

**101 REGRAS  
BÁSICAS**

**PARA UMA  
ARQUITETURA  
DE BAIXO**

**CONSUMO  
ENERGÉTICO**

**HUW HEYWOOD**

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

**GG<sup>®</sup>**

Titulo original: *101 Rules of Thumb For Low Energy Architecture*.  
Publicado originalmente por RIBA Publishing em 2012

Tradução, revisão técnica e preparação de texto: Alexandre Salvaterra  
Revisão de texto: Ana Beatriz Fiori e Solange Monaco  
Desenho gráfico e da capa: Toni Cabré/Editorial Gustavo Gili, SL

1ª edição, 2ª impressão, 2017

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, seja por meio de fotocópia, digitalização ou transcrição, 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.

© RIBA Publishing, 2012  
© Huw Heywood, 2012  
para a edição em português:  
© da tradução: Alexandre Salvaterra  
© Editorial Gustavo Gili, SL, 2015

Impresso na Espanha  
ISBN: 978-85-8452-035-0

**Editorial Gustavo Gili, SL**  
Via Laietana 47, 2º, 08003 Barcelona, Espanha. Tel. (+34) 93 322 81 61  
**Editora G. Gili, Ltda**  
Av. José Maria de Faria 470, Sala 103, Lapa de Baixo,  
CEP: 05038-190, São Paulo-SP-Brasil. Tel. (+55) (11) 36112443

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

---

Heywood, Huw  
101 regras básicas para uma arquitetura de  
baixo consumo energético / Huw Heywood ;  
[tradução, revisão técnica e preparação de  
texto Alexandre Salvaterra]. -- São Paulo :  
Gustavo Gili, 2015.

Titulo original: 101 rules of thumb for low  
energy architecture.  
ISBN 978-85-8452-035-0

1. Arquitetura e consumo energético  
2. Arquitetura sustentável 3. Edifícios -  
Conservação de energia I. Título.

15-07939

CDD-720.47

---

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Arquitetura sustentável 720.47

# SUMÁRIO

<b>PREFÁCIO</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>6</b>

<b>CAPÍTULO 1: TRABALHAR A SITUAÇÃO E A LOCALIZAÇÃO</b>	<b>9</b>
---	----------

<b>CAPÍTULO 2: MANIPULAR A ORIENTAÇÃO SOLAR E A FORMA ARQUITETÔNICA</b>	<b>49</b>
---	-----------

<b>CAPÍTULO 3: AS VEDAÇÕES EXTERNAS DE UMA EDIFICAÇÃO DE BAIXO CONSUMO ENERGÉTICO</b>	<b>81</b>
---	-----------

<b>CAPÍTULO 4: A ENERGIA E O AMBIENTE INTERNO</b>	<b>119</b>
---	------------

<b>CAPÍTULO 5: REGRAS E ESTRATÉGIAS PARA DIFERENTES REGIÕES CLIMÁTICAS</b>	<b>177</b>
--	------------

<b>BIBLIOGRAFIA NARRATIVA</b>	<b>190</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>230</b>
<b>ÍNDICE</b>	<b>235</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b>	<b>240</b>

# PREFÁCIO

Ao longo da história, os povos vêm construindo edificações com uma sensibilidade intuitiva em relação ao meio ambiente e ao clima dos locais em que vivem, garantindo seu próprio conforto e, ao mesmo tempo, respeitando seus recursos limitados e trabalhando de acordo com as forças da natureza – e não contra elas. Podemos reduzir de modo significativo nossa necessidade de energia se resgatarmos a compreensão dos princípios básicos envolvidos nas maneiras pelas quais as edificações respondem a seus entornos. O foco principal deste livro é oferecer orientações sobre o design de edificações que precisam de pouca energia para sua calefação, refrigeração e iluminação (ou chegam a dispensá-la completamente).

Consumimos energia para aquecer, resfriar e iluminar nossos prédios. Grande parte da energia que usamos deriva de combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral, gás), que são recursos globais mas finitos. Ou seja: um dia, eles acabarão. Antes de buscar a substituição dessas fontes energéticas derivadas de combustíveis fósseis por fontes de energia alternativas ou renováveis (energia solar, eólica, hidráulica ou biomassa), deveríamos garantir que nossas edificações usem o mínimo de energia possível – qualquer que seja sua origem. Toda fonte de energia resultará, em virtude de sua conversão, distribuição e consumo, em impactos negativos no planeta.

Além do fato de os combustíveis fósseis serem um recurso finito, há uma segunda razão para reduzirmos a quantidade de energia consumida por nossas edificações. A maneira como convertemos os combustíveis fósseis na energia que usamos para calefação, refrigeração, iluminação e outros sistemas elétricos resulta na liberação de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), um dos gases de efeito estufa. Assim, já está estabelecida a relação entre as edificações, o aquecimento global e a mudança climática. Na verdade, as edificações são responsáveis por quase a metade de todas as emissões antropogênicas de  $\text{CO}_2$ .

É inegável que se consome energia na construção de edificações – por exemplo, na escavação mecânica da argila, no seu cozimento e no transporte dos tijolos resultantes ao canteiro de obras – e isso é um problema sério que deve ser enfrentado pelos designers. Contudo, a maior parte da energia consumida pelas edificações é durante sua vida útil. Assim, todos nós que contratamos, projetamos, administramos e ocupamos edificações temos um papel e uma responsabilidade importantes na redução da energia consumida durante a operação desses artefatos.

# INTRODUÇÃO – E PARA QUE SERVEM AS REGRAS BÁSICAS

Nossos ancestrais sabiam como criar condições internas confortáveis com o uso modesto dos recursos disponíveis às suas arquiteturas autóctones, e precisamos reaprender essa capacidade e aplicá-la para o mundo de amanhã. Esta obra busca rerepresentar ao leitor tal conhecimento intuitivo, explicando aquilo que funciona nas edificações que consomem pouca ou nenhuma energia para sua operação, seja em que parte do planeta elas estiverem. Seu objetivo é proporcionar duas coisas ao leitor:

- O entendimento das regras universais da natureza que determinam o modo como os prédios respondem a seu meio ambiente; e
- Uma lista de soluções práticas para o baixo consumo de energia em novas edificações ou para a reforma de edificações já construídas.

Essas regras básicas se relacionam com os fundamentos da eficiência no consumo de energia. Para aqueles que desejarem fazer medições, cálculos, modelagens e pesquisas posteriores, foi incluída no final desta obra uma bibliografia narrativa com notas, observações e referências que oferece orientações sobre os textos-chave e algumas das fórmulas básicas que estão por trás das regras.

As edificações que construímos existem para modificar o clima – não importa quais são as condições externas – e criar um ambiente interno confortável. No caso das novas edificações, isso se consegue mediante um processo integrado que começa com a análise da situação e localização do prédio, passa às decisões sobre orientação solar e forma arquitetônica e, então, volta ao design da “pele” da edificação (isto é, suas paredes externas, cobertura e piso – também chamada de vedações externas nesta obra) e aos espaços internos. A etapa final é aquela em que os usuários, após a ocupação do espaço, decidem se a edificação conseguiu criar um ambiente confortável e – caso isso não seja verdadeiro – eles próprios a tornam confortável, em geral consumindo energia para aquecê-la ou resfriá-la. O que as regras básicas visam a limitar é a necessidade de consumo de energia.

O processo de design descrito anteriormente se reflete na organização deste livro. Vale observar que as primeiras decisões de projeto são mais permanentes que as posteriores. Por exemplo,

a menos que o resultado seja uma forma de arquitetura “transportável”, a implantação e orientação de um prédio é imutável uma vez que ele foi construído, ao passo que suas vedações podem ser aprimoradas com o acréscimo de isolamento ou como resposta à disponibilização de novas tecnologias. As decisões de arquitetura tomadas no lançamento do partido têm enorme impacto no consumo de energia de uma edificação. Tais escolhas são cruciais e, portanto, é melhor que sejam corretas: as regras básicas estão aqui para lhe orientar a respeito desses movimentos iniciais e permanentes que conectam nossos ambientes construídos ao mundo natural e que são os ingredientes essenciais de uma arquitetura poética.

O livro busca ser relevante ao mundo inteiro, o que impõe diversos desafios ao autor e ao leitor. Uma dificuldade que todos os professores da disciplina de Projeto de Arquitetura enfrentam é se referir a onde o sol está, um fator fundamental e que influencia muitas das regras básicas. Quando nos referimos à fachada de uma edificação que está orientada para o sol do meio-dia, o termo “elevação sul” (ou “fachada sul”) está correto para o Hemisfério Norte, mas, no Hemisfério Sul, o Sol cruza o céu ao norte, então a fachada voltada para o sol é a “elevação norte” (ou “fachada norte”). Optei por usar principalmente as denominações bastante peculiares (mas efetivas) “fachada orientada para o sol” ou “fachada sul” (fachada norte, no Hemisfério Sul) e, ocasionalmente, “fachada orientada para o equador”. Já a elevação oposta é chamada – algo novamente um pouco estranho – de “fachada sem orientação solar”. Os termos relativos aos Hemisférios Norte ou Sul são empregados apenas quando as máximas são bem conhecidas.

Por fim, um vislumbre do futuro, no qual as edificações deverão ser mais resilientes e adaptáveis a um clima imprevisível. As regras básicas se aplicam tanto às regiões climáticas atuais quanto às incertezas do futuro. Por exemplo, algumas regiões temperadas poderão experimentar climas mais similares àqueles com verões quentes e invernos frios discutidos no livro, o que significa que, para elas, deveremos levar em consideração as regras que hoje se aplicam ao inverno de regiões frias e ao verão de regiões quentes. Por meio de sua singeleza, as regras básicas que apresentaremos promoverão a criatividade na criação de edificações e cidades de baixo consumo energético que são, ao mesmo tempo, muito agradáveis e sensíveis às necessidades humanas em um mundo em constante mudança.





# **CAPÍTULO 1**

## **TRABALHAR A SITUAÇÃO E A LOCALIZAÇÃO**

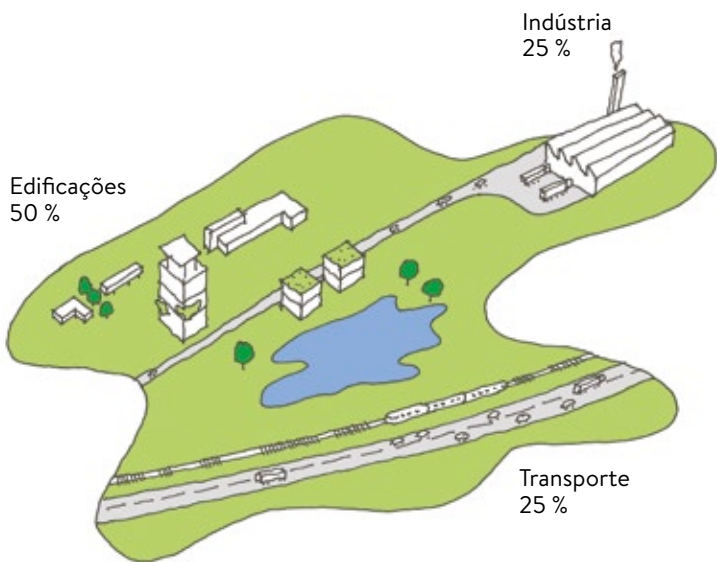
Sol e sombra

Clima e microclima

Proteção contra o vento e a chuva

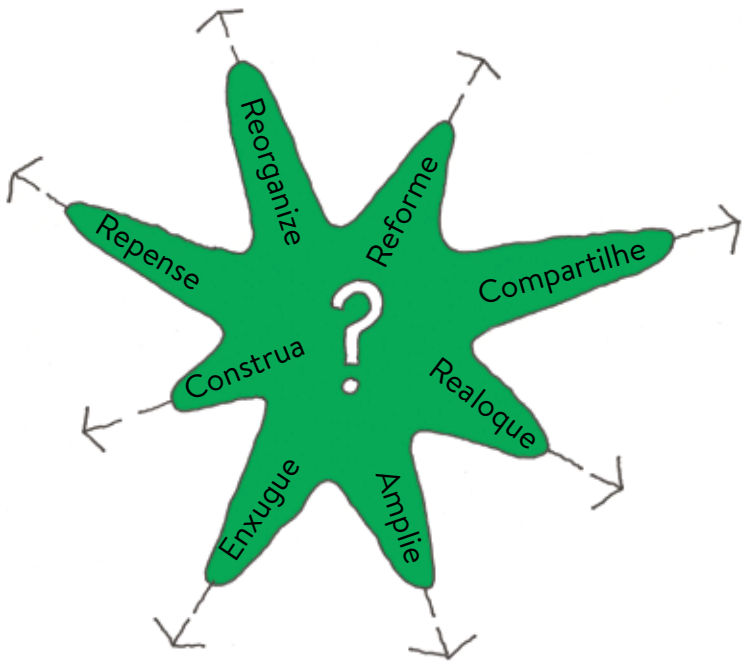
# 1 AS EDIFICAÇÕES CONSOMEM A METADE DA ENERGIA GERADA NO MUNDO

Para que nossos prédios funcionem, usamos a metade de toda a energia que geramos no mundo, sendo que grande parte dela é produzida por meio da queima de combustíveis fósseis. Se somarmos o consumo dos meios de transporte entre essas edificações, nós, os designers dos ambientes construídos, controlaremos cerca de 75% do consumo global de energia e seremos responsáveis por ele.



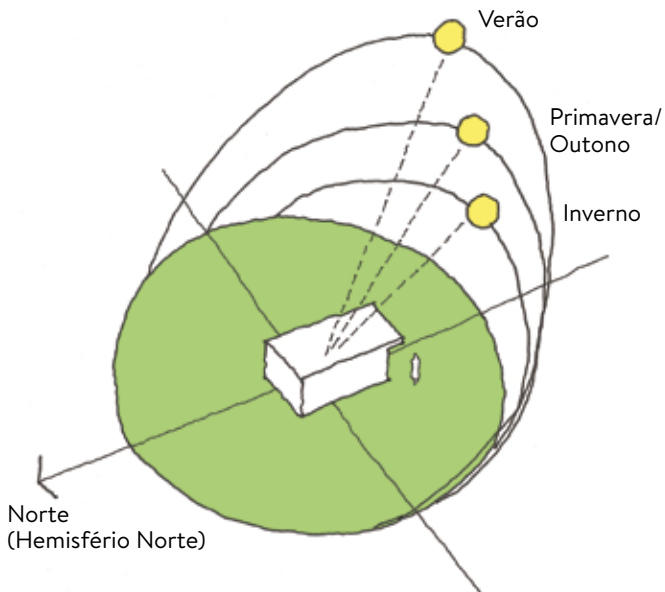
## 2 PENSE ANTES DE CONSTRUIR

As edificações duram muito tempo e consomem energia ao longo de toda sua vida útil, então construí-las ou não é uma questão relevante. A resposta pode ser reformar, reorganizar, adotar uma nova estratégia de negócio ou mesmo mudar sua própria vida em vez de construir algo novo, e essa talvez seja a solução de menor consumo de energia no longo prazo. Considere todas as opções.



# 3 O SOL NASCE NO LESTE E SE PÕE NO OESTE

Vale a pena recordar essa regra tão básica. Todavia, também é importante se lembrar de que, mesmo fora das regiões equatoriais, no inverno das latitudes do Hemisfério Norte, o Sol nasce a sudeste e, no verão, a nordeste. Isso significa que em tais regiões, no verão, a face norte de uma edificação pode ter uma exposição solar muito breve, enquanto, no inverno, o sol jamais aquecerá a fachada norte daquele prédio. No Hemisfério Norte, após nascer, observaremos que o Sol cruzará o céu pelo sul. O inverso é verdadeiro ao sul da Linha do Equador.

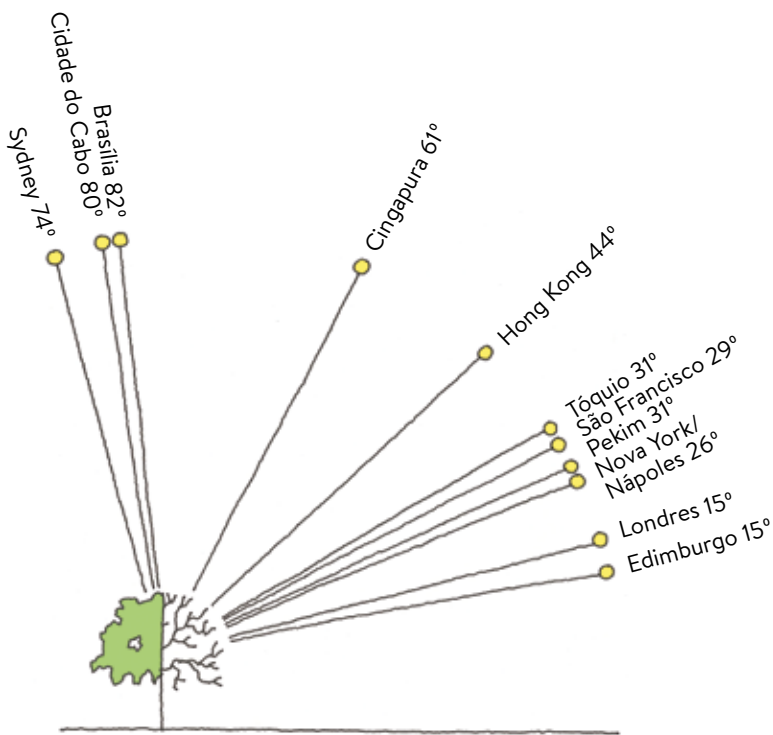


# 4

## A ALTURA DO SOL EM RELAÇÃO AO HORIZONTE DETERMINA MUITOS DOS ASPECTOS DE UMA ARQUITETURA RESPONSIVA AO CLIMA

Em dezembro, ao meio-dia, a altura solar máxima (em relação ao horizonte) em Londres é de cerca de 15°. Esse ângulo varia de acordo com a latitude e é isso que, em parte, torna cada localização individual única na Terra. O diagrama à direita mostra os ângulos solares de várias cidades ao redor do mundo em dezembro. Com o uso de cartas solares (também chamadas de diagramas solares) ou das calculadoras que temos na internet – muito simples –, podemos descobrir a posição do Sol a qualquer horário do dia e em qualquer período do ano. Saber a posição relativa da Terra e do Sol, ou seja, a geometria solar, é um importante aspecto de uma arquitetura que pretende ser responsiva ao clima.



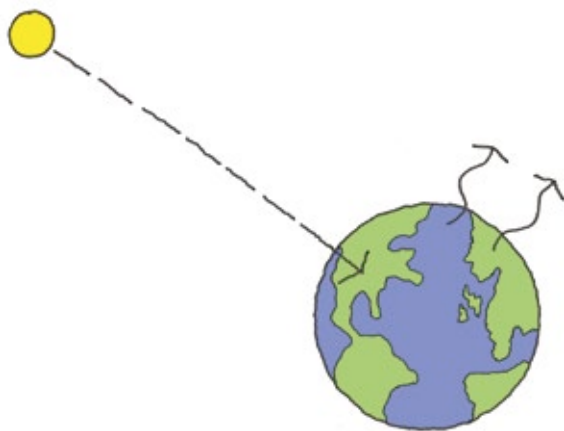


21 de dezembro: o ângulo solar ao meio-dia em diferentes locais do planeta.

# 5

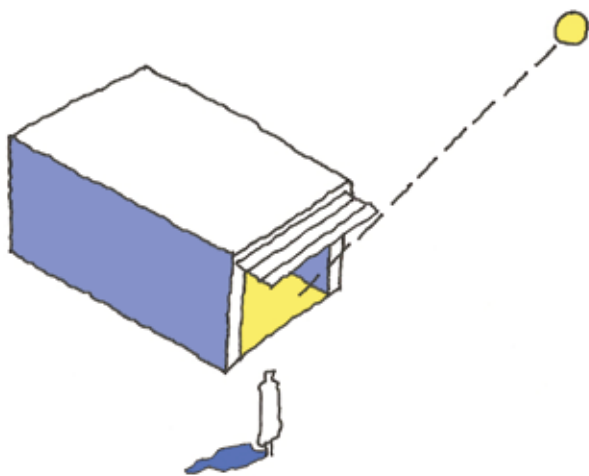
## OS RAIOS SOLARES SE TRANSFORMAM EM CALOR QUANDO ENTRAM EM CONTATO COM QUALQUER SUPERFÍCIE

O modo como isso ocorre tem base na mecânica quântica, mas o resultado simples é que a Terra e tudo que está sobre ela é aquecido pelo Sol, tornando possível todas as formas de vida. O aquecimento da Terra também resulta no clima e no tempo, que variam enormemente conforme o local onde estamos no planeta.



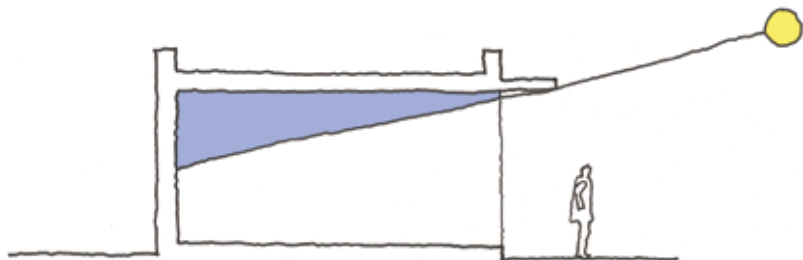
# 6 SE VOCÊ NÃO QUER QUE O INTERIOR AQUEÇA, PROTEJA-O DO SOL

Assim como a Terra é aquecida pelo Sol, o mesmo acontece com qualquer superfície sobre a qual os raios solares incidem. Esta regra é importante porque, se você estiver evitando o superaquecimento do interior de um prédio, deverá evitar que os raios solares entrem diretamente: uma vez que a luz solar entrou, é tarde demais para impedir que eles se transformem em calor.



# 7 CAPTE A ENERGIA DO SOL BAIXO DO INVERNO – ESSA É UMA FONTE DE CALOR GRATUITA

No inverno, o Sol está baixo no céu, então seus raios conseguem penetrar fundo nos espaços se não forem barrados, trazendo consigo calor de graça.



## 8 EVITE O SUPERAQUECIMENTO NO VERÃO

No verão, o Sol está alto no céu, alcançando, em junho, um ângulo máximo de cerca de  $62^\circ$  em relação ao horizonte em Londres, de  $73^\circ$  tanto em Pequim quanto em Nova York e de  $83^\circ$  no Cairo. Em Sydney, em dezembro, o Sol chega a ficar  $80^\circ$  acima do horizonte. Nas janelas orientadas para o sol, um simples elemento de proteção solar pode evitar que esse sol muito alto entre na edificação. Uma regra rápida para estimar a profundidade de uma projeção instalada perto da verga da janela é: use 60–90 cm em latitudes intermediárias e, pelo menos, 120 cm nas latitudes perto da linha do equador, nas quais deveria ser empregada uma combinação entre projeções verticais e horizontais.



