DB-HE se entiende como un primer paso hacia una construcción más sostenible, susceptible de mejorar en muchos de sus conceptos.

Todos los países miembros de la Unión Europea están obligados a actualizar estas normativas cada tres años para endurecer las exigencias energéticas en la construcción. En este sentido, aún no se ha desarrollado una herramienta legal eficaz para mejorar el comportamiento energético de los edificios antiguos, responsables de la mayor parte de las emisiones de gases nocivos al medio ambiente. No obstante, y en el ámbito europeo, existe una amplia gama de iniciativas políticas locales, regionales y nacionales para el fomento de la rehabilitación energética del parque construido.

En el marco del compromiso de la Unión Europea del 20-20-20,<sup>3</sup> la directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo ha establecido nuevas pautas más exigentes para mejorar la eficiencia energética. En esta directiva se determina el concepto de “energía casi nula”, como referencia para las construcciones futuras, tema que será tratado más adelante.

Por otro lado, en muchos países latinoamericanos con clima tropical, las normativas hacen más énfasis en la reducción del consumo eléctrico (nevera, electrodomésticos, iluminación, etc.), dado que el consumo de

estufa (CO<sub>2</sub> equivalente) até 2050. A partir daí, foi definida uma série de leis europeias de melhoria da eficiência energética e do uso de energias renováveis na construção.<sup>2</sup>

Fazendo parte da União Europeia, a Espanha é obrigada a adotar as diretrizes do Parlamento Europeu nas suas leis nacionais. As diretrizes europeias “Energy Performance of Buildings Directive” (EPBD) estão sendo incorporadas ao Código Técnico da Edificação espanhol (CTE), sendo refletidas no Documento Básico de economia de energia na edificação (DB-HE). Este, no entanto, define as características energéticas passivas e ativas de um projeto arquitetônico sem pretender englobar todos os critérios de sustentabilidade definidos pelas normas internacionais. O DB-HE pode ser considerado como um primeiro passo em direção a uma construção mais sustentável, sendo atualmente obsoleto em muitos dos seus conceitos.

Todos os países membros da União Europeia devem atualizar suas normas de edificação a cada três anos para ampliar as exigências energéticas na construção. Neste sentido, ainda não se desenvolveu uma ferramenta legal eficaz para melhorar o desempenho energético de edificações antigas, responsáveis pela maioria das emissões de gases nocivos ao meio ambiente. Não obstante, no contexto europeu existe uma ampla gama de iniciativas políticas locais, regionais e nacionais para o incentivo da melhoria do desempenho energético do conjunto de edificações construídas.

No cenário do compromisso da União Europeia firmado no acordo 20-20-20,<sup>3</sup> a diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu estabeleceu novas pautas mais exigentes para melhorar a eficiência energética. Esta diretiva determina o conceito de consumo de energia quase nulo como referência para as futuras construções, tema que será tratado mais adiante.

Por outro lado, em muitos países latino-americanos com clima tropical, as normas de edificação dão mais ênfase à redução do consumo elétrico (geladeira, eletrodomésticos, iluminação etc.), pois o consumo de calefação e ar-condicionado é ainda baixo. No entanto, o funcionamento energético precário de muitas edificações autoconstruídas, a péssima qualidade do ar nas metrópoles e as tendências das classes altas em igualar seu

<sup>2</sup> Acuerdo 20-20-20 del 12/2008 del Parlamento Europea y “Hoja de ruta Energía 2050” de la Comisión Europea del 15/12/2011.

<sup>3</sup> Compromiso para 2020: reducción del 20 % de los gases de efecto invernadero, las energías renovables cubren el 20 % del consumo energético y reducción en un 20 % del consumo de la energía primaria.

<sup>2</sup> Acordo 20-20-20 de 12/2008 do Parlamento Europeu e “Agenda Energia 2050” da Comissão Europeia de 15/12/2011.

<sup>3</sup> Compromisso para 2020: redução de 20% dos gases causadores do efeito estufa, aumento da utilização de energias renováveis, cobrindo 20% do consumo energético, e redução de 20% no consumo da energia primária.

calefacción y aire acondicionado es todavía bajo. Sin embargo, el funcionamiento energético precario de muchos edificios de autoconstrucción, la calidad pésima del aire en las grandes urbes y las tendencias de las clases altas de igualar su estilo de vida al de los países desarrollados (Estados Unidos, Canadá o Europa) despiertan cada vez más la conciencia sobre la necesidad de mejorar el confort climático junto con la eficiencia energética de los edificios.

### **Certificación medioambiental**

Debido a la complejidad del concepto de sostenibilidad, en las últimas dos décadas se han desarrollado diversas normas ISO (Organización Internacional para la Estandarización) para cuantificar los índices de sostenibilidad en la edificación. Estas normas, intentan englobar todos los aspectos de la sostenibilidad, y son mucho más completas que las normativas vigentes sobre sostenibilidad. Es importante entender que estas “normas de sostenibilidad” aplicadas a la edificación son de carácter voluntario, pero que podrían servir para futuras normativas nacionales con carácter obligatorio.

A raíz de dichas normas ISO, en las últimas dos décadas han visto la luz una serie de herramientas que cuantifican la sostenibilidad de un proyecto o edificio, y que son conocidas como “sistemas de calificación y certificación ambiental”.

Existen tres organizaciones que controlan las herramientas de evaluación ambiental en la construcción:

- World Green Building Council (WGBC), la asociación más conocida, donde prevalecen los criterios de la filial estadounidense United States Green Building Council (USGBC).
- International Initiative for Sustainable Building Environment (IISBE), una organización sin ánimo de lucro implantada fundamentalmente en el ámbito académico. Promueve la investigación y la formación en el campo de la sostenibilidad, y desarrolla la herramienta SBTool para su aplicación en los países emergentes.
- Sustainable Building Alliance (SBA), una asociación internacional creada con el fin de desarrollar un procedimiento común de evaluación a partir de la definición de indicadores básicos.

estilo de vida àquele dos países desenvolvidos (Estados Unidos, Canadá e Europa) despertam cada vez mais a consciência sobre a necessidade de melhorar o conforto climático e a eficiência energética das construções.

### **Certificação ambiental**

Devido à complexidade do conceito de sustentabilidade, nas últimas duas décadas, diversas normas ISO (Organização Internacional para a Padronização) foram desenvolvidas para quantificar os índices de sustentabilidade na construção. O objetivo dessas normas de certificação é tentar englobar todos os aspectos de sustentabilidade, sendo muito mais completas que as normas de edificação vigentes. Porém, é importante compreender que estas “normas de sustentabilidade” aplicadas à construção possuem um caráter de cumprimento voluntário, podendo servir para futuras normas nacionais de caráter obrigatório.

A partir de tais normas ISO, nas últimas duas décadas surgiu uma série de ferramentas que quantificam a sustentabilidade de um projeto ou edifício, sendo conhecidas como “sistemas de qualificação e certificação ambiental”.

Existem três organizações que controlam as ferramentas de avaliação ambiental na construção:

- World Green Building Council (WGBC), a associação mais conhecida, na qual prevalecem os critérios da filial norte-americana, a United States Green Building Council (USGBC).
- International Initiative for Sustainable Building Environment (IISBE), uma organização sem fins lucrativos relacionada principalmente ao âmbito acadêmico. Promove a pesquisa e a formação no campo da sustentabilidade e desenvolve a ferramenta SBTool para aplicação em países emergentes.
- Sustainable Building Alliance (SBA), uma associação internacional criada com o objetivo de desenvolver um procedimento comum de avaliação a partir da definição de indicadores básicos.

Além destas três organizações, surgiu recentemente um novo perfil de associações de avaliação ambiental com uma filosofia mais independente das grandes empresas



Además de estas tres organizaciones, recientemente está surgiendo un nuevo perfil de asociaciones de evaluación ambiental con una filosofía más independiente que la de las grandes empresas multinacionales, como, por ejemplo, el International Living Building Institute o el 2030 Challenge.

Hoy en día existe una veintena de herramientas basadas en estas normas ISO,<sup>4</sup> la más conocida de las cuales es LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), desarrollada por el USGBC y basada en normativa estadounidense. La mayor parte de los edificios certificados LEED (principalmente edificios de oficinas y comerciales) se encuentran en Estados Unidos, aunque existe una fuerte tendencia hacia la internacionalización del sello, que tiene presencia en más de noventa países, sobre todo en Latinoamérica.

BREEAM es el equivalente británico, con más difusión en la Unión Europea, mientras que la española VERDE puede servir como ejemplo de herramienta desarrollada para un mercado local. A diferencia de esta última, de implantación exclusiva en España, los sistemas LEED, BREEAM o el alemán DGNB tienen una política agresiva de conquista de mercados de ámbito global, y desarrollan estrategias de marketing similares a las de las grandes empresas multinacionales.

Las certificaciones medioambientales cuantifican el impacto ambiental a lo largo de las seis etapas de vida de un edificio:

- Planeamiento urbanístico: se cuantifican aquellos impactos medioambientales generados por las decisiones urbanísticas (por ejemplo, las infraestructuras).
- Producto: se cuantifican aquellos impactos medioambientales generados en el proceso de producción de los materiales de construcción.
- Transporte de materiales: se cuantifican aquellos impactos medioambientales generados por el transporte de materiales de construcción hasta la obra.
- Construcción: se cuantifican aquellos impactos medioambientales generados durante la obra.
- Uso del edificio: se cuantifican aquellos impactos medioambientales generados durante el uso del edificio. La parte más importante de esta etapa es el consumo energético del edificio y la energía que requiere el mantenimiento.

<sup>4</sup> Alemania: DGNB, BNB; Brasil: AQUA, LEED Brasil; Canadá: LEED Canada, Green Globes; España: VERDE; Estados Unidos: LEED, Green Globes; Finlandia: PromisE; Francia: HQE; Reino Unido: BREEAM; Italia: Protocollo Itaca; México: LEED México; Países Bajos: BREEAM Netherlands; Portugal: Lider A, etc.

multinacionais, como, por exemplo, o International Living Building Institute ou o 2030 Challenge.

Hoje em dia existem mais de vinte ferramentas baseadas nessas normas ISO,<sup>4</sup> sendo a mais conhecida a LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), desenvolvida pelo USGBC e baseada nas normas norte-americanas. A maior parte das edificações com certificação LEED (principalmente prédios comerciais e de escritórios) situa-se nos Estados Unidos, embora exista uma tendência de internacionalização da marca, presente em mais de 90 países, principalmente nos latino-americanos.

BREEAM é o equivalente britânico e possui maior difusão na União Europeia. Na Espanha, a marca VERDE é um exemplo de ferramenta desenvolvida para um mercado local. Ao contrário desta, implantada exclusivamente na Espanha, os sistemas LEED e BREEAM, assim como o alemão DGNB, possuem uma política agressiva de conquista de mercados no nível global e desenvolvem estratégias de marketing similares àquelas das grandes empresas multinacionais.

As certificações ambientais quantificam o impacto ambiental ao longo das seis etapas do ciclo de vida de um edifício:

- Planejamento urbanístico: quantificam-se os impactos ambientais gerados pelas decisões urbanísticas (por exemplo, as infraestruturas).
- Produto: quantificam-se os impactos ambientais gerados no processo de produção dos materiais de construção.
- Transporte de materiais: quantificam-se os impactos ambientais gerados pelo transporte de materiais de construção até o canteiro de obras.
- Construção: quantificam-se os impactos ambientais gerados durante a obra.
- Uso do edifício: quantificam-se os impactos ambientais gerados durante o uso do edifício. A parte mais importante dessa etapa é o consumo energético do edifício e a energia necessária para sua manutenção.
- Fim do ciclo de uso: quantificam-se os impactos ambientais gerados com a demolição e reutilização do edifício (ou de partes do mesmo).

<sup>4</sup> Alemanha: DGNB, BNB; Brasil: AQUA, LEED Brasil; Canadá: LEED Canadá, Green Globes; Espanha: VERDE; Estados Unidos: LEED, Green Globes; Finlândia: PromisE; França: HQE; Reino Unido: BREEAM; Itália: Protocollo Itaca; México: LEED México; Países Baixos: BREEAM Netherlands; Portugal: Lider A, etc.

- Fin de vida: se cuantifican aquellos impactos medioambientales generados en la destrucción y reutilización del edificio (o de partes del mismo).

Para cada una de las etapas se asignan unos criterios de sostenibilidad que relacionan los diferentes aspectos en la edificación con los impactos ambientales. La asociación internacional SB-Alliance ha definido un total de 116 criterios para valorar la sostenibilidad en la edificación. En función del clima y de las necesidades socioculturales de cada región o país, cabe elegir los más relevantes para la zona (por ejemplo, el criterio de reutilización de aguas pluviales tiene una importancia diferente si el edificio se encuentra en Reino Unido o en España).

A cada criterio se asocian uno o más impactos e indicadores. Un impacto ambiental define un cambio en el medio ambiente resultado de la actividad humana vinculada a la construcción, uso y derribo de un edificio; este impacto ambiental queda cuantificado por un indicador medioambiental (por ejemplo, el CO<sub>2</sub> equivalente en el caso del cambio climático).

Una característica común de las certificaciones ambientales es su enfoque global hacia la sostenibilidad. Ofrecen un sistema para cuantificar la sostenibilidad, pero no proponen procesos determinados ni soluciones concretas. Además, pocas herramientas valoran la arquitectura pasiva, pues únicamente miden el consumo energético del edificio. De esta manera, un edificio mal proyectado (con mala orientación, poca protección solar, etc.) puede conseguir la mejor clasificación medioambiental con un sistema de instalaciones activas (calefacción y refrigeración) muy eficiente.

En este sentido, los estándares de construcción (como, por ejemplo, Passivhaus) tienen la ventaja de que, además de cuantificar aspectos de la sostenibilidad, también ofrecen un conjunto de soluciones concretas para conseguir sus objetivos.

## Los estándares de construcción

Mientras que los sistemas de certificación medioambiental intentan controlar todos los impactos medioambientales del edificio a través de sus criterios correspondientes, los estándares de construcción se centran en controlar criterios muy determinados.

Para cada una de las etapas, determinan-se critérios de sustentabilidade que relacionam os diferentes aspectos da construção com os impactos ambientais. A associação internacional SBA definiu 116 critérios para avaliar a sustentabilidade nas construções. Em função do clima e das necessidades socioculturais de cada região ou país, devem ser selecionados os critérios mais relevantes para a zona (por exemplo, o critério de reutilização de águas pluviais tem uma importância diferente se o edifício se situa no Reino Unido ou na Espanha).

Cada critério está associado a um ou mais impactos e indicadores. Um impacto ambiental define uma mudança no meio ambiente resultante da atividade humana vinculada à construção, ao uso e à demolição de um edifício. O impacto é quantificado por um indicador ambiental (por exemplo, o CO<sub>2</sub> equivalente no caso da mudança climática).

Uma característica comum das certificações ambientais é seu enfoque global em relação à sustentabilidade. Elas oferecem um sistema para quantificar a sustentabilidade, mas não propõem processos determinados, nem soluções concretas. Além disso, poucas ferramentas estão aptas a analisar a arquitetura passiva, pois medem unicamente o consumo energético do edifício. Dessa forma, um edifício malprojetado (com má orientação solar, pouca proteção solar etc.) pode conseguir uma classificação ambiental alta com um sistema de instalações ativas eficiente (calefação e refrigeração). Neste sentido, as normas de edificação sustentável — como, por exemplo, a Passivhaus — têm a vantagem de oferecer um conjunto de soluções concretas para alcançar seus objetivos, além de quantificar aspectos de sustentabilidade.

## As normas de edificação sustentável

Ao passo que os sistemas de certificação ambiental tentam controlar todos os impactos ambientais do edifício com seus critérios correspondentes, as normas de edificação sustentável concentram-se em controlar critérios bem determinados.

A maior parte das normas atuais foi desenvolvida para limitar a demanda e o consumo de energia durante o uso do edifício, refletindo-se na conta de energia que o usuário do edifício deve pagar. A norma mais conhecida no contexto internacional é a Passivhaus, desenvolvida na