



UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



# CB3E

centro brasileiro de eficiência  
energética em edificações

[cb3e.ufsc.br](http://cb3e.ufsc.br)

## Métodos de avaliação de eficiência energética por consumo global e energia primária

**Mateus Vinícius Bavaresco**  
**Enedir Ghisi**

Florianópolis, março de 2016



## RESUMO

Os atuais Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) são as diretrizes para certificação de desempenho energético das edificações brasileiras. A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) avalia os edifícios em três aspectos: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. Cada um dos sistemas é classificado isoladamente e, quando compilados, os resultados geram a etiqueta total que classifica a eficiência energética da edificação. A atual versão da ENCE não apresenta o consumo energético da edificação, mas sim um indicador adimensional que está relacionado ao consumo. Este indicador varia de 1 a 5 e, conforme a pontuação obtida pelo edifício, o mesmo é inserido em uma das classes de eficiência, que variam de A a E. Além dos pontos obtidos pelas características básicas exigidas pelos regulamentos, o indicador da edificação pode receber até 1 ponto adicional, acrescido na pontuação total, proveniente de possíveis bonificações, desde que comprovada sua eficiência. Em países onde as normas são mais antigas, as etiquetas de certificação mostram o consumo energético anual de energia por unidade de área. Em alguns casos, considera-se a energia final (Austrália, Argentina, Canadá, Cazaquistão, China, Egito, Emirados Árabes Unidos, Grécia, Índia, Letônia, Lituânia, Malásia, México, Noruega, Nova Zelândia, República Tcheca, Romênia, Rússia e Suécia); em outros, energia primária (Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Chile, Chipre, Croácia, Dinamarca, Escócia, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, EUA, Estônia, Finlândia, França, Holanda, Hungria, Inglaterra, Irlanda, Irlanda do Norte, Itália, Japão, Luxemburgo, Malta, País de Gales, Polônia, Portugal, Singapura e Turquia). Considerar a energia primária facilita a estimativa do impacto ambiental gerado pelo consumo e a tendência é que as normas sejam aperfeiçoadas a fim de considerarem o uso de energia primária na certificação. O principal objetivo desta pesquisa foi determinar os métodos de certificação de alguns países e realizar comparações com o método brasileiro sob dois aspectos: o tipo de energia considerada na certificação (primária ou final) e a escala de eficiência adotada nas normas internacionais. Ao todo, foram analisadas



53 nações, sendo 32 delas pertencentes à Europa, oito à Ásia, três à América do Sul, duas à América do Norte, duas à Oceania, uma à América Central, uma ao Oriente Médio, e três nações transcontinentais, sendo uma delas situada na Ásia-África e duas na Ásia-Europa, e a Cidade-Estado de Hong Kong. Para isso, na maioria dos casos, foram consultados documentos governamentais. Os países Europeus lançam relatórios mostrando o status da certificação. Estes documentos serviram como base para conhecer as exigências locais. Na maioria dos países, a etiqueta apresenta o consumo anual de energia por unidade de área da edificação, ao invés de um indicador numérico como é o caso brasileiro. Em alguns casos, são apresentados o consumo energético e um indicador adimensional, que insere a edificação em escalas de eficiência. Há países que certificam as edificações relacionando os níveis de eficiência a estrelas. Deste modo, é necessário que cada nação aprimore sua experiência em etiquetagem de eficiência energética, visando criar normas que se adequem à realidade local. Quanto à consideração da energia primária no cálculo da eficiência, concluiu-se que, em países cujas normas são mais antigas, a tendência é que se considere a energia primária, enquanto as nações com normas mais recentes tendem a considerar energia final. Este fato evidencia que, com o passar do tempo, a certificação de eficiência energética vai ganhando solidez. Portanto, é necessário que as investigações na área sejam constantes. A consideração da energia primária nas normas de etiquetagem é viável, tendo em vista que facilita mensurar o real consumo da edificação e estimar, de maneira mais concreta, suas consequências para o meio ambiente. Além disso, foi avaliada a evolução das normas de etiquetagem de eficiência energética em edificações em catorze países: Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, Dinamarca, Estônia, Finlândia, França, Itália, Polônia, Portugal, República Tcheca e Suécia, com o intuito de conhecer as exigências que foram modificadas de acordo com as revisões dos regulamentos.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Limites da variação de temperatura interna de elementos da envoltória em relação à temperatura estabelecida por norma (20°C).....	23
Tabela 2 – Intervalos limites de consumo de energia primária para todos os níveis de eficiência energética em kWh/m <sup>2</sup> .ano. ....	24
Tabela 3 – Limites de desempenho energético para cada classe da edificação na Bulgária. ....	27
Tabela 4 – Limites de consumo estabelecidos pela norma chilena.....	30
Tabela 5 – Relação entre a quantidade de estrelas alcançadas por um edifício e seu consumo, quando comparado ao consumo ( $\eta$ ) de uma edificação similar.....	31
Tabela 6 – Limites de consumo para edificações certificadas de acordo com os consumos dos modelos empregados na avaliação.....	33
Tabela 7 – Limites de consumo energético (kWh/m <sup>2</sup> .ano) das edificações coreanas. ....	34
Tabela 8 – Limite de consumo energético por classe no sistema croata de etiquetagem.....	36
Tabela 9 – Requisitos referentes à eficiência energética avaliados no sistema de certificação egípcio.....	38
Tabela 10 – Pontuações obtidas de acordo com a redução do consumo energético em reação a um modelo virtual de referência. ....	38
Tabela 11 – Relação entre o potencial de redução na demanda energética da edificação e o número de estrelas obtidas no sistema de certificação.....	41
Tabela 12 – Limites dos índices de consumo das edificações estabelecidos para os níveis A0, A1, B e C de eficiência energética.....	42
Tabela 13 - Limites dos índices de consumo das edificações estabelecidos para os níveis D, E, F e G de eficiência energética. ....	43
Tabela 14 – Limites de consumo de energia primária exigidos para edificações novas e existentes na Estônia.....	47
Tabela 15 – Limites de consumo energético já ponderados para cada tipologia de edificação. ....	49



Tabela 16 – Limites de consumo energético já ponderados para edificações não residenciais. ....	49
Tabela 17 – Limites de consumo energético para classes definidas pela proposta de etiquetagem de edificações residenciais em Hong Kong. ....	53
Tabela 18 – Limites de consumo de energia primária apresentados pela norma húngara. ....	55
Tabela 19 – Limites de consumo para edificações de escritório com mais de 50% da área condicionada. ....	56
Tabela 20 – Limites de consumo por classe para edificações residenciais. ....	59
Tabela 21 – Limites dos níveis de eficiência energética das edificações japonesas. ....	61
Tabela 22 – Limites de consumo energético por classes de eficiência para edificações residenciais. ....	64
Tabela 23 – Limites estabelecidos em porcentagem de consumo de energia primária dos edifícios não residenciais em relação a modelos virtuais com características semelhantes. ....	65
Tabela 24 – Relação entre a pontuação e a classificação obtida. ....	67
Tabela 25 – Pontuação máxima obtida em cada tópico avaliado nas diferentes categorias de edificação. ....	67
Tabela 26 – Progresso das exigências de desempenho energético para edificações residenciais unifamiliares, apartamentos e edifícios comerciais na Noruega. ....	71
Tabela 27 – Limites de energia total entregue por tipologia de edificação na República Tcheca. ....	78
Tabela 28 – Limites de energia total entregue por tipologia de edificação na República Tcheca para os níveis D, E, F e G. ....	79
Tabela 29 – Relação entre as classes de eficiência energética e seu impacto no consumo energético de edificações quando comparados a modelos de referência. ....	81
Tabela 30 – Pontuação necessária para cada classe na certificação de Singapura e período de payback estimado pela norma. ....	83
Tabela 31 – Exigências de consumo energético para os diferentes níveis propostos. ....	84
Tabela 32 – Sistema de avaliação de desempenho ambiental das edificações no Taiwan. ....	85



---

Tabela 33 - Fatores de conversão de energia primária empregados na certificação espanhola.....	89
Tabela 34 – Fatores de ponderação empregados na Estônia.....	89
Tabela 35 – Fatores de conversão empregados na norma dinamarquesa (energia primária/energia final).....	90
Tabela 36 – Fatores de ponderação para o cálculo do consumo energético total de edificações finlandesas. ....	91
Tabela 37 – Fatores de conversão de energia final para energia primária estabelecidos na Irlanda. ....	92
Tabela 38 – Fatores de conversão utilizados nos cálculos poloneses. ....	92
Tabela 39 – Evolução das estratégias térmicas e de eficiência energética em edificações. ....	94
Tabela 40 – Evolução das normas e das exigências quanto à eficiência energética de edificações alemãs.....	99
Tabela 41 - Limites de consumo energético para aquecimento de edificações residenciais novas e existentes.....	101
Tabela 42 – Evolução dos níveis de transmitância térmica exigidos pela norma belga. ....	101
Tabela 43 – Evolução das exigências quanto ao consumo energético de edificações belgas.....	102
Tabela 44 – Evolução dos limites de transmitância térmica dos elementos da envoltória de edificações.....	103
Tabela 45 – Evolução dos requisitos quanto à transmitância térmica dos elementos da envoltória de edificações no Chipre. ....	103
Tabela 46 – Evolução dos limites de consumo de energia primária por unidade de área aquecida nas edificações dinamarquesas.....	104
Tabela 47 – Revisão dos limites de consumo de energia primária nas edificações da Estônia. ....	105
Tabela 48 – Evolução das exigências de transmitância térmica dos elementos da envoltória de edificações finlandesas.....	106
Tabela 49 – Evolução dos limites de transmitância térmica dos elementos opacos de edificações polonesas.....	109



---

Tabela 50 – Evolução dos limites de transmitância térmica das portas e janelas de edificações polonesas. ....	110
Tabela 51 – Evolução dos limites de consumo energético das edificações polonesas. ....	111
Tabela 52 – Evolução dos requisitos de transmitância térmica e consumo energético nas edificações portuguesas. ....	112
Tabela 53 – Evolução de itens relacionados à eficiência energética em edificações de Portugal. ....	113
Tabela 54 – Evolução dos limites de transmitância térmica dos elementos da envoltória de edificações na República Tcheca. ....	114
Tabela 55 – Limites de consumo energético [kWh/m <sup>2</sup> .ano] para edificações residenciais. ....	115
Tabela 56 – Limites de consumo energético [kWh/m <sup>2</sup> .ano] para edificações não residenciais. ....	115
Tabela 57 – Resumo sobre os regulamentos de países que avaliam a eficiência energética das edificações considerando o consumo de energia primária. ....	118
Tabela 58 – Resumo sobre os regulamentos de países que avaliam a eficiência energética das edificações considerando o consumo de energia final. ....	121



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa-múndi indicando os países cujas normas de etiquetagem de eficiência energética em edificações foram analisadas.....	15
Figura 2 – Exemplo de etiqueta obtida pelo método da ISO. ....	17
Figura 3 – Escala de eficiência adotada na etiquetagem canadense.....	28
Figura 4 – Variáveis relacionadas ao consumo energético das edificações residenciais na proposta de etiquetagem de eficiência energética de edificações em Hong Kong. ....	54
Figura 5 – Classificação do desempenho energético e ambiental das edificações japonesas.....	60
Figura 6 – Escala empregada para classificar a eficiência energética das edificações. ....	69
Figura 7 – Escala utilizada para classificar a economia obtida por menores ganhos térmicos.....	70
Figura 8 – Modelo de classificação da eficiência energética de edificações polonesas.....	74
Figura 9 – Classes de eficiência energética e seus respectivos indicadores numéricos de consumo para edificações residenciais. ....	76
Figura 10 - Classes de eficiência energética e seus respectivos indicadores numéricos de consumo para edificações não residenciais. ....	76
Figura 11 – Classificação das emissões de CO <sub>2</sub> pelas edificações do Reino Unido. ....	77
Figura 12 – Esquema de considerações para etiquetagem de eficiência energética em edificações turcas.....	87
Figura 13 – Evolução dos limites de consumo de energia primária para aquecimento [kWh/m <sup>2</sup> .ano] de acordo com o ano de revisão da norma alemã. ....	98
Figura 14 - Evolução dos limites de consumo energético nas edificações residenciais francesas.....	107
Figura 15 – Estimativa de redução no consumo de energia primária permitido a uma edificação italiana com fator de forma 0,50 inserida na zona climática E. ....	108
Figura 16 – Divisão dos países que consideram energia primária e energia final nas normas de etiquetagem.....	116





Figura 17 – Etiqueta real de uma unidade habitacional construída em Florianópolis. .....	125
Figura 18 – Etiqueta real de um hotel em Salvador. ....	125
Figura 19 – Etiqueta real de um edifício comercial em Belo Horizonte. ....	125



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
1.1	Objetivo geral .....	13
1.2	Objetivos específicos .....	13
<b>3</b>	<b>MÉTODO</b> .....	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>REVISÃO DOS REGULAMENTOS DE CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA</b> .....	<b>15</b>
4.1	Organização internacional de normatização - ISO.....	16
4.2	Alemanha .....	18
4.3	Austrália .....	19
4.4	Áustria.....	20
4.5	Argentina.....	21
4.6	Bélgica .....	23
4.6.1	Região de Bruxelas-Capital .....	23
4.6.2	Região de Flandres .....	25
4.6.3	Região da Valônia .....	25
4.7	Bulgária .....	26
4.8	Canadá.....	28
4.9	Cazaquistão .....	29
4.10	Chile.....	29
4.11	China.....	31
4.12	Chipre .....	32
4.13	Coreia .....	33
4.14	Croácia.....	35
4.15	Dinamarca.....	36
4.16	Egito.....	37
4.17	Emirados Árabes Unidos .....	39
4.18	Equador .....	41
4.19	Eslováquia .....	42
4.20	Eslovênia .....	44
4.21	Espanha.....	45



---

4.22	Estados Unidos .....	46
4.23	Estônia .....	47
4.24	Finlândia .....	48
4.25	França .....	50
4.26	Grécia .....	51
4.27	Holanda.....	52
4.28	Hong Kong .....	53
4.29	Hungria .....	54
4.30	Índia .....	56
4.31	Irlanda .....	56
4.32	Itália .....	58
4.33	Japão .....	59
4.34	Letônia .....	61
4.35	Lituânia .....	63
4.36	Luxemburgo .....	63
4.37	Malásia.....	66
4.38	Malta .....	68
4.39	México.....	69
4.40	Noruega .....	70
4.41	Nova Zelândia.....	72
4.42	Polônia.....	73
4.43	Portugal.....	74
4.44	Reino Unido .....	75
4.44.1	Inglaterra e País de Gales .....	75
4.44.2	Irlanda do Norte e Escócia .....	77
4.45	República Tcheca .....	78
4.46	Romênia.....	80
4.47	Rússia .....	81
4.48	Singapura.....	82
4.49	Suécia .....	83
4.50	Taiwan .....	85
4.51	Turquia.....	86



<b>5</b>	<b>FATORES DE CONVERSÃO PARA ENERGIA PRIMÁRIA .....</b>	<b>88</b>
5.1	Alemanha .....	88
5.2	Espanha .....	88
5.3	Estônia .....	89
5.4	Dinamarca .....	90
5.5	Finlândia.....	90
5.6	Grécia.....	91
5.7	Irlanda .....	91
5.8	Polônia .....	92
5.9	Portugal.....	93
<b>6</b>	<b>EVOLUÇÃO DOS REGULAMENTOS INTERNACIONAIS .....</b>	<b>94</b>
6.1	Alemanha .....	98
6.2	Áustria .....	100
6.3	Bélgica – Região de Flandres .....	101
6.4	Bulgária .....	102
6.5	Chipre.....	103
6.6	Dinamarca.....	104
6.7	Estônia .....	105
6.8	Finlândia.....	105
6.9	França.....	106
6.10	Itália .....	108
6.11	Polônia .....	109
6.12	Portugal.....	112
6.13	República Tcheca .....	114
6.14	Suécia.....	114
<b>7</b>	<b>RESUMO DAS CERTIFICAÇÕES INTERNACIONAIS .....</b>	<b>116</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>124</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>128</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Após o Protocolo de Kyoto (1997), garantir um futuro mais sustentável é a meta de diversas nações. Uma das medidas adotadas nesse âmbito foi a criação de regulamentos que classificam o desempenho energético de edificações de acordo com sua eficiência. A obrigatoriedade em atingir níveis de eficiência elevada implica redução significativa do consumo energético nas edificações. Deste modo, a importância da aplicação de normas que tornem o consumo de energia mais eficiente é nítida (EUROPEAN COMMISSION, 2001). Em relação a países em desenvolvimento, os desenvolvidos investem em pesquisa sobre eficiência energética há mais tempo, e, com isso, apresentam resultados mais consolidados nesta área.

No Brasil, as pesquisas a respeito de eficiência energética foram intensificadas a partir de 2001, devido à crise energética enfrentada pelo país. No mesmo ano, foi promulgada a Lei nº 10.295, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia (BRASIL, 2001). Esta lei impulsionou o desenvolvimento de pesquisas a respeito de eficiência energética e, em 2003, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) lançou o “Procel Edifica”, que promove o uso racional de energia elétrica em edificações.

Por intermédio de pesquisas relacionadas ao Procel Edifica, atualmente existem regulamentos para edificações residenciais (RTQ-R) e edificações públicas, comerciais e de serviço (RTQ-C). Ambos classificam as edificações em cinco classes de eficiência, que variam de A a E, e são relacionadas a um indicador adimensional de consumo, isto é, ele não representa, de fato, o consumo energético do edifício. No cálculo do desempenho energético, os regulamentos consideram três sistemas: envoltória, iluminação e condicionamento de ar (BRASIL, 2010).

Para Iwaro e Mwashu (2010), a demanda energética de países em desenvolvimento tem crescido rapidamente, bem como o número de edificações, em decorrência do crescimento econômico. Tendo em vista que, segundo o Balanço Energético Nacional, apresentado por Brasil (2012), as edificações nacionais consomem 47% da energia elétrica, torna-se gradativamente necessário incorporar



alternativas que visem a eficiência energética no mercado da construção civil. Deste modo, a popularização da etiquetagem nas edificações brasileiras é fundamental.

Esta pesquisa tem como objetivo principal comparar a regulamentação brasileira às normas internacionais sob dois aspectos: o tipo de energia considerada no método de certificação e a escala adotada para representar o nível de eficiência obtido. Deste modo, as normas internacionais foram investigadas a fim de determinar como são tratadas as questões referentes ao consumo de energia primária e quais são as escalas empregadas na classificação do consumo.

A maioria das normas analisadas são europeias, a julgar pela experiência que aqueles países já possuem em etiquetagem. Concluiu-se que, em diversos países, a eficiência energética das edificações é calculada de acordo com o consumo anual de energia primária por unidade de área, diferentemente do Brasil, onde as edificações são classificadas de acordo com seu consumo de energia final. Quanto às escalas adotadas na etiquetagem, a comparação gerou sugestões à regulamentação brasileira.



## 2 OBJETIVOS

### 1.1 Objetivo geral

Este relatório tem como objetivo apresentar o estado da arte da certificação do desempenho energético de edificações residenciais e não residenciais em diversos países, enfocando, especificamente, questões referentes à consideração da energia primária na avaliação e o indicador utilizado para expressar os níveis de eficiência energética das edificações.

### 1.2 Objetivos específicos

Com este relatório, espera-se atingir os seguintes objetivos específicos:

- Analisar os regulamentos internacionais de etiquetagem de edificações, especificamente os indicadores de eficiência utilizados;
- Avaliar a evolução dos métodos de etiquetagem de eficiência energética em edificações em alguns países;
- Identificar se as normas internacionais utilizam o consumo de energia primária para classificar a eficiência energética das edificações;
- Comparar os resultados obtidos com o atual regulamento nacional;
- Gerar sugestões à regulamentação brasileira com base na experiência internacional.



### 3 MÉTODO

De acordo com Gerhardt e Silveira (2009), o método aplicado tem objetivo exploratório e procedimento bibliográfico, pois consiste em revisão de normas, regulamentos, artigos e documentos de órgãos responsáveis pela certificação de eficiência energética em diversos países.

A revisão bibliográfica visa conhecer os procedimentos adotados em diversos países e agrupá-los conforme suas características em comum. Os dados obtidos serão comparados aos atuais procedimentos adotados na classificação da eficiência energética de edificações brasileiras.

Utilizou-se o CA EPBD (2013), que consiste em um compilado de relatórios da União Europeia a respeito das metodologias empregadas em cada país. Este documento foi elaborado por profissionais de seus respectivos países, e tem como objetivo apresentar o status da certificação na Europa. De maneira geral, os países europeus foram analisados por intermédio deste documento.

Para os demais regulamentos, utilizaram-se documentos, geralmente governamentais, lançados nos sites dos órgãos responsáveis pela certificação.

Analisaram-se os diversos métodos de certificação de eficiência energética no mundo, e, ao fim, gerou-se conclusões com a comparação entre esses métodos e o brasileiro.





## 4 REVISÃO DOS REGULAMENTOS DE CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA

Foram analisados 53 regulamentos, sendo 32 de países membros da União Europeia (Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, Croácia, Dinamarca, Escócia, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estônia, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Inglaterra, Irlanda, Irlanda do Norte, Itália, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Noruega, País de Gales, Polônia, Portugal, República Tcheca, Romênia e Suécia), oito da Ásia (Cazaquistão, China, Coreia, Japão, Malásia, Singapura, Taiwan e Índia – Ásia Meridional), dois da América do Norte (Canadá e Estados Unidos), três da América do Sul (Argentina, Chile e Equador), dois da Oceania (Austrália e Nova Zelândia), um da América Central (México), um do Oriente Médio (Emirados Árabes Unidos), três Estados transcontinentais, sendo um pertencente à África-Ásia (Egito) e dois à Ásia-Europa (Rússia e Turquia) e a Cidade-Estado de Hong Kong. Optou-se por analisar, em maior quantidade, as normas da Europa tendo em vista que as mesmas são mais consolidadas. Acredita-se que a experiência europeia em certificação pode contribuir para a melhoria das normas brasileiras, afinal é possível avaliar o que já foi realizado com sucesso. A Figura 1 apresenta, em azul, os países que tiveram suas regulamentações estudadas neste relatório.

Figura 1 – Mapa-múndi indicando os países cujas normas de etiquetagem de eficiência energética em edificações foram analisadas.





#### 4.1 Organização internacional de normatização - ISO

A Organização Internacional de Normatização (ISO) apresenta um método para classificar o desempenho energético de edificações. Seu objetivo é servir de base para padronizar a certificação de edifícios, deixando alguns tópicos abertos e passíveis de mudanças, conforme a realidade de cada nação. Nessa área, as principais normas são a *ISO 16343 – Energy performance of buildings – Methods for energy performance and for energy certification of buildings* e a *ISO 16346 – Energy performance of buildings – Assessment of overall energy performance*.

A *ISO 16346:2013* pode ser aplicada na avaliação de partes de um edifício, sua totalidade ou mais de uma edificação. Para isso, são apresentados dois métodos. O primeiro é baseado na energia calculada, que inclui aquecimento, resfriamento e desumidificação, ventilação e umidificação, aquecimento de água, iluminação (item opcional para edifícios residenciais), transporte de pessoas (opcional) e outros serviços (opcional). O segundo consiste em medições de consumo. Na classificação pela energia calculada, os organismos nacionais devem definir se os serviços de caráter opcional devem ser incluídos no cálculo ou não. Entretanto, no método de medição da energia consumida eles são obrigatórios. Os resultados obtidos não podem ser comparados diretamente, sem aplicar fatores de correção, tendo em vista que a energia calculada é dependente de normas nacionais (ISO, 2013).

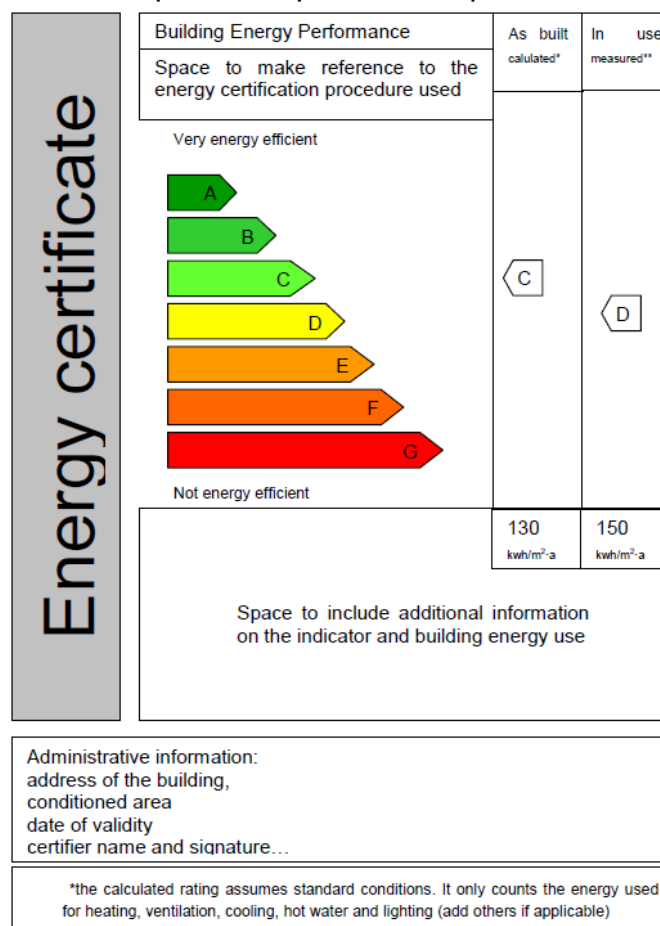
Comumente, as edificações empregam mais de uma forma de energia em sua operação. Deste modo, a *ISO 16346:2013* define expressões para agregar toda a energia utilizada. O resultado pode apresentar mais de uma unidade e vários impactos implícitos no consumo energético, tais como o uso de energia primária, a emissão de dióxido de carbono e os parâmetros definidos pela política energética nacional. A etiqueta avalia as edificações conforme a necessidade de energia primária, em kWh/m<sup>2</sup>.ano, para sua manutenção (ISO, 2013).

Para expressar a classificação obtida, a *ISO 16343* define intervalos de A (máxima eficiência energética) até G (mínima eficiência). Entretanto, diferente dos



regulamentos brasileiros, a norma internacional permite subdivisões dentro das classes, indicando melhor ou pior desempenho (A\*, A\*\*, por exemplo). O desempenho é representado por um indicador geral *EP*, que representa a energia primária, as emissões de CO<sub>2</sub> e energia final entregue (ISO, 2011). A Figura 2 mostra um exemplo de etiqueta de desempenho energético em edificações. Percebe-se que ela apresenta os níveis de eficiência combinados aos indicadores de consumo/área edificada.

Figura 2 – Exemplo de etiqueta obtida pelo método da ISO.



Fonte: ISO, 2011.



## 4.2 Alemanha

Em 1977 a Alemanha lançou a primeira portaria referente ao isolamento térmico de edificações (*Thermal Insulation Ordinance*). Desde então, a experiência no país vem sendo aprimorada. Percebe-se que, a partir de 2007, não se trata apenas de isolamento térmico nos regulamentos, mas do desempenho energético como um todo, fazendo o uso do termo *Energy Saving Ordinance (EnEV)* para as portarias. A última meta alemã é prevista para 2016 e visa reduzir 25% da demanda de energia primária necessária para aquecimento em edificações, quando comparada aos valores da *EnEV 2009 (CA EPBD, 2013)*.

Para uma edificação alemã ser certificada, a mesma é comparada a um modelo virtual de referência, que apresenta características compatíveis às suas. Desta forma, cada edificação apresenta exigências individuais de desempenho energético. Entretanto, mesmo que comparada ao modelo virtual, a edificação deve apresentar valores mínimos de eficiência energética, pré-estabelecidos pela *EnEV 2009*, além de alguns requisitos para a envoltória. A *EnEV 2009* também disponibiliza os fatores responsáveis por ponderar a demanda energética de acordo com sua fonte (CA EPBD, 2013).

De acordo com CA EPBD (2013), as novas edificações devem apresentar uma parcela de energias renováveis para alimentar os sistemas de aquecimento do envelope e aquecimento de água doméstica. O valor exato está ligado à fonte de escolhida. A norma define variações entre 15% (para energia solar) e 50% (para energia geotérmica).

Edificações residenciais devem ser projetadas de modo que a demanda de energia primária para aquecimento (de água e dos ambientes), ventilação e resfriamento não exceda o valor calculado para um modelo de referência com as mesmas características. O mesmo vale para as edificações não residenciais, com a inserção do sistema de iluminação na estimativa de consumo energético. As etiquetas de desempenho energético não apresentam níveis de eficiência para classificar as edificações, mas sim um índice que relaciona o consumo (kWh/m<sup>2</sup>.ano)



a uma cor. Este vai de verde a vermelho, sendo o verde o mais eficiente (0 kWh/m<sup>2</sup>.ano) e o vermelho o mais ineficiente ( $\geq 400$  kWh/m<sup>2</sup>.ano). A escala de consumo apresenta valores com intervalo de 50 kWh/m<sup>2</sup>.ano (AMECKE, 2012). Estas informações são referentes às etiquetas residenciais, para as comerciais, o índice de consumo varia de 0 a 1000 kWh/m<sup>2</sup>.ano, com intervalos a cada 100 kWh/m<sup>2</sup>.ano e também é relacionado às cores que variam de verde a vermelho. As etiquetas apresentam, pelo menos, três recomendações para a edificação avaliada, para as quais o auditor calcula a economia de energia primária, a redução na emissão de CO<sub>2</sub>, o custo do investimento e seu *payback* (CA EPBD, 2013).

De acordo com Leão *et al.* (2008), as normas alemãs utilizam fatores de ponderação para avaliar a emissão de CO<sub>2</sub> e a relação entre a energia entregue e a energia primária necessária. Os fatores “f<sub>p</sub>” permitem calcular a quantidade de energia primária em relação à energia entregue na edificação. Cada fonte apresenta valores relacionados ao seu rendimento, para a eletricidade (f<sub>p</sub> = 2,7); gás natural (f<sub>p</sub> = 1,1); carvão antracito, (f<sub>p</sub> = 1,2); e madeira (f<sub>p</sub> = 0,2) (DIN V 18599 *apud* LEÃO *et al.*, 2008). Desta forma, para o gás natural, por exemplo, 1,1 kWh de energia primária corresponde a 1 kWh de energia final.

A experiência alemã no desenvolvimento de tecnologias já é sentida. A obrigatoriedade de seus regulamentos de eficiência energética implica em ganhos para o mercado da construção civil e, conseqüentemente, aos proprietários e investidores. De acordo com Liu, Meyer e Hogan (2010), proprietários de novas habitações cujo consumo de energia primária seja igual ou inferior aos limites estabelecidos podem concorrer a empréstimos com juros baixos. Esta é uma importante medida do governo para incentivar a aplicação desses conceitos na prática.

### 4.3 Austrália

Na Austrália, os requisitos de eficiência energética em edificações são inseridos no *National Construction Code (NCC)*. Os edifícios são divididos em duas



categorias, os residenciais unifamiliares e os multifamiliares, comerciais e públicos. Para as edificações residenciais unifamiliares, o código avalia o isolamento e vedação dos dutos da tubulação de água quente, aquecimento e resfriamento interno, vedação do edifício e o aquecimento e bombeamento para piscinas. Nos edifícios multifamiliares, comerciais e públicos, além das avaliações feitas nos residenciais, também são consideradas características dos vidros e sombreamento (ABCD, 2014).

O território australiano é dividido em oito zonas bioclimáticas, que servem de base para alguns requerimentos do *NCC*. As principais diferenças são encontradas nas exigências para as zonas 1, 2 e 3 (regiões de clima mais quente) em relação às zonas 7 e 8 (climas mais frios).

De acordo com IEA (2010), a eficiência energética da edificação classificada é relacionada a uma quantidade de estrelas: quanto mais estrelas, mais eficiente é o edifício. As normas apresentam requisitos mínimos que, quando cumpridos, garantem um total de seis estrelas à edificação. Entretanto, este número aumenta conforme soluções mais eficientes sejam apresentadas.

No código australiano, o *NCC*, é considerado o consumo energético de energia final para aquecimento e resfriamento de ambientes. A unidade empregada é o MJ/m<sup>2</sup>.ano. Para avaliar o consumo energético, a edificação é comparada a um modelo virtual com as mesmas características de envoltória e padrões de uso (ABCD, 2014).

#### 4.4 Áustria

O regulamento de etiquetagem austríaco contempla todos os tipos de edificações, tanto as residenciais quanto as não residenciais. Na avaliação, são considerados os sistemas de aquecimento, resfriamento e aquecimento de água. Além da análise de consumo, são definidos valores máximos para a transmitância térmica dos elementos que constituem o envoltório. Grande destaque é dado para a



demanda energética de aquecimento, tanto que os valores máximos estipulados para o consumo são reduzidos a cada revisão da norma. A demanda energética para aquecimento é avaliada em kWh de energia primária por unidade de área por ano e está relacionada ao fator de forma do edifício (área/volume) (CA EPBD, 2013).

A partir de 2012, a avaliação do desempenho termoenergético das edificações ficou mais completa com a inserção de novos parâmetros no regulamento. Além da demanda energética de aquecimento, a demanda de energia primária total e a emissão de CO<sub>2</sub> também são avaliadas, bem como um fator de desempenho energético, que é obtido avaliando a edificação sob a ótica do regulamento de 2007. Para a avaliação da energia primária e da emissão de CO<sub>2</sub>, os fatores de conversão são definidos pelo *Austrian Institute of Construction Engineering (OIB)* (CA EPBD, 2013). A etiqueta apresenta classes de eficiência energética que variam de acordo com o consumo de energia primária por área útil do edifício. As classes vão de A a G, e o nível A apresenta duas subdivisões (A++ e A+), que são os indicadores de máxima eficiência alcançada por edificações locais.

#### 4.5 Argentina

De acordo com Bourges (2012), a etiqueta empregada na Argentina considera a eficiência energética dos sistemas de aquecimento das edificações. A avaliação está diretamente ligada à classificação da transmitância térmica dos elementos da envoltória. A norma define o clima do local, a volumetria do edifício, condições de conforto desejadas, quantidade de ocupantes e características da envoltória como os principais fatores relacionados ao consumo para aquecimento.

A etiqueta apresenta oito níveis de eficiência energética, que variam de A (mais eficiente) a H (menos eficiente), os quais estão relacionados a cores, que variam de verde a vermelho, respectivamente. O consumo de energia final é considerado. Entretanto, a etiqueta não apresenta um valor real para o mesmo, mas sim indicadores que estão relacionados às classes de eficiência. A determinação da classe é realizada mediante a variação da temperatura dos elementos no interior da





edificação (calculada por ponderação pela área de cada uma das superfícies) em relação a uma temperatura de projeto pré-estabelecida (20°C). As Equações 1 e 2 mostram como se calcula a temperatura interna média ponderada por área dos elementos da envoltória ( $\tau_m$ ) (BOURGES, 2012).

$$\tau_m = \frac{\sum(\tau_i \cdot S_i)}{\sum S_i} \quad (1)$$

Onde:

$\tau_m$  é a temperatura interior média dos elementos da envoltória (°C);

$\tau_i$  é a temperatura interior de cada elemento da envoltória (°C), calculada por meio da Equação 2;

$S_i$  é a área de cada elemento da envoltória (m<sup>2</sup>).

$$\tau_i = R_{si} \cdot K_t \cdot \Delta t \quad (2)$$

Onde:

$\tau_i$  é a temperatura interior de cada elemento da envoltória (°C);

$R_{si}$  é a resistência térmica superficial interior dos elementos (m<sup>2</sup>.K/W);

$U_t$  é a transmitância térmica dos elementos (W/m<sup>2</sup>.K);

$\Delta t$  é a variação de temperatura (temperatura interior – temperatura exterior).

A norma define as classes de eficiência de acordo com a variação entre a temperatura interna média dos elementos da envoltória ( $\tau_m$ ) e a temperatura de





projeto ( $T$ ), estabelecida em  $20^{\circ}\text{C}$ . Quanto maior for a variação entre  $\tau_m$  e  $T$ , menos eficiente será considerada a edificação, pois implicará em maior consumo energético para aquecimento. A Tabela 1 mostra os limites de variação entre as duas temperaturas ( $\Delta T$ ) para que as edificações sejam classificadas (BOURGES, 2012).

Tabela 1 – Limites da variação de temperatura interna de elementos da envoltória em relação à temperatura estabelecida por norma ( $20^{\circ}\text{C}$ ).

Classe	Condição imposta
A	$\tau_m \leq 1,0^{\circ}\text{C}$
B	$1,0^{\circ}\text{C} < \tau_m \leq 1,5^{\circ}\text{C}$
C	$1,5^{\circ}\text{C} < \tau_m \leq 2,0^{\circ}\text{C}$
D	$2,0^{\circ}\text{C} < \tau_m \leq 2,5^{\circ}\text{C}$
E	$2,5^{\circ}\text{C} < \tau_m \leq 3,0^{\circ}\text{C}$
F	$3,0^{\circ}\text{C} < \tau_m \leq 3,5^{\circ}\text{C}$
G	$3,5^{\circ}\text{C} < \tau_m \leq 4,0^{\circ}\text{C}$
H	$\tau_m > 4^{\circ}\text{C}$

Fonte: Adaptado de Bourges (2012).

## 4.6 Bélgica

A Bélgica é dividida em três regiões – Região de Bruxelas-Capital, Região de Flandres e Região da Valônia. Cada uma delas apresenta uma norma para a classificação da eficiência energética de edificações. As normas apresentam pequenas variações, tendo em vista que foram desenvolvidas em conjunto.

### 4.6.1 Região de Bruxelas-Capital

A metodologia de classificação é baseada em dois fatores, *K-level* e *E-level*. De acordo com Staepels *et al.* (2013), o primeiro está relacionado ao nível de isolamento dos componentes da envoltória, sendo que, quanto melhor isolada for a



edificação, menor será o *K-level* correspondente. O *E-level* é a fração de energia primária necessária para aquecimento, aquecimento de água, equipamentos auxiliares e resfriamento, além da iluminação em edifícios comerciais.

Novas edificações precisam respeitar os limites de consumo de energia primária. São permitidos até 70 kWh/m<sup>2</sup>.ano para edificações residenciais e 75 kWh/m<sup>2</sup>.ano para edifícios escolares e de escritórios. Entretanto, a partir de 2015, este valor passa a ser 45 kWh/m<sup>2</sup>.ano para as edificações residenciais e  $(90 - 2,5 \times C)$  kWh/m<sup>2</sup>.ano – sendo C = volume da edificação / perda de calor pela superfície – para as escolares e de escritório. Além disso, as edificações já construídas que passarão por grandes reformas não podem apresentar consumo superior a 120% do exigido para novas edificações (CA EPBD, 2013).

A etiqueta de Bruxelas insere as edificações em classes que variam de A a G. As classes A, B, C, D e E possuem três subdivisões cada (A+, A e A-, por exemplo), enquanto os níveis F e G são únicos. Eles estão relacionados ao consumo total de energia primária pela área da edificação, que é calculado com o auxílio de um programa computacional desenvolvido pelas entidades regionais em parceria com pesquisadores da Região da Valônia. O programa também calcula a emissão de CO<sub>2</sub> pela edificação, que é exposta na etiqueta. Na região, a etiquetagem é obrigatória para edificações escolares, de escritórios e residenciais, deste modo, são pré-definidos os limites de consumo energético para essas tipologias em cada nível de eficiência, conforme mostra a Tabela 2 (CA EPBD, 2013).

Tabela 2 – Intervalos limites de consumo de energia primária para todos os níveis de eficiência energética em kWh/m<sup>2</sup>.ano.

Nível de Eficiência	Limites de consumo de energia primária (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	
	Edifícios Escolares e de Escritório	Edifícios Residenciais
A+	0	de 0 a 15
A	de 1 a 31	de 16 a 30
A-	de 32 a 61	de 31 a 45
B+	de 62 a 93	de 46 a 62
B	de 94 a 124	de 63 a 78
B-	de 125 a 155	de 79 a 95
C+	de 156 a 186	de 96 a 113

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).



Tabela 2 – Intervalos limites de consumo de energia primária para todos os níveis de eficiência energética em kWh/m<sup>2</sup>.ano (continuação).

Nível de Eficiência	Limites de consumo de energia primária (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	
	Edifícios Escolares e de Escritório	Edifícios Residenciais
C	de 187 a 217	de 114 a 132
C-	de 218 a 248	de 133 a 150
D+	de 249 a 279	de 151 a 170
D	de 280 a 310	de 171 a 190
D-	de 311 a 341	de 191 a 210
E+	de 342 a 372	de 211 a 232
E	de 373 a 403	de 233 a 253
E-	de 404 a 434	de 254 a 275
F	de 435 a 527	de 276 a 345
G	acima de 527	acima de 345

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

#### 4.6.2 Região de Flandres

Apesar de possuir uma norma exclusiva, a Região de Flandres não apresenta exigências muito diferentes da Região de Bruxelas. Assim como na capital, a norma local classifica edificações residenciais, escolares e de escritórios em níveis que variam de A a G – também com as subdivisões nos cinco níveis mais eficientes. A etiqueta apresenta dados sobre o consumo de energia primária na edificação e a consequente emissão de CO<sub>2</sub>. A principal variação encontrada é que na Região de Flandres a norma foi revisada há mais tempo, portanto, os limites para o consumo energético ainda são maiores.

#### 4.6.3 Região da Valônia

Na Região da Valônia, a principal diferença entre as outras normas belgas é que a classificação é realizada comparando-se a edificação a um modelo referencial com as mesmas características, metodologia empregada em diversos países



européus. A etiquetagem insere os edifícios em níveis que variam de A a G, também relacionados ao consumo de energia primária por área (CA EPBD, 2013).

#### 4.7 Bulgária

Na legislação da Bulgária, o sistema de classificação do desempenho energético considera, separadamente, as edificações novas e as existentes. A partir disso, os requisitos de desempenho são definidos e variam para as edificações residenciais, não residenciais e públicas. A norma delimita os valores possíveis de transmitância térmica para os elementos da envoltória, e eles vêm sendo diminuídos a cada nova versão lançada. A transmitância máxima para as janelas, por exemplo, era  $2,65 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$  em 1987, e hoje o limite é  $1,70 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . (CA EPBD, 2013).

A avaliação do desempenho consiste em diversas considerações. A norma estipula um limite para o aquecimento interno das edificações residenciais e não residenciais em  $15^\circ\text{C}$ , bem como taxa máxima de umidade relativa do ar em 70%. Os requisitos mínimos de desempenho energético e isolamento térmico também são apresentados, além de considerações a respeito das proteções solares para o período de verão (CA EPBD, 2013).

A etiqueta final apresenta classes de eficiência variando de A a G. O método consiste em avaliar o desempenho energético da edificação caso ela atenda aos requisitos mínimos exigidos pela norma atual ( $EP_{\text{max},r}$ ) e pela norma vigente na época em que o edifício ficou pronto ( $EP_{\text{max},s}$ ), e então avaliar a edificação com suas características reais (EP). A comparação entre os resultados gera o nível de eficiência energética para as edificações, tanto as residenciais quanto as não residenciais, conforme mostra a Tabela 3 (CA EPBD, 2013).



Tabela 3 – Limites de desempenho energético para cada classe da edificação na Bulgária.

Limites (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Classe	Demanda energética
$EP < 0,5 EP_{max,r}$	A	Alta eficiência energética
$0,5 EP_{max,r} < EP \leq EP_{max,r}$	B	-
$EP_{max,r} < EP \leq 0,5 (EP_{max,r} + EP_{max,s})$	C	-
$0,5 (EP_{max,r} + EP_{max,s}) < EP \leq EP_{max,s}$	D	-
$EP_{max,s} < EP \leq 1,25 EP_{max,s}$	E	-
$1,25 EP_{max,s} < EP \leq 1,50 EP_{max,s}$	F	-
$1,50 EP_{max,s} < EP$	G	Alto consumo energético

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

Onde:

$EP_{max,r}$  é o consumo total de energia primária para aquecimento, resfriamento, ventilação, aquecimento de água e iluminação, de acordo com as normas de desempenho energético atuais (kWh/m<sup>2</sup>.ano);

$EP_{max,s}$  é o consumo total de energia primária para aquecimento, resfriamento, ventilação, aquecimento de água e iluminação, de acordo com as normas de desempenho energético de quando o edifício começou a ser utilizado (kWh/m<sup>2</sup>.ano).

As edificações são classificadas de acordo com os valores apresentados na Tabela 3. Entretanto, há exigências a respeito dos níveis máximos que podem ser obtidos para cada tipo de edificação. As novas devem atingir, pelo menos, o nível B de eficiência. As que foram construídas entre 1991 e 2009 devem ter seu consumo classificado, no mínimo, em nível C após grandes reformas. O nível D é exigido para as edificações que foram construídas antes de 1990 e sofram grandes reformas (CA EPBD, 2013).

Os indicadores básicos de consumo podem apresentar variações entre as edificações novas e as existentes. Para ambas são considerados os consumos dos sistemas de aquecimento, resfriamento, ventilação, aquecimento de água e iluminação. Entretanto, enquanto as edificações novas são avaliadas pelo consumo (tanto de energia primária quanto de energia final) por m<sup>2</sup> de área útil aquecida, as

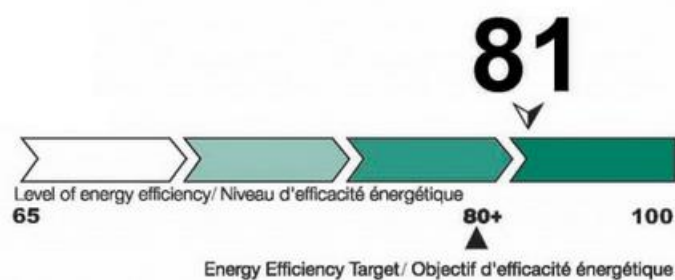


existentes são avaliadas em termos de energia primária, podendo ser por m<sup>2</sup> de área útil aquecida, ou por m<sup>3</sup> de volume aquecido (CA EPBD, 2013).

#### 4.8 Canadá

As edificações canadenses são certificadas pelo *EnerGuide Rating System (ERS)*. A etiqueta do *ERS* relaciona o desempenho termoenergético da edificação a uma escala que varia de 0 a 100, sem classes de consumo definidas, como mostra a Figura 3. Indicadores inferiores a 65 correspondem a edificações de eficiência muito baixa, geralmente antigas, e que não sofreram reformas. Um indicador de desempenho igual a 0 mostra que o edifício apresenta vazamento de ar interno, isolamento térmico insuficiente e um alto consumo energético, e 100 indica que a edificação não precisa comprar energia. Indicadores iguais ou maiores a 80 já são ótimos resultados (PRIMARY SEAL, 2009).

Figura 3 – Escala de eficiência adotada na etiquetagem canadense.



Fonte: Primary Seal, 2009.

De acordo com Edmonton (2013), a agência federal responsável pela etiquetagem, *Natural Resources Canada*, afirma que o aumento de 1 ponto da escala de desempenho corresponde a uma redução de 3 a 5% no consumo energético.

A etiqueta do *EnerGuide* mostra o consumo energético para cada fonte de energia. Isto é, ao invés de mostrar o consumo final total da edificação, são



apresentados consumos por fonte energética para um ano. Sendo, por exemplo, eletricidade medida em kWh e gás em m<sup>3</sup>.

#### **4.9 Cazaquistão**

Desde 2004, o Cazaquistão já aplica um código que prevê exigências quanto ao desempenho termoenergético de edificações. O tópico principal considerado na norma é o aquecimento de edifícios novos e os que sofrerem grandes reformas. De acordo com os órgãos responsáveis, as edificações que cumprem os requisitos estabelecidos pelo código consomem até 50% a menos em relação às que não respeitam as exigências (UNDP, 2013).

A etiquetagem de eficiência energética avalia as edificações locais em cinco classes, que variam de A a E, máximo e mínimo de eficiência, respectivamente. É obrigatório que os novos edifícios obtenham níveis iguais ou superiores a C, sendo que, caso as exigências mínimas sejam cumpridas, o nível obtido é C. Para alcançar o nível máximo, é necessário comprovar economia de energia final superior a 50% em relação a um modelo com as mesmas características físicas do edifício avaliado e que cumpre as exigências normativas. O nível B é garantido às edificações com desempenho energético entre 10 e 50% melhor que o modelo de comparação. Os níveis mínimos (D e E) são permitidos apenas às edificações já existentes, construídas em período anterior à vigência da norma (MATROSOV; CHAO; MAJERSIK, 2006).

#### **4.10 Chile**

No Chile, apenas as edificações residenciais são classificadas de acordo com sua eficiência energética. Assim como no Brasil, a etiquetagem possui caráter voluntário. Uma edificação pode ser classificada em duas fases: projeto e edifício construído. A primeira garante ao edifício um “pré-certificado de projeto de



arquitetura”, e possui caráter transitório, válido por 2 anos. A etiqueta de edifício construído consiste em análise de projeto e vistoria da obra terminada para garantir que as especificações do projeto tenham sido seguidas; esta gera um “certificado de habitação terminada”, válido por 10 anos. Em ambos os casos, o método de certificação consiste em avaliar os sistemas de aquecimento, aquecimento de água e iluminação, nas habitações em condições normais de ocupação, e comparando-se o consumo ao de um modelo com as mesmas características técnicas (CHILE, 2013).

A etiqueta chilena insere as edificações residenciais em classes de consumo que variam de A a G, sendo A o nível de máxima e G o de mínima eficiência. Os edifícios são inseridos nas classes de acordo com a porcentagem de seu consumo em relação ao do modelo de referência, coeficiente C. A Equação 3 mostra como se calcula o coeficiente. A norma estipula limites para C, de acordo com as classes e as zonas climáticas em que o edifício estiver inserido. A Tabela 4 mostra os limites para cada zona. O consumo é apresentado em termos de energia primária, e é expresso por unidade de área por ano, kWh/m<sup>2</sup>.ano (CHILE, 2013).

$$C = \frac{\text{Necessidade energética do edifício classificado}}{\text{Necessidade energética do modelo de referência}} \times 100 \quad (3)$$

Tabela 4 – Limites de consumo estabelecidos pela norma chilena.

Classes	Coeficiente de consumo (C), em %		
	Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4 e 5	Zonas 6 e 7
A	$0 \leq C \leq 30$	$0 \leq C \leq 40$	$0 \leq C \leq 55$
B	$30 < C \leq 40$	$40 < C \leq 50$	$55 < C \leq 65$
C	$40 < C \leq 55$	$50 < C \leq 65$	$65 < C \leq 85$
D	$55 < C \leq 75$	$65 < C \leq 85$	$85 < C \leq 95$
E	$75 < C \leq 110$	$85 < C \leq 110$	$95 < C \leq 110$
F	$110 < C \leq 135$	$110 < C \leq 135$	$110 < C \leq 135$
G	$C > 135$	$C > 135$	$C > 135$

Fonte: Adaptado de Chile (2013).





## 4.11 China

Na China, a etiquetagem de eficiência energética é realizada para edificações residenciais e públicas. No primeiro caso, são levados em consideração os sistemas de aquecimento e resfriamento. Para os edifícios públicos, os sistemas de iluminação e ventilação mecânica também entram no cálculo da eficiência. A etiqueta pode ser gerada por dois métodos. Um consiste em usar valores teóricos de consumo energético da edificação, que gera uma etiqueta válida para um ano. No outro método, são necessários os dados de consumo energético da edificação, medidos durante, pelo menos, um ano (GBPN, 2012).

A norma chinesa classifica as edificações com estrelas, variando de uma a três. Quanto mais estrelas obtidas, maior é a eficiência do edifício. A determinação do número de estrelas é realizada comparando o consumo do edifício avaliado a um modelo com as mesmas características. Este modelo é elaborado respeitando os requisitos de desempenho da versão anterior da norma. A

Tabela 5 mostra a relação entre a quantidade de estrelas e o desempenho da edificação, sendo  $\eta$  o consumo do edifício modelo utilizado na comparação dos consumos. Como ela sugere, se um edifício apresentar desempenho de 0 a 15% melhor que o modelo de comparação, ele receberá uma estrela (GBPN, 2012). Conclui-se que as estrelas só são concedidas a edifícios que respeitem, no mínimo, todas as exigências da versão anterior da norma.

Tabela 5 – Relação entre a quantidade de estrelas alcançadas por um edifício e seu consumo, quando comparado ao consumo ( $\eta$ ) de uma edificação similar.

Nível de eficiência	Comparação da redução de consumo
☆	$0 < \eta < 15\%$
☆ ☆	$15\% \leq \eta < 30\%$
☆ ☆ ☆	$\eta \geq 30\%$

Fonte: Adaptado de GBPN (2012).



A etiqueta apresenta o consumo de energia final em kWh/m<sup>2</sup>.ano, relacionado a uma escala que varia de vermelho (menos eficiente) a verde (mais eficiente). Neste caso, não há classes de eficiência energética bem definidas, e as edificações são avaliadas na escala de cores. As estrelas servem como incentivo à execução de edifícios com consumo igual ou inferior aos requisitos mínimos da norma.

#### 4.12 Chipre

De acordo com CA EPBD (2013), no Chipre, as primeiras exigências quanto ao desempenho da envoltória foram criadas em 2007. Dois anos depois, os requisitos para certificação do desempenho energético dos edifícios foram lançados por completo e a etiquetagem foi apresentada com caráter voluntário. No entanto, tornou-se obrigatória em 2010 para todos os tipos de edificação, residenciais e não residenciais, caso o proprietário venda ou alugue a edificação.

A metodologia para avaliação do desempenho energético no Chipre é baseada no consumo energético para aquecimento, resfriamento, aquecimento de água e iluminação, expresso em termos de energia primária. Para o cálculo, o Ministério de Comércio, Indústria e Turismo (órgão responsável pela certificação) desenvolveu um programa computacional (*SBEMcy*). A avaliação consiste em encontrar o desempenho energético global da edificação analisada e, para isso, leva em consideração o consumo de energia primária por ano, em kWh/m<sup>2</sup>.ano. Estes resultados dependem do uso e da tipologia da edificação (CA EPBD, 2013).

Para um edifício ser etiquetado, seu consumo é comparado ao de um modelo com as mesmas características, tipologia e perfil de uso. De acordo com o resultado obtido, a edificação é inserida em uma das sete classes de eficiência energética, que variam de A a G. A cada uma delas é relacionado um coeficiente que compara o consumo da edificação certificada ao do modelo empregado na avaliação. Para que uma edificação seja A, por exemplo, seu consumo ( $C_{EDIFICAÇÃO}$ ) precisa ser menor ou igual à metade do consumo do modelo empregado ( $C_{MODELO}$ ). A Tabela 6 mostra a relação entre cada uma das classes e o consumo do modelo empregado nos



cálculos (CA EPBD, 2013). Da Tabela 6 conclui-se que, caso uma edificação apresente consumo superior ao do modelo de comparação, a mesma será considerada pouco eficiente, obtendo, no máximo, nível C.

Tabela 6 – Limites de consumo para edificações certificadas de acordo com os consumos dos modelos empregados na avaliação.

Classe de eficiência energética	Limites de consumo
A	$C_{EDIFICAÇÃO} \leq 0,5.C_{MODELO}$
B	$0,50.C_{MODELO} < C_{EDIFICAÇÃO} \leq 1,00.C_{MODELO}$
C	$1,00.C_{MODELO} < C_{EDIFICAÇÃO} \leq 1,50.C_{MODELO}$
D	$1,50.C_{MODELO} < C_{EDIFICAÇÃO} \leq 2,00.C_{MODELO}$
E	$2,00.C_{MODELO} < C_{EDIFICAÇÃO} \leq 2,50.C_{MODELO}$
F	$2,50.C_{MODELO} < C_{EDIFICAÇÃO} \leq 3,00.C_{MODELO}$
G	$C_{EDIFICAÇÃO} > 3,00.C_{MODELO}$

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

#### 4.13 Coreia

A avaliação da eficiência energética das edificações coreanas é responsabilidade da *Korea Energy Management Corporation (KEMCO)*. Na certificação, é avaliada a eficiência energética em termos de consumo de energia primária e emissão de CO<sub>2</sub>. Para isso, são analisados os sistemas arquitetônico, mecânico e elétrico dos edifícios. Quanto aos requisitos arquitetônicos, considera-se isolamento térmico dos elementos da envoltória, bem como a transmitância térmica de cada elemento. Para os sistemas mecânicos, são avaliados os painéis fotovoltaicos, as bombas e os equipamentos de geração de calor e resfriamento interno. Quanto às exigências da parte elétrica, são considerados os sistemas de iluminação, bem como a automatização com sensores para desligamento automático dos mesmos, além de transformadores e elevadores.

De acordo com KEMCO (2015), a etiqueta final é gerada avaliando a emissão de CO<sub>2</sub> e o consumo de energia primária para aquecimento, resfriamento e



aquecimento de água na edificação analisada. Conforme o resultado obtido na avaliação, o edifício é inserido em um dos dez níveis existentes. Os níveis são numéricos e variam de 1 a 7, com quatro subdivisões no nível 1 (1, 1+, 1++ e 1+++). De forma decrescente, tem-se a escala organizada de 1+++ a 7, níveis máximo e mínimo de eficiência energética, respectivamente. A Tabela 7 mostra os limites de consumo de energia primária estabelecidos para cada classe.

Tabela 7 – Limites de consumo de energético (kWh/m<sup>2</sup>.ano) das edificações coreanas.

Nível	Limite de consumo de energia primária (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	
	Edificações Residenciais	Edificações Comerciais
1+++	< 60	< 80
1++	60 – 90	80 – 140
1+	90 – 120	140 – 200
1	120 – 150	200 – 260
2	150 – 190	260 – 320
3	190 – 230	320 – 380
4	230 – 270	380 – 450
5	270 – 320	450 – 520
6	320 – 370	520 – 610
7	370 – 420	610 – 700

Fonte: KEMCO, 2015.

Além da limitação de consumo, o órgão avalia o projeto das novas edificações. Para isso, o proprietário precisa enviar a documentação para obter a aprovação de projetos com área útil superior a 500 m<sup>2</sup>. Com isso, são avaliadas as características do edifício, determinando se o mesmo está em conformidade com as exigências da norma, e calcula-se o Índice de Desempenho Energético. Os responsáveis pela etiquetagem estipulam índices mínimos para as edificações serem aprovadas. Os edifícios públicos são aqueles com exigências mais severas e, conseqüentemente, índices de desempenho mais elevados (KEMCO, 2015).



#### 4.14 Croácia

Na Croácia, a legislação nacional adequou-se aos requisitos de desempenho energético em 2007. Entretanto, foi a partir de 2013 que a etiquetagem croata apresentou um resultado final mais sólido. Uma revisão da norma garantiu a troca do indicador numérico relacionado ao consumo energético para as classes de consumo, conforme é realizado na maioria dos países europeus. A preferência por indicadores de consumo torna a experiência com a etiquetagem mais palpável para o mercado consumidor. No cálculo, é considerada a necessidade energética anual por unidade de área útil da edificação e a mesma é relacionada a uma classe de eficiência (CA EPBD, 2013).

Na versão atual do regulamento, as edificações são classificadas de acordo com o seu uso. São apresentados os requisitos necessários para as edificações residenciais e não residenciais, e eles dependem da temperatura a que as edificações serão aquecidas e de suas características geométricas. Existem limitações para o uso de energia para o aquecimento nas edificações, deste modo, a norma estipula um valor máximo calculado de acordo com a temperatura desejada no interior do edifício (CA EPBD, 2013).

As classificações energéticas na Croácia são realizadas para edificações residenciais e não residenciais, e consideram a necessidade de energia para condicionar um ambiente, mas limitando o aquecimento em 18°C. A edificação pode ser inserida em uma das oito classes energéticas, que variam de A+ a G. Cada classe apresenta valores limites de consumo energético, conforme mostra a Tabela 8. Apesar de o indicador final ser representado por um valor fixo que representa o consumo de energia primária por área aquecida, sua determinação muda bastante das edificações residenciais para as não residenciais. As primeiras são avaliadas de acordo com seu consumo, enquanto as outras têm seu consumo comparado ao de um modelo semelhante para, então, gerar os resultados de nível de eficiência energética (CA EPBD, 2013).



Tabela 8 – Limite de consumo energético por classe no sistema croata de etiquetagem.

Classe	Edificações Residenciais	Edificações Não Residenciais
	Demanda energética anual para aquecimento (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Necessidade relativa anual de energia para aquecimento (%)
A+	≤ 15	≤ 15
A	≤ 25	≤ 25
B	≤ 50	≤ 50
C	≤ 100	≤ 100
D	≤ 150	≤ 150
E	≤ 200	≤ 200
F	≤ 250	≤ 250
G	> 250	> 250

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

#### 4.15 Dinamarca

O sistema de classificação dinamarquês é obrigatório desde 2011. Na certificação, considera-se a energia primária necessária para aquecimento, ventilação, resfriamento, aquecimento de água e, quando apropriado, iluminação. As normas apresentam limites para a demanda energética conforme a tipologia da edificação. Para edifícios residenciais, o consumo energético máximo é estabelecido pela Equação 4. Em edificações comerciais, o consumo não pode exceder o limite calculado pela Equação 5. Nesse caso, o limite é superior tendo em vista que o sistema de iluminação também é considerado (DENMARK, 2010).

$$C_{m\acute{a}x} = 52,5 + \frac{1650}{A} \quad (4)$$

$$C_{m\acute{a}x} = 71,3 + \frac{1650}{A} \quad (5)$$



Onde:

$C_{m\acute{a}x}$  é o consumo máximo de energia primária [kWh/m<sup>2</sup>.ano];

$A$  é a área de piso dos ambientes aquecidos [m<sup>2</sup>].

Quanto menor for o consumo energético da edificação quando comparado ao limite imposto pela norma, melhor será o indicador de consumo obtido. O método dinamarquês apresenta as classes divididas de A (mais eficiente) a G (menos eficiente), sendo que o nível A é subdividido em A1 e A2. Os níveis estão relacionados a cores para facilitar a compreensão, estas vão de verde a vermelho (CA EPBD, 2013).

#### 4.16 Egito

No Egito, o código que regulamenta a eficiência energética das edificações é o “*Green Egyptian Pyramid*”. A certificação das edificações consiste em avaliar sete tópicos. Entre eles estão eficiência no uso de água, qualidade ambiental interna e eficiência energética, por exemplo. Quanto à eficiência energética, os principais objetivos são: reduzir o consumo energético aplicando estratégias passivas no projeto e empregando equipamentos mais eficientes; otimizar a escolha dos equipamentos elétricos e mecânicos para minimizar seus impactos no ambiente; reduzir a demanda energética para atender às cargas em momentos de pico, caso possível, com energias renováveis; e incentivar o emprego de monitoramentos de desempenho energético para facilitar, caso necessário, a realização de melhorias no edifício (EGYPT-GBC, 2011).

Para quantificar a eficiência energética da edificação, o regulamento egípcio avalia dez tópicos. De acordo com Egypt-GBC (2011), a cada um deles é associada uma pontuação que vai, no máximo, até 12. O total geral, fazendo o somatório das



notas de todos os tópicos, pode chegar a 52 pontos. A Tabela 9 mostra a pontuação relacionada a cada subdivisão considerada na avaliação.

Tabela 9 – Requisitos referentes à eficiência energética avaliados no sistema de certificação egípcio.

<b>Tópico avaliado</b>	<b>Pontuação máxima</b>
Melhoria da eficiência energética	10
Redução do ganho de calor externo	7
Eficiência energética dos equipamentos	3
Elevadores	3
Redução da carga de pico	6
Uso de energias renováveis	12
Impacto ambiental	4
Operação e manutenção	1
Equilíbrio entre consumo energético e desempenho do edifício	4
Inventário de consumo energético e emissão de CO <sub>2</sub>	2

Fonte: Adaptado de Egypt-GBC (2011).

Cada um dos tópicos é avaliado isoladamente. Por exemplo, a “melhoria da eficiência energética” é avaliada comparando o edifício a um modelo virtual de referência com as mesmas características. O modelo deve ser criado seguindo critérios mínimos de desempenho energético, fornecidos em norma. A redução do consumo energético é relacionada à pontuação obtida neste critério. A Tabela 10 mostra os pontos relacionados às variações da redução de consumo energético (EGYPT-GBC, 2011).

Tabela 10 – Pontuações obtidas de acordo com a redução do consumo energético em reação a um modelo virtual de referência.

<b>Redução do consumo</b>	<b>Pontuação obtida</b>
5 – 10%	1
11 – 15%	2
16 – 20%	3
21 – 25%	4

Fonte: Adaptado de Egypt-GBC (2011).





Tabela 10 – Pontuações obtidas de acordo com a redução do consumo energético em reação a um modelo virtual de referência (continuação).

Redução do consumo	Pontuação obtida
26 – 27%	5
28 – 30%	6
31 – 35%	7
36 – 40%	8
41 – 45%	9
46 – 50%	10

Fonte: Adaptado de Egypt-GBC (2011).

No fim, caso a edificação avaliada atenda aos requisitos mínimos, a mesma pode ser inserida em um dos três níveis existentes: pirâmide prata, pirâmide dourada ou pirâmide verde. Sendo a “pirâmide verde” o nível de melhor desempenho (EGYPT-GBC, 2009). Como a norma egípcia classifica as edificações de acordo com seu desempenho ambiental, e a eficiência energética é apenas um dos sete tópicos abordados, a etiquetagem é diferente da maioria dos modelos mais usuais no mundo. Não há classes numéricas ou alfabéticas que indiquem a eficiência, mas sim um parâmetro qualitativo que relaciona a pontuação obtida a níveis de eficiência que estão relacionados a cores. O consumo energético global não é apresentado, apesar de ser considerado em alguns itens na avaliação da eficiência energética.

#### 4.17 Emirados Árabes Unidos

Nos Emirados Árabes Unidos há uma norma para quantificar a economia energética que uma edificação pode apresentar em relação a um modelo de referência. Conhecido como *Emirates Energy Star*, o programa visa reduzir o consumo energético, e conseqüentemente diminuir as emissões de CO<sub>2</sub> provenientes das edificações (EMIRATES ENERGY STAR, 2015).



Para quantificar o potencial de economia energética, os autores do programa mostram aos consumidores os motivos de optar por tornar seus edifícios mais eficientes. São expostas questões como o uso de sistemas de resfriamento em temperaturas inferiores às mínimas para garantir conforto. Também são esclarecidos conceitos a respeito de iluminação, e é exposto aos usuários que iluminâncias superiores às confortáveis não aumentam o desempenho das tarefas, e sim o consumo energético. Considerando que pode haver consumo energético superior ao necessário, o órgão responsável pela avaliação mede, durante uma semana (24 horas por dia), o consumo e os níveis de conforto (térmico e visual) oferecidos pelos sistemas de resfriamento e iluminação no interior do edifício (EMIRATES ENERGY STAR, 2015).

Para classificar a eficiência energética das edificações é necessário comparar, por meio de simulações computacionais, o consumo energético do edifício analisado ao de um modelo virtual com características semelhantes. O modelo deve ser igual em aspectos da envoltória, como tamanho, forma e padrões de uso, em relação ao edifício real. A comparação deve mostrar se o consumo do edifício real é menor, igual ou maior ao do modelo simulado. O modelo é simulado considerando padrões pré-definidos em norma, como orientação mais eficiente da fachada e requisitos mínimos para a envoltória, sistemas de resfriamento e de iluminação (GOVERNMENT OF DUBAI, 2015).

Para novas edificações a norma estabelece limites de transmitância térmica, coeficientes de sombreamento e fator solar para os vidros, todos variando conforme características da edificação, como percentual de abertura nas fachadas. Além disso, são estabelecidos limites de consumo para alguns sistemas. O de iluminação, por exemplo, é limitado com potências máximas por unidade de área útil ( $W/m^2$ ), de acordo com as funções desempenhadas no ambiente (GOVERNMENT OF DUBAI, 2015). De maneira geral, a etiqueta final avalia o potencial de redução de consumo de energia final nas edificações. Apesar de não ser apresentado o consumo da edificação, a mesma é classificada com estrelas de acordo com a possibilidade de reduzir seu consumo, em relação à demanda energética de um modelo virtual com



as mesmas características. A Tabela 11 apresenta o total de estrelas obtidas para cada redução de consumo na edificação real.

Tabela 11 – Relação entre o potencial de redução na demanda energética da edificação e o número de estrelas obtidas no sistema de certificação.

<b>Redução no consumo energético</b>	<b>Número de estrelas</b>
10%	☆
15%	☆ ☆
20%	☆ ☆ ☆
25%	☆ ☆ ☆ ☆
30%	☆ ☆ ☆ ☆ ☆

#### 4.18 Equador

De acordo com Carpio e Coviello (2013), desde 2009 o Equador apresenta normas técnicas voluntárias de eficiência energética. Uma delas, a NTE INEM 2506, especifica critérios de eficiência energética para edificações.

O regulamento equatoriano estabelece critérios em quatro quesitos relacionados à eficiência energética de edificações: (i) isolamento térmico da envoltória; neste quesito, a norma avalia o clima local e o uso da edificação, além das características físicas dos materiais empregados; (ii) fator de forma e orientação; neste quesito, são estabelecidos limites para o fator de forma do edifício conforme a zona climática em que está inserido; (iii) sistema de iluminação; são estabelecidos limites de potência por unidade de área útil ( $W/m^2$ ), além de requisitos como controle individualizado de luminárias próximas a fontes de luz natural; e (iv) uso de energias renováveis; são apresentados níveis mínimos de contribuição solar para o aquecimento de água e contribuição fotovoltaica para a energia elétrica (INEN, 2009).

Por enquanto, as exigências em relação à eficiência energética de edificações equatorianas ainda são voluntárias. Além disso, o país não apresenta um sistema de



etiquetagem de seus edifícios. Portanto, não são aplicadas escalas que classifiquem os edifícios de acordo com seu desempenho energético. O sistema serve como ferramenta de projeto e visa conscientizar os atores da construção civil com a importância de empregar conceitos de arquitetura bioclimática e eficiência energética nas edificações.

#### 4.19 Eslováquia

As exigências iniciais impostas na Eslováquia tratavam das propriedades térmicas dos elementos da envoltória e foram implementadas em 1964. A partir disso, alguns novos requisitos foram considerados com o passar dos anos. Em 1979, algumas exigências para o aquecimento dos edifícios foram implementadas. Entretanto, só em 2007 que todas as considerações a respeito do desempenho energético dos edifícios foram aprovadas. Atualmente, os sistemas avaliados são os de aquecimento, aquecimento de água, ventilação, resfriamento e iluminação (CA EPBD, 2013).

A metodologia de certificação consiste em calcular um indicador global de desempenho energético, obtido a partir do consumo de todos os sistemas considerados na etiquetagem. Ao todo, a etiqueta apresenta oito classes de consumo: A0, A1, B, C, D, E, F e G. As classes são definidas de acordo com o consumo de energia primária por unidade de área em um ano (kWh/m<sup>2</sup>.ano). Na Eslováquia, todos os edifícios são classificados de acordo com o seu próprio consumo, sem realizar comparações entre eles e modelos virtuais. Cada classe apresenta limites de consumo, como mostram as Tabelas 12 e 13 (CA EPBD, 2013).

Tabela 12 – Limites dos índices de consumo das edificações estabelecidos para os níveis A0, A1, B e C de eficiência energética.

Tipologia de edificações	Limites dos indicadores globais de desempenho energético das edificações (kWh/m <sup>2</sup> .ano)			
	A0	A1	B	C
Residências unifamiliares	≤ 54	55 – 108	109 – 216	217 – 324
Residências multifamiliares	≤ 32	33 – 63	64 – 126	127 – 189

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).



Tabela 12 – Limites dos índices de consumo das edificações estabelecidos para os níveis A0, A1, B e C de eficiência energética (continuação).

Edifícios de escritório	$\leq 60$	61 – 120	121 – 240	241 – 360
Escolas	$\leq 34$	35 – 68	69 – 136	137 – 204
Hospitais	$\leq 96$	97 – 192	193 – 384	385 – 576
Hotéis e restaurantes	$\leq 82$	83 – 164	165 – 328	329 – 492
Complexos esportivos	$\leq 38$	39 – 76	77 – 152	153 – 258
Edificações de comércio e serviço	$\leq 85$	86 – 170	171 – 340	341 – 510

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

Tabela 13 - Limites dos índices de consumo das edificações estabelecidos para os níveis D, E, F e G de eficiência energética.

Tipologia de edificações	Limites dos indicadores globais de desempenho energético das edificações (kWh/m <sup>2</sup> .ano)			
	D	E	F	G
Residências unifamiliares	325 – 432	433 – 540	541 – 648	>648
Residências multifamiliares	190 – 252	253 – 315	316 – 378	>378
Edifícios de escritório	361 – 480	481 – 600	601 – 720	>720
Escolas	205 – 272	273 – 340	341 – 408	>408

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).



Tabela 13 - Limites dos índices de consumo das edificações estabelecidos para os níveis D, E, F e G de eficiência energética (continuação).

Tipologia de edificações	Limites dos indicadores globais de desempenho energético das edificações (kWh/m <sup>2</sup> .ano)			
	D	E	F	G
Hospitais	577 – 769	770 – 961	962 – 1153	>1153
Hotéis e restaurantes	493 – 656	657 – 820	821 – 984	>984
Complexos esportivos	259 – 304	305 – 380	381 – 456	>456
Edificações de comércio e serviço	511 – 680	681 – 850	851 – 1020	>1020

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

#### 4.20 Eslovênia

As exigências para o desempenho energético de edificações foram lançadas em 2002. Inicialmente, a norma considerava apenas a demanda energética para o aquecimento das edificações e limitava os valores da transmitância térmica dos elementos da envoltória. Desde então, ela foi revisada duas vezes. A primeira delas, em 2008, implementou critérios mais rígidos quanto às perdas térmicas das edificações e introduziu a obrigação de empregar 25% da demanda energética oriunda de fontes renováveis. A última revisão, realizada em 2010, tornou a etiquetagem mais completa, considerando a demanda energética para o aquecimento e resfriamento, aquecimento de água, ventilação e iluminação. Atualmente os resultados são expressos em termos de consumo de energia primária, energia final e emissões de CO<sub>2</sub>. Quanto à iluminação, a norma estipula limites de potência por unidade de área (W/m<sup>2</sup>) para cada tipologia de edificação (CA EPBD, 2013).



A etiquetagem pode ser realizada por meio de cálculo ou medição do consumo energético na edificação. A etiqueta cujo consumo é calculado é válida para todas as edificações novas e para as residenciais existentes. Os certificados com medição de consumo são empregados para todas as edificações não residenciais já existentes. Independentemente do método empregado, a etiqueta insere a edificação avaliada em um dos sete níveis de eficiência existentes, que variam de A a G (sendo que A e B apresentam subdivisões, A1 e A2, B1 e B2). Os indicadores mostram o consumo de energia final para cada sistema da edificação, e o consumo de energia primária em kWh/m<sup>2</sup>.ano (CA EPBD, 2013).

#### 4.21 Espanha

A partir de 2006, o cenário espanhol foi reforçado com a regulamentação das normativas de desempenho energético nas edificações europeias. Visando criar bases nacionais para as avaliações, o país lançou cinco normas, que são relativas a limitação de demanda energética, desempenho de instalações térmicas, eficiência energética em sistemas de iluminação, contribuição solar mínima para aquecimento de água e contribuição fotovoltaica mínima para energia elétrica. Todas são aplicadas em novas edificações (residenciais ou não), e em edificações com reforma em 25% ou mais de sua área (CA EPBD, 2013).

As certificações tornaram-se obrigatórias em 2007. Para dar subsídio ao processo, a Espanha lançou um programa computacional chamado *CALENER*, que aplica o método de cálculo oficial. Com as revisões de normas e maiores exigências, foram lançados outros dois programas, CE3 e CE<sup>3</sup>X, ambos reconhecidos como ferramentas oficiais pelo Ministério de Indústria, Energia e Turismo e pelo Ministério de Obras Públicas, órgãos responsáveis pelas avaliações. Os programas são livres e podem ser baixados nos sites dos ministérios (CA EPBD, 2013).

Nas edificações residenciais, os sistemas avaliados são aquecimento, resfriamento, aquecimento de água e ventilação. Além destes, o sistema de iluminação é inserido na avaliação das edificações não residenciais. A classificação



varia de A a G, e os edifícios têm seus sistemas avaliados individualmente, com cada um dos índices obtidos expressos na etiqueta, além do nível global. As ferramentas computacionais empregadas na avaliação geram medidas para melhorar o desempenho energético do edifício, bem como seus custos e a economia que proporcionariam. O desempenho da edificação avaliada é comparado a diversos indicadores, que estão relacionados ao desempenho de modelos virtuais semelhantes, porém locados em diferentes zonas bioclimáticas (CA EPBD, 2013).

#### 4.22 Estados Unidos

Nos Estados Unidos a etiquetagem de edificações é iniciativa de setores governamentais e não governamentais. Uma das iniciativas não governamentais bastante conhecida é a etiquetagem da *ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)*, que consiste na avaliação da eficiência energética de edificações, conhecida como *Building Energy Quotient (bEQ)*. Esta certificação é válida para edificações novas e existentes. As novas recebem apenas a classificação “*as designed*”, enquanto as existentes também podem ser certificadas com a avaliação “*in operation*”, sendo necessários dados de consumo energético de, pelo menos, um ano para o edifício ser avaliado (HOGELING, 2009).

De acordo com Hogeling (2009), a avaliação “*as designed*” certifica a edificação por intermédio de seus componentes de projeto, como sistemas mecânicos e envoltória, considerando a orientação e o uso de iluminação natural. Para essa análise, é necessária a comparação entre o edifício avaliado e um modelo virtual com as mesmas características técnicas. O certificado “*in operation*” expõe dados a respeito do consumo atual do edifício, e é baseado na análise da estrutura e da operação do mesmo. Ambas as certificações geram uma escala de eficiência que varia de A a G. Sendo o nível mais eficiente dividido em A+, A e A-. A inserção da edificação nos níveis de eficiência depende de seu consumo de energia primária por área, e dados a respeito da liberação de CO<sub>2</sub> também são fornecidos.





Existe uma etiqueta de consumo para edificações residenciais, *Home Energy Rating Systems (HERS)*, que consiste em avaliar a eficiência da edificação com uma escala adimensional que varia de 0 a 150. Quanto maior o indicador, menos eficiente a edificação é considerada. A metodologia é baseada no consumo de energia primária e o cálculo é realizado com o auxílio de um programa computacional que compara a edificação a um modelo com as mesmas características técnicas. O indicador de eficiência insere o edifício em uma escala. A edificação de referência utilizada possui indicador de consumo igual a 100. Deste modo, uma residência com indicador igual a 70 apresenta níveis de eficiência energética 30% superiores à referência, enquanto uma de índice igual a 130 é 30% menos eficiente.

#### 4.23 Estônia

As exigências formais quanto ao desempenho energético de edificações foram lançadas em 2008. Elas incluem fatores como dados a respeito do uso da edificação, descrição dos ocupantes, perfil de uso dos equipamentos e da iluminação, temperatura interior a ser mantida, aquecimento, aquecimento de água, resfriamento, iluminação, ventilação e aparelhos eletrodomésticos. O consumo energético é calculado em termos de energia final, entretanto o resultado apresentado na etiqueta é em energia primária. Para isso, a metodologia inclui ponderação do consumo de acordo com a fonte energética empregada no local. O regulamento estipula limites de consumo para cada tipologia de edificação, tanto para as novas quanto para as existentes. A Tabela 14 mostra os limites de consumo em energia primária por unidade de área por ano (CA EPBD, 2013).

Tabela 14 – Limites de consumo de energia primária exigidos para edificações novas e existentes na Estônia.

Tipologia da edificação	Consumo de energia primária por unidade de área (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	
	Novas edificações	Edificações existentes
Edificação residenciais unifamiliares	160	210
Edificações residenciais multifamiliares	150	180

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).



Tabela 14 – Limites de consumo de energia primária exigidos para edificações novas e existentes na Estônia (continuação).

Tipologia da edificação	Consumo de energia primária por unidade de área (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	
	Novas edificações	Edificações existentes
Edifícios de escritório e bibliotecas	160	210
Edifícios comerciais	210	270
Edifícios públicos	200	250
Shoppings	230	280
Escolas e universidades	160	200
Creches	190	240
Edificações hospitalares	380	460

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

A etiqueta gerada apresenta divisão de classes que variam com letras e vão de A a H, sendo A o nível de maior eficiência, e H o de menor. Além das letras, a etiqueta apresenta cores para facilitar a compreensão. As cores vão de verde a vermelho (máximo e mínimo de eficiência, respectivamente). As etiquetas são geradas por dois métodos: (1) empregado em edificações existentes, que consiste em avaliar o consumo atual de energia primária; e (2) utilizado para certificar edificações novas, estimando o consumo energético por simulações. Nestes métodos, os cálculos aplicados são os mesmos para edificações residenciais e não residenciais (CA EPBD, 2013).

#### 4.24 Finlândia

O Código de Construção da Finlândia estipula que a classificação da eficiência energética é obrigatória para novas edificações e para existentes, no caso



de venda ou aluguel. As exigências são as mesmas para edificações residenciais, comerciais e públicas. A etiqueta classifica os edifícios em níveis de eficiência energética que variam de A (menos eficiente) a G (mais eficiente).

O código nacional apresenta limites para o consumo de energia primária de acordo com a tipologia da edificação, como mostra a Tabela 15 (para edificações residenciais) e a Tabela 16 (para edificações não residenciais). Entretanto, os níveis exigidos são bem inferiores ao limite, tendo em vista que é obrigatório atender, ao menos, os requisitos do nível C nas novas edificações. O método baseia-se no cálculo do consumo energético, assim, na classificação de edificações existentes, as informações quanto ao consumo atual do edifício são exigidas (CA EPBD, 2013).

Tabela 15 – Limites de consumo energético já ponderados para cada tipologia de edificação.

<b>Tipo da Edificação</b>	<b>Área útil aquecida – A (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Consumo máximo anual de energia (calculado com os fatores de ponderação) em kWh/m<sup>2</sup>.ano</b>
Residências unifamiliares	A < 120 m <sup>2</sup>	204
	120 m <sup>2</sup> ≤ A ≤ 150 m <sup>2</sup>	372 – 1,40 x A
	150 m <sup>2</sup> < A ≤ 600 m <sup>2</sup>	173 – 0,07 x A
	A > 600 m <sup>2</sup>	130
Residências unifamiliares (construídas com toras)	A < 120 m <sup>2</sup>	229
	120 m <sup>2</sup> ≤ A ≤ 150 m <sup>2</sup>	397 – 1,4 x A
	150 m <sup>2</sup> < A ≤ 600 m <sup>2</sup>	198 – 0,07 x A
	A > 600 m <sup>2</sup>	155
Casas geminadas	–	150

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

Tabela 16 – Limites de consumo energético já ponderados para edificações não residenciais.

<b>Tipo da Edificação</b>	<b>Área útil aquecida – A (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Consumo máximo anual de energia (calculado com os fatores de ponderação) em kWh/m<sup>2</sup>.ano</b>
Edificações de apartamentos	–	130
Escritórios	–	170
Lojas	–	240

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).



Tabela 16 – Limites de consumo energético já ponderados para edificações não residenciais (continuação).

<b>Tipo da Edificação</b>	<b>Área útil aquecida – A (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Consumo máximo anual de energia (calculado com os fatores de ponderação) em kWh/m<sup>2</sup>.ano</b>
Hotéis e motéis	–	240
Escolas	–	170
Centros desportivos	–	170
Hospitais	–	450
Outras edificações	O consumo é calculado, mas não são estipulados limites	

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

#### 4.25 França

Na França, a responsabilidade pela etiquetagem de eficiência energética em edificações é do Ministério de Habitação. O primeiro regulamento francês foi lançado em 1974 e, desde então, inúmeras pesquisas resultaram em novas versões. A última delas, *RT2012*, que foi implementada em 2013, apresenta grandes exigências para o consumo de energia primária. O regulamento estipula o consumo máximo de energia primária em 50 kWh/m<sup>2</sup>.ano para edificações residenciais, 70 kWh/m<sup>2</sup>.ano para edificações não residenciais sem sistema de condicionamento de ar e 110 kWh/m<sup>2</sup>.ano para as que possuem sistema de condicionamento de ar. O cálculo do consumo leva em consideração os sistemas de aquecimento, ventilação, resfriamento, aquecimento de água, iluminação e as bombas (CA EPBD, 2013).

As certificações francesas são chamadas de “*Diagnostic de Performance Énergétique (DPE)*”. Elas apresentam duas variáveis principais, o consumo de energia primária e as emissões de CO<sub>2</sub>, e classificam as edificações em uma escala que varia de A a G. O consumo é apresentado em energia final entregue e energia primária, estimadas por área útil de piso (CA EPBD, 2013). O consumo total de energia é baseado em coeficientes bioclimáticos e temperatura de conforto para o verão, para garantir níveis de conforto aos ocupantes. Além disso, o regulamento



francês apresenta o valor de 5 kWh de energia renovável/m<sup>2</sup>.ano como o mínimo necessário para todas as edificações, e o uso de 2 m<sup>2</sup> de painéis solares para o sistema de aquecimento de água (IEA, 2014).

#### 4.26 Grécia

Depois de concordar com o Protocolo de Kyoto, a União Europeia apresentou algumas iniciativas para atender aos compromissos estabelecidos. Dentre elas, a criação das normas de desempenho energético de edificações e o suporte técnico necessário aos países membros, bem como a exigência de colocá-las em prática. Entretanto, em 2008, a corte judicial da União Europeia condenou a Grécia pela não adequação às exigências do *EPBD*, que já eram obrigatórias desde 2006 (DASCALAKI *et al.*, 2012).

Dascalaki *et al.* (2012) ainda afirmam que o primeiro regulamento grego foi publicado em 1998, e era conhecido como Regulamento de Uso Racional e Conservação de Energia em Edificações – *KOXEE*. Entretanto, até o início 2008, a mudança mais notável foi a troca do nome, de *KOXEE* para *KENAK* (Regulamento Relativo ao Desempenho Energético no Setor da Construção). Com a pressão da corte judicial europeia, foram criados comitês para a estruturação da versão nacional do *EPBD*, que foi lançada após três meses.

Atualmente, o *KENAK* é dividido em dois documentos, um que avalia as edificações residenciais e outro as não residenciais. O residencial avalia os usos finais para resfriamento, aquecimento e aquecimento de água e exige o uso de 60% de energia solar no sistema de aquecimento de água. O não residencial considera os usos finais para os mesmos sistemas do residencial e para a iluminação. Apesar de não exigir um valor específico de energia solar para o aquecimento de água, as edificações não residenciais devem apresentar estudo específico para o uso de alguma fonte de energia renovável. A norma leva em consideração quatro zonas bioclimáticas e, para cada uma delas, são apresentados valores limites de transmitância dos elementos construtivos.



A certificação dos edifícios é realizada comparando o consumo energético com o de um modelo virtual similar ao real. Os indicadores são expressos em consumo de energia primária anual por área de piso útil (kWh/m<sup>2</sup>.ano). A etiqueta grega possui duas páginas, a primeira apresenta as características da edificação, o nível de eficiência em que foi inserida, o consumo de energia primária por unidade de área, o consumo final de energia e a emissão resultante de CO<sub>2</sub> por unidade de área. A segunda traz o consumo de energia primária para os diferentes usos finais por unidade de área, e de uma a três recomendações para aumentar a eficiência da edificação, mostrando a relação custo x benefício e o impacto na redução da emissão de CO<sub>2</sub> (DASCALAKI *et al.*, 2012).

#### 4.27 Holanda

A Holanda apresenta exigências quanto ao desempenho térmico de edificações desde 1995, mas foi a partir de 2008 que a classificação de eficiência energética passou a ser obrigatória. Em 2012 foi lançada a versão mais atual da norma holandesa, *Energy Performance Standard for Buildings (EPG)*, que apresenta as exigências para edificações residenciais e não residenciais. A norma é dividida em dois grupos de exigências para novas edificações e para as existentes que sofrerem grandes reformas. O primeiro deles está relacionado ao isolamento térmico dos telhados, pisos, paredes e janelas. O segundo grupo refere-se às instalações de aquecimento, resfriamento, aquecimento de água, ventilação e iluminação (CA EPBD, 2013).

O desempenho energético das edificações é analisado considerando o consumo de energia primária, tipo e tamanho da edificação. Chamado de EP no regulamento, este indicador é uma grandeza adimensional que indica a eficiência energética da edificação avaliada. O indicador é usado para inserir a edificação em uma das classes de eficiência, que variam de A++ (máxima eficiência) a G (mínima eficiência). Estas classes estão relacionadas ao consumo anual de energia primária em MJ, deste modo, a etiqueta mostra este consumo, e ainda apresenta suas



subdivisões, como a porcentagem de uso de eletricidade (kWh) e gás (m<sup>3</sup>), por exemplo. A etiqueta das edificações não residenciais apresenta a liberação anual de CO<sub>2</sub>, calculada com fatores de ponderação para o consumo energético (CA EPBD, 2013).

#### 4.28 Hong Kong

Pesquisadores da Universidade de Hong Kong desenvolveram uma proposta de método de etiquetagem de eficiência energética de edificações residenciais em Hong Kong.

Considerando as variáveis avaliadas na proposta de certificação, desenvolveu-se um modelo de etiqueta com três níveis de eficiência energética (A, B e C). A edificação é inserida em um dos níveis a partir do consumo energético calculado para o modelo avaliado. A Tabela 17 mostra os limites de cada classe. A etiqueta apresenta o consumo energético (em kWh/m<sup>2</sup>.ano) da edificação e mostra ao proprietário as áreas que necessitam mais cuidado para que o desempenho seja melhorado (HUI, 2009).

Tabela 17 – Limites de consumo energético para classes definidas pela proposta de etiquetagem de edificações residenciais em Hong Kong.

Nível de eficiência	Consumo energético anual
A	< 102,9 kWh/m <sup>2</sup> .ano
B	102,9 a 171,6 kWh/m <sup>2</sup> .ano
C	> 171,6 kWh/m <sup>2</sup> .ano

Fonte: Adaptado de Hui (2009).

No método, os pesquisadores relacionam o consumo energético das edificações a nove variáveis, como mostra a Figura 4. No método mais simplificado, sugere-se que os parâmetros de transmitância térmica e percentual de abertura das

fachadas sejam desconsiderados. Entretanto, acrescentam 5% no total de consumo caso a fachada principal seja voltada a leste, oeste ou sul.

Figura 4 – Variáveis relacionadas ao consumo energético das edificações residenciais na proposta de etiquetagem de eficiência energética de edificações em Hong Kong.



Fonte: Adaptado de Hui (2009).

#### 4.29 Hungria

A regulamentação da Hungria especifica limites para o consumo de energia primária em cada tipo de edificação, sendo residencial, comercial, escolar, etc. Caso o edifício seja de uso misto, a certificação é realizada por comparação entre ele e um modelo de referência com as mesmas características. O consumo energético é





referente ao aquecimento, aquecimento de água, resfriamento e, em edificações não residenciais, iluminação (CA EPBD, 2013).

A etiqueta húngara classifica edificações residenciais e não residenciais em níveis que variam de A+ (máximo de eficiência) a I (mínimo de eficiência). O nível de maior eficiência é dividido em duas classes, A e A+, os outros não apresentam subdivisões. Na atual versão do regulamento, é exigido que as edificações obtenham, no mínimo, nível C (CA EPBD, 2013).

Quando a edificação não é de uso misto, a certificação é realizada baseada em seu consumo. Para isso, são utilizados os requisitos da normativa de 2006. Caso a edificação respeite todas as exigências, automaticamente é inserida no nível C. Quanto menor o consumo, em relação aos requisitos da norma de 2006, melhor será a classe obtida (IEA, 2015). A Tabela 18 mostra que, caso uma edificação apresente consumo entre 96 e 100% do estabelecido pela versão de 2006 da norma, a mesma será inserida no nível C. De acordo com a redução apresentada no consumo, melhor será o nível obtido. Edificações que consumam menos de 55% do estabelecido pela norma de 2006, alcançarão nível A+ de eficiência.

Tabela 18 – Limites de consumo de energia primária apresentados pela norma húngara.

<b>Classe</b>	<b>Limite de consumo</b>
A+	< 55%
A	56–76%
B	77–95%
C	96–100%
D	101–120%
E	121–150%
F	151–190%
G	191–250%
H	251–340%
I	> 341%

Fonte: Adaptado de IEA (2015).



### 4.30 Índia

As edificações são certificadas com estrelas, variando de 1 a 5, sendo os níveis de mínima e máxima eficiência, respectivamente. A norma define limites de consumo para cinco tipologias de edificações, em cinco zonas climáticas. A Tabela 19 exemplifica os padrões adotados para edificações de escritório inseridas na zona climática “quente e úmida”, com mais de 50% da área condicionada artificialmente. O cálculo do consumo energético da edificação leva em conta apenas o uso de energia final (JOSE, 2010).

Tabela 19 – Limites de consumo para edificações de escritório com mais de 50% da área condicionada.

Consumo (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	Nível de eficiência
De 155 a 180	☆
De 130 a 155	☆ ☆
De 105 a 130	☆ ☆ ☆
De 80 a 105	☆ ☆ ☆ ☆
≤ 80	☆ ☆ ☆ ☆ ☆

Fonte: Jose (2010).

### 4.31 Irlanda

Quando as certificações passaram a ser obrigatórias, a Irlanda não possuía tradição em certificação energética, portanto, conseguiu um período adicional de três anos para colocar em prática as normativas, criando base de pesquisa para desenvolver um regulamento adequado à realidade. Inicialmente, o país lançou uma regulamentação para habitações residenciais isoladas, e, enquanto a mesma era aprimorada, apresentou a proposta para a certificação das edificações não residenciais (IEA, 2010).



Apesar de ainda voluntário, o sistema de certificação irlandês de 2005 já definia limites para consumo de energia primária e emissão de CO<sub>2</sub> em edificações. Para as edificações residenciais típicas de 100 m<sup>2</sup>, o valor máximo do consumo energético era em torno de 156 kWh/m<sup>2</sup>.ano e 30 kg/m<sup>2</sup>.ano de emissão de CO<sub>2</sub>. A partir de 2008, um mínimo de 10 kWh/m<sup>2</sup>.ano de energia térmica, ou 4 kWh/m<sup>2</sup>.ano de energia elétrica, deveria ser oferecido por fontes de energia renováveis. A revisão de 2011 da norma, já obrigatória, apresenta requisitos mais rígidos para a certificação. Agora, o consumo máximo de uma mesma edificação típica de 100 m<sup>2</sup> é de aproximadamente 63 kWh/m<sup>2</sup>.ano (CA EPBD, 2013).

A etiqueta irlandesa apresenta seis classes de eficiência energética, variando de A a G. Os níveis A, B e C possuem três subdivisões (A1, A2 e A3, por exemplo), D e E apresentam duas subdivisões, enquanto F e G são únicos. Para a classificação de edificações residenciais, os níveis são divididos a cada 75 kWh/m<sup>2</sup>.ano a partir do 0 (A), enquanto as subdivisões dos grupos aparecem a cada 25 kWh/m<sup>2</sup>.ano. Isto é, o subgrupo A1, por exemplo, corresponde a edificações cujo consumo esteja entre 0 e 25 kWh/m<sup>2</sup>.ano. Para as edificações não residenciais, a certificação é feita pela razão de seu consumo com o de um modelo virtual de referência que possua as mesmas características geométricas, técnicas e funcionais. Os níveis de eficiência são estipulados pela resultante adimensional da relação. 0,5, 1,0, 2,0 e 3,0 são os limites das classes A/B, B/C, D/E e F/G, respectivamente. Além disso, uma escala secundária apresenta a emissão de CO<sub>2</sub> em ambos os casos (CA EPBD, 2013).

Existem programas computacionais disponíveis para os profissionais fazerem a certificação energética dos edifícios. As ferramentas do *DEAP (Dwellings Energy Assessment Procedure)* avaliam o desempenho de edificações residenciais novas e existentes, levando em consideração a energia necessária para aquecimento, ventilação, aquecimento de água e iluminação, calculando o consumo de energia entregue e de energia primária, além da emissão de gás carbono e os custos, tudo em valor total e por metro quadrado de área de piso da edificação. As demais edificações são avaliadas com a metodologia do *NEAP (Non Domestic Energy Assessment Procedure)*, que se assemelha muito à do *DEAP*, mas permite o cálculo



com modelos geométricos de referência com características idênticas às do real (SEAI, 2014).

#### 4.32 Itália

De acordo com CA EPBD (2013), desde 2005 as normas italianas vêm sofrendo alterações e consequentes aumentos nas exigências. A versão atual já apresenta níveis mínimos de eficiência energética, limites de transmitância para janelas, paredes, pisos e telhados e requisitos mínimos para os sistemas de aquecimento, resfriamento e iluminação. A mais recente atualização visa aumentar o uso de energias renováveis no aquecimento de água doméstica. A meta é que, a partir de 2017, 50% da energia utilizada para esse fim seja renovável.

A certificação das edificações italianas é realizada pelo Ministério do Desenvolvimento Econômico. A avaliação considera indicadores diferentes para edificações residenciais e não residenciais. As primeiras têm seu desempenho energético mensurado em termos de kWh/m<sup>2</sup>.ano de energia primária, enquanto as não residenciais são avaliadas em kWh/m<sup>3</sup>.ano. A etiqueta possui níveis de eficiência, que variam de A+ até G, e são utilizados para classificar o edifício como um todo, considerando o uso global de energia, e também sistemas isolados, como aquecimento e resfriamento (CA EPBD, 2013).

No geral, são realizadas quatro avaliações de desempenho energético: a de resfriamento (*summer EP*), de aquecimento (*winter EP*), aquecimento de água e, por fim, a avaliação global. Para avaliar os sistemas de aquecimento e resfriamento, são criados valores de referência, que variam de acordo com a zona bioclimática onde o edifício será inserido e seu fator de forma (razão entre área da envoltória e o volume – aquecido ou resfriado, dependendo do sistema). O aquecimento de água é avaliado com valores pré-estabelecidos, isto é, cada classe apresenta limites e, conforme o resultado obtido na edificação, o sistema é inserido no nível correspondente (CA EPBD, 2013).



Para a avaliação global, cada zona bioclimática apresenta valores mínimos de desempenho energético (kWh/m<sup>2</sup> ou kWh/m<sup>3</sup>, conforme o tipo da edificação), que é combinado a um adicional de consumo, conforme a classe de eficiência. A avaliação consiste em comparar o indicador de desempenho energético do edifício com os pré-estabelecidos pela norma, a fim de determinar o nível de eficiência do modelo avaliado, conforme ilustra a Tabela 20.

Tabela 20 – Limites de consumo por classe para edificações residenciais.

Limite inferior	Classe	Limite superior
-	A+	$< 0,25 EP_{Lim(2010)} + 9 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$
$0,25 EP_{Lim(2010)} + 9 \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \leq$	A	$< 0,50 EP_{Lim(2010)} + 9 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$
$0,50 EP_{Lim(2010)} + 9 \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \leq$	B	$< 0,75 EP_{Lim(2010)} + 12 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$
$0,75 EP_{Lim(2010)} + 12 \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \leq$	C	$< 1,00 EP_{Lim(2010)} + 18 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$
$1,00 EP_{Lim(2010)} + 18 \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \leq$	D	$< 1,25 EP_{Lim(2010)} + 21 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$
$1,25 EP_{Lim(2010)} + 21 \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \leq$	E	$< 1,75 EP_{Lim(2010)} + 24 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$
$1,75 EP_{Lim(2010)} + 24 \text{ kWh/m}^2.\text{ano} \leq$	F	$< 2,50 EP_{Lim(2010)} + 30 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$
-	G	$< 2,50 EP_{Lim(2010)} + 30 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}$

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

#### 4.33 Japão

A lei de conservação de energia japonesa prevê algumas exigências para as edificações, visando racionalizar o consumo energético das mesmas, que é considerado alto na matriz geral. Para isso, é obrigatório que as edificações sejam projetadas de modo que a perda de calor pelos elementos da envoltória seja mínima, além da utilização de equipamentos energeticamente eficientes nos sistemas de iluminação, resfriamento, aquecimento, aquecimento de água e elevadores (THE ENERGY CONSERVATION CENTER, 2013).

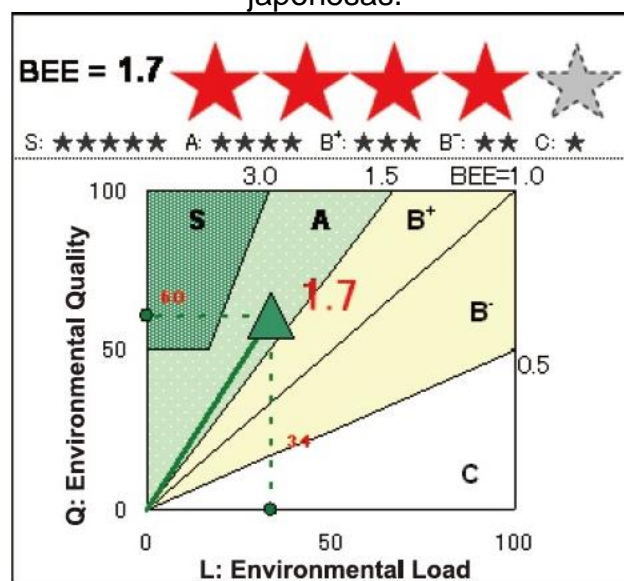
O sistema de certificação japonês é o *Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (CASBEE)*. Ele avalia o desempenho ambiental dos edifícios, considerando critérios de conforto e eficiência energética. Após avaliadas,



as edificações são inseridas em uma das cinco classes, que, ao contrário da maioria dos países, relaciona adjetivos para qualificar o desempenho das mesmas. As classes são: Excelente (S), Muito Bom (A), Bom (B+), Razoavelmente Ruim (B-) e Ruim (C). Cada um dos níveis é relacionado a diferentes quantidades de estrelas, variando de cinco (para o nível excelente) a uma (para o nível ruim) (IBEC, 2014).

A certificação consiste em avaliar o edifício sob dois grupos de parâmetros: Q e L. O parâmetro Q está relacionado à qualidade ambiental do ambiente construído (questões mais ligadas ao conforto do usuário), enquanto L define critérios de consumo energético, em termos de energia primária, para a manutenção do edifício. A certificação gera notas, que variam de 0 a 100, tanto para Q quanto para L. Com as notas, é possível inserir o edifício em um dos cinco níveis de eficiência, com o auxílio do gráfico apresentado na Figura 5. Para determinar o nível de eficiência da edificação, é calculado o coeficiente de desempenho ambiental (BEE), que é função de Q e L. De acordo com o indicador obtido pelo BEE, a edificação é inserida em um dos níveis (IBEC, 2014).

Figura 5 – Classificação do desempenho energético e ambiental das edificações japonesas.



Fonte: IBEC, 2014.



A Tabela 21 mostra a relação entre os níveis de eficiência e os valores de desempenho ambiental e energético dos edifícios, bem como o número de estrelas obtido de acordo com os resultados. Os níveis são relacionados a letras, e, de acordo com o coeficiente de desempenho ambiental calculado para o edifício, são atribuídas estrelas. O número de estrelas é diretamente proporcional ao desempenho, deste modo, quanto melhor avaliado for o edifício, mais estrelas ele receberá.

Tabela 21 – Limites dos níveis de eficiência energética das edificações japonesas.

Níveis	Coeficiente de Desempenho Ambiental (BEE)	Estrelas
Excelente (S)	3,0 ou mais	☆☆☆☆☆
Muito Bom (A)	1,5 – 3,0	☆☆☆☆
Bom (B+)	1,0 – 1,5	☆☆☆
Razoavelmente Ruim (B-)	0,5 – 1,0	☆☆
Ruim (C)	Menor que 0,5	☆

Fonte: Adaptado de IBEC (2014).

#### 4.34 Letônia

Na Letônia, os cálculos do desempenho energético de edificações consideram os sistemas de aquecimento, resfriamento, aquecimento de água e iluminação (exceto para edificações residenciais). O indicador de desempenho energético é calculado de acordo com as áreas aquecidas nas edificações. Para isso, a norma analisa as edificações de acordo com um fator de aquecimento HR. A determinação de HR é mostrada na Equação 6. A norma especifica limites para o fator de aquecimento, a fim de padronizar as edificações. Em geral, os valores são menores em edificações com mais pavimentos (CA EPBD, 2013).

$$HR = h_A \cdot A \quad (6)$$





Onde:

$h_A$  é um coeficiente de perda de calor na edificação ( $W/m^2.K$ );

$A$  é a área útil da edificação a ser aquecida ( $m^2$ ).

Existem dois tipos de certificados disponíveis na Letônia: (1) uma etiqueta que classifica a eficiência energética de edificações existentes, e (2) uma certificação empregada em edifícios novos. No primeiro caso, tanto o consumo energético calculado quanto o medido são necessários para gerar a classificação. No caso de novas edificações, a certificação é baseada somente no consumo energético estimado por intermédio das características e tipologia da edificação. Ambas as etiquetas classificam as edificações em termos de consumo de energia final por unidade de área, expresso em  $kWh/m^2.ano$ , e também apresentam as emissões anuais de  $CO_2$ , em  $kg CO_2/m^2.ano$  (CA EPBD, 2013).

A etiqueta apresenta o consumo total de energia final na edificação ( $MWh/ano$ ) e o indicador global de consumo para todos os sistemas analisados (aquecimento, resfriamento, aquecimento de água e iluminação – para edificações não residenciais), o indicador global é expresso em  $kWh/m^2.ano$ . Este consumo é relacionado a uma escala de eficiência apresentada na etiqueta. Não são definidas classes, e sim intervalos para os valores de consumo, os quais variam de 0 a 400  $kWh/m^2.ano$ , divididos de 50 em 50  $kWh/m^2.ano$ . O consumo é relacionado a cores, que variam de verde a vermelho nestes intervalos, e o consumo da edificação analisada é inserido na escala, evidenciando a distância da mesma entre os modelos com eficiência máxima e mínima (CA EPBD, 2013).





#### 4.35 Lituânia

Exigências quanto à eficiência energética das edificações tornaram-se obrigatórias em 2007. As novas edificações devem obter, no mínimo, nível C de eficiência. Para as edificações existentes não há exigência mínima de classe de eficiência. Com exceção àquelas que possuem área aquecida superior a 1000 m<sup>2</sup>, pois, neste caso, exige-se nível D após grandes reformas. Entretanto, mesmo sem obrigação de cumprir os requisitos de certo nível de eficiência, em caso de venda, aluguel ou grandes reformas, o processo de etiquetagem é obrigatório em todos os edifícios (CA EPBD, 2013).

O foco principal da etiquetagem na Lituânia é o consumo energético dos sistemas de aquecimento das edificações, tanto que o resfriamento ainda não foi integrado nos cálculos de desempenho energético. O consumo pela ventilação é considerado no verão. O desempenho energético das edificações é calculado com o auxílio de um programa computacional fornecido pelos Ministérios do Meio Ambiente e de Economia. Nele, após inseridos os dados de entrada, o cálculo do desempenho é realizado pelo programa, e o resultado é expresso em kWh/m<sup>2</sup>.ano de energia final e utilizado no processo de etiquetagem (CA EPBD, 2013).

A etiqueta classifica as edificações em nove níveis de eficiência energética: A++, A+, A, B, C, D, E, F e G. Que variam de mais eficiente (A++), indicando edificações com consumo energético próximo de zero, a menos eficiente (G).

#### 4.36 Luxemburgo

De acordo com CA EPBD (2013), a obrigatoriedade da etiquetagem em Luxemburgo foi implementada em 2008 para edificações residenciais e em 2011 para as não residenciais. A norma apresenta uma metodologia para o cálculo do desempenho energético das edificações, os requisitos mínimos para novas edificações e para as existentes que sofrerem grandes reformas e o modelo de



etiqueta de eficiência energética. As exigências são separadas em dois tópicos: edifícios residenciais e não residenciais.

No caso dos residenciais, tanto novos quanto existentes, o cálculo considera o consumo energético para aquecimento, aquecimento de água e ventilação. Com isso, é obtido o consumo global de energia primária, bem como os usos de energia final e emissões de CO<sub>2</sub>. No caso das edificações não residenciais, os resultados são expressos da mesma maneira, considerando o consumo de energia primária e final. Entretanto, nesse caso também são considerados os consumos dos sistemas de iluminação e resfriamento (CA EPBD, 2013).

A principal diferença entre a certificação das edificações residenciais e não residenciais é que, no primeiro caso, elas são avaliadas de acordo com o consumo da própria edificação e, no segundo, são classificadas de acordo com o consumo de um modelo com características similares às do edifício etiquetado. As edificações residenciais devem respeitar limites de consumo estabelecidos para cada classe. Esses limites são fornecidos para dois casos: (1) o consumo total de energia primária, e (2) o consumo de energia para aquecimento das edificações. Em ambos os casos, as edificações são divididas em residências unifamiliares e multifamiliares, como mostra a Tabela 22. No caso das edificações não residenciais, os limites são estabelecidos por intermédio da comparação entre o consumo do edifício avaliado e do modelo virtual com características semelhantes. Assim, as classes são definidas de acordo com a porcentagem que o consumo da edificação real representa em relação ao da virtual. A Tabela 23 mostra as porcentagens exigidas em cada classe de eficiência energética (CA EPBD, 2013).

Tabela 22 – Limites de consumo energético por classes de eficiência para edificações residenciais.

Classes	Consumo (kWh/m <sup>2</sup> .ano)			
	Consumo total de energia primária na edificação		Consumo energético do sistema de aquecimento	
	Edificações multifamiliares	Edificações unifamiliares	Edificações multifamiliares	Edificações unifamiliares
A	≤ 45	≤ 45	≤ 14	≤ 22
B	≤ 75	≤ 95	≤ 27	≤ 43

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).



Tabela 22 – Limites de consumo energético por classes de eficiência para edificações residenciais (continuação).

Classes	Consumo (kWh/m <sup>2</sup> .ano)			
	Consumo total de energia primária na edificação		Consumo energético do sistema de aquecimento	
	Edificações multifamiliares	Edificações unifamiliares	Edificações multifamiliares	Edificações unifamiliares
C	≤ 85	≤ 125	≤ 43	≤ 69
D	≤ 100	≤ 145	≤ 54	≤ 86
E	≤ 155	≤ 210	≤ 85	≤ 130
F	≤ 225	≤ 295	≤ 115	≤ 170
G	≤ 280	≤ 395	≤ 150	≤ 230
H	≤ 355	≤ 530	≤ 185	≤ 295
I	> 355	> 530	> 185	> 295

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

Tabela 23 – Limites estabelecidos em porcentagem de consumo de energia primária dos edifícios não residenciais em relação a modelos virtuais com características semelhantes.

Classe	Porcentagem de consumo de energia primária
A	≤ 55%
B	≤ 70%
C	≤ 85%
D	≤ 100%
E	≤ 150%
F	≤ 200%
G	≤ 300%
H	≤ 400%
I	> 400%

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

As etiquetas de edificações residenciais e não residenciais diferem-se na abordagem dos resultados. Embora ambas avaliem o consumo de energia primária em kWh/m<sup>2</sup>.ano, as não residenciais trazem uma escala da porcentagem que o



consumo representa em relação ao do modelo semelhante analisado. Nos dois tipos de etiqueta, a edificação é inserida em um nível de eficiência energética e os limites são apresentados. Isto é, a edificação é inserida em um nível e os limites superior e inferior do nível são mostrados, tornando claro quão próximo dos níveis superior e inferior (caso existam) está a edificação. A classificação é realizada utilizando escala alfabética, que varia de A a I, níveis de máxima e mínima eficiência, respectivamente, associados a cores que variam de verde a vermelho.

#### **4.37 Malásia**

Na Malásia existe uma iniciativa de classificar os edifícios de acordo com o desempenho ambiental do mesmo, conhecido como “*Green Building Index*”. Para isso, são considerados os seguintes tópicos na avaliação: eficiência energética; qualidade do ambiente interno; planejamento e gestão sustentável; materiais empregados; eficiência no uso de água; e inovações (UNEP, 2011).

Em cada uma das subdivisões, são considerados alguns fatores que impactam no desempenho ambiental da edificação avaliada. No quesito eficiência energética, por exemplo, considera-se a otimização do consumo energético com estratégias como definição da melhor orientação, redução dos ganhos solares e integração de luz natural à artificial nos ambientes construídos. A norma faz referência ao uso de fontes renováveis de energia, e à manutenção dos níveis de conforto durante o uso dos edifícios (UNEP, 2011).

De acordo com UNEP (2011), cada um dos tópicos avaliados para obtenção do índice do edifício está relacionado a uma pontuação e, de acordo com a nota obtida, o mesmo é classificado em uma das categorias existentes, como mostra a Tabela 24. A etiqueta final não apresenta o consumo do edifício, afinal este não é o único interesse da certificação. Entretanto, para avaliar o tópico eficiência energética, considera-se o consumo de energia final.



Tabela 24 – Relação entre a pontuação e a classificação obtida.

Pontuação (P)	Classificação
$P \geq 86$	Platina
$76 \leq P < 86$	Ouro
$66 \leq P < 76$	Prata
$50 \leq P < 66$	Certificado

Fonte: Adaptado de Green Building Index (2013).

Os edifícios são avaliados em duas categorias: residenciais e não residenciais. Os pontos com maior peso variam entre elas. Na categoria dos não residenciais, a norma considera fábricas, escritórios, hospitais, universidades, escolas, hotéis e complexos comerciais. Nesses casos, os tópicos da avaliação com maior peso na pontuação final são a eficiência energética e a qualidade do ambiente interior. Para as edificações residenciais (casas, apartamentos, condomínios e casas geminadas), os tópicos de maior importância são planejamento e gestão sustentável e eficiência energética (UNEP, 2011). A Tabela 25 mostra as variações na pontuação máxima obtida em cada tópico avaliado para as diferentes categorias de edificações.

Tabela 25 – Pontuação máxima obtida em cada tópico avaliado nas diferentes categorias de edificação.

Tópicos avaliados	Edificações não residenciais	Edificações residenciais
Eficiência energética	35	23
Qualidade do ambiente interno	21	11
Planejamento e gestão sustentável	16	39
Materiais empregados	11	9
Eficiência no uso de água	10	12
Inovações	7	6
Total máximo	100	100

Fonte: Adaptado de Green Building Index (2013).



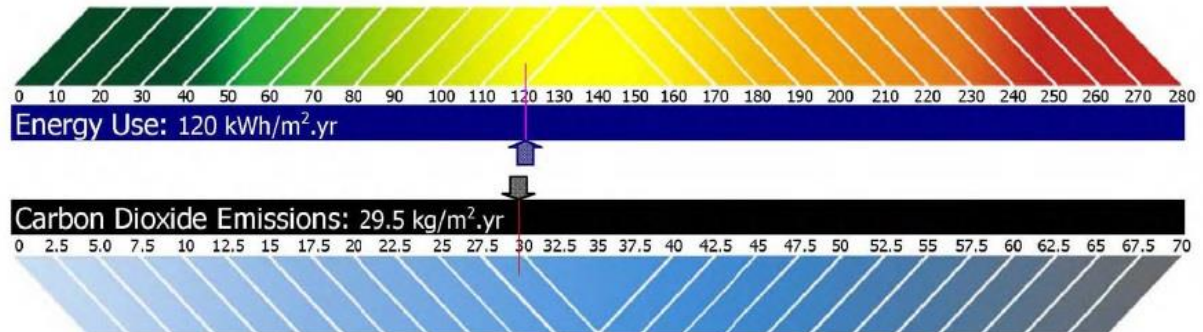
#### 4.38 Malta

A primeira versão da legislação que regulamenta a etiquetagem de edificações maltesas foi lançada em 2006. Atualmente, a legislação apresenta divisões para certificar edificações residenciais e não residenciais. No primeiro caso, a metodologia considera os sistemas de aquecimento, resfriamento, aquecimento de água, iluminação e ventilação. O consumo é apresentado em termos de energia final e energia primária, além da consideração quanto às emissões de CO<sub>2</sub>. Para certificar as edificações não residenciais, os requisitos são os mesmos já citados, entretanto, não se avalia diretamente o consumo da edificação analisada, mas sim a relação entre seu consumo e o de um modelo virtual com características semelhantes. O modelo apresenta orientação e características da envoltória idênticas às do edifício real, e características dos sistemas analisados e de parâmetros relacionados ao desempenho térmico são considerados como as exigências mínimas apresentadas nos documentos oficiais (CA EPBD, 2013).

A etiqueta não considera classes alfabéticas. A classificação consiste em inserir o edifício avaliado em uma escala que relaciona cores à variação de consumo de energia primária. Esta escala possui intervalos de 10 em 10 kWh/m<sup>2</sup>.ano, e amplitude de 0 a 280 kWh/m<sup>2</sup>.ano, e está relacionada a cores, que vão de verde a vermelho. Além do consumo energético, uma escala semelhante é fornecida para as emissões de CO<sub>2</sub>, que são expressas em kg/m<sup>2</sup>.ano. A Figura 6 apresenta o modelo de classificação empregado. A seta inserida na escala representa o consumo de um edifício hipotético avaliado (PULIS, 2012).



Figura 6 – Escala empregada para classificar a eficiência energética das edificações.



Fonte: Pulis, 2012.

#### 4.39 México

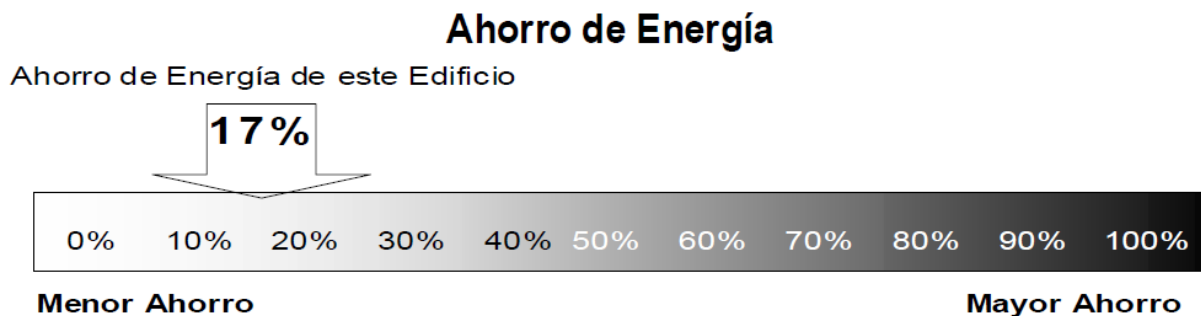
A normatização para eficiência energética das edificações mexicanas é bastante focada no desempenho térmico das mesmas, tendo em vista que, de acordo com CCNNPURRE (2001), a maior parcela de consumo energético é devida ao resfriamento dos edifícios durante as épocas de temperaturas mais elevadas, principalmente na zona norte e no litoral do país.

Os ganhos de calor por condução e radiação nos elementos da envoltória dos edifícios não residenciais são avaliados. Para isso, a metodologia de certificação consiste em comparar o ganho térmico do edifício certificado ao de um modelo de referência com volumetria, orientação e uso idênticos. Com esse resultado, a etiqueta é gerada apresentando a porcentagem de consumo do edifício real em relação ao modelo idealizado para comparação. Isto é, caso um edifício apresente ganho de calor idêntico ao do modelo de referência, obterá uma taxa de economia de 0% em sua etiqueta, enquanto um edifício hipotético com ganho térmico nulo, terá um certificado indicando 100% de economia em relação ao modelo. A Figura 7 mostra a escala empregada na etiquetagem de uma edificação cujos ganhos térmicos são 17% inferiores aos ganhos do modelo de referência (CCNNPURRE, 2001).





Figura 7 – Escala utilizada para classificar a economia obtida por menores ganhos térmicos.



Fonte: Adaptado de CCNNPURRE (2001).

No caso de edificações residenciais, o método aplicado na certificação energética é o mesmo das não residenciais. Entretanto, há uma norma específica para cada grupo. O que difere nos dois casos são os parâmetros considerados na elaboração do modelo de referência. Alguns parâmetros físicos como transmitância de elementos opacos na envoltória variam de uma norma para outra. Entretanto, as etiquetas são geradas com a mesma metodologia e apresentam a mesma escala de economia energética baseada no ganho de calor da edificação (CCNNPURRE, 2011).

Em 2014, o governo mexicano lançou uma norma para certificar os sistemas de iluminação das edificações não residenciais. Entretanto, assim como na classificação da envoltória, o método não considera o consumo energético e não define classes de eficiência. A certificação da envoltória consiste em determinar a densidade da potência de iluminação por unidade de área iluminada ( $W/m^2$ ). A norma estipula limites de densidade de potência de acordo com o uso da edificação, e os projetistas devem garantir sistemas de iluminação com potência igual ou menor aos limites estabelecidos em norma (CCNNPURRE, 2014).

#### 4.40 Noruega

Desde 2010, os requisitos de desempenho energético de edificações do EPBD foram implementados na Noruega. A intenção é que, até 2015, as novas edificações atinjam o nível passivo, e, em 2020, o nível “*Nearly Zero-Energy*





*Buildings (NZEB)*” seja alcançado. As limitações de consumo para esses níveis ainda estão em desenvolvimento. Há duas normas para isso, a NS 3700 para edificações residenciais, e a NS 3701 para as não residenciais. Ambas estipulam os valores que limitam o consumo de uma edificação passiva, porém esses níveis são provisórios e serão revisados na versão final da norma, prevista para 2015 (CA EPBD, 2013).

O método de etiquetagem norueguês apresenta duas maneiras para avaliar o desempenho energético das edificações. A primeira especifica valores máximos de consumo energético por área útil (kWh/m<sup>2</sup>.ano) para cada tipo de edificação, como mostra a Tabela 26. Nesse caso, são consideradas as recuperações de calor pelos sistemas de ventilação no envoltório das edificações. Quando este método é escolhido, alguns valores limites são dados para transmitâncias térmicas de coberturas, pisos e paredes, por exemplo, além das trocas de ar por hora. Em sua maioria, os valores valem para todos os tipos de edificações. O outro método de avaliação é mais completo, ele consiste em mensurar o consumo energético das edificações e compará-lo a um valor estimado para modelos de edificações com as mesmas características técnicas. Nesse caso, são considerados mais sistemas da edificação. Além da recuperação de calor e da ventilação, o método avalia a iluminação e o aquecimento de água, exigindo o uso de energias renováveis no sistema de aquecimento (CA EPBD, 2013).

Tabela 26 – Progresso das exigências de desempenho energético para edificações residenciais unifamiliares, apartamentos e edifícios comerciais na Noruega.

Requisito	1997	2007	2010
Necessidade de energia final (kWh/m <sup>2</sup> .ano)	-	Residências unifamiliares: 125 + 1,6/m <sup>2</sup> área de piso dos ambientes aquecidos	Residências unifamiliares: 120 + 1,6/m <sup>2</sup> área de piso dos ambientes aquecidos
		Apartamentos: 120	Apartamentos: 115
		Edificações comerciais: 165	Edificações comerciais: 150

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).



Tendo em vista o inverno rigoroso no país, as principais exigências estão relacionadas ao aquecimento das edificações. As edificações residenciais e não residenciais são divididas conforme sua área útil. As que possuem mais de 500 m<sup>2</sup> devem evitar o uso de energia elétrica e combustíveis fósseis em, pelo menos, 60% do necessário para o aquecimento interno e de água. As com menos de 500 m<sup>2</sup> apresentam a mesma exigência, mas com o percentual reduzido para 40%. Apesar disso, caso seja tecnicamente comprovado que é impossível atender tais exigências devido às condições locais, o requisito é desconsiderado. Edificações residenciais com menos de 50 m<sup>2</sup> de área útil e as que atendem aos requisitos na NS 3700 para casas passivas não são inclusas nessas exigências (CA EPBD, 2013).

A etiqueta norueguesa classifica as edificações em níveis de consumo energético, que variam de A a G. As edificações que atendem às exigências normativas, normalmente recebem nível C de eficiência energética, reservando os níveis A e B para edifícios que apresentam recursos superiores aos requisitos mínimos. Quando a intenção é obter os níveis máximos, a atenção principal é dada para os sistemas de aquecimento. Além disso, a etiqueta apresenta a quantidade de cada tipo de energia empregada nos sistemas de aquecimento e relaciona cores aos tipos mais usuais. A parcela de energia renovável apresenta a cor verde, enquanto o uso de energia elétrica ou de combustíveis fósseis é representado na cor vermelha (CA EPBD, 2013).

#### 4.41 Nova Zelândia

Baseando-se na experiência bem-sucedida da etiquetagem na Austrália (*National Australian Built Environment Rating System - NABERS*), o governo da Nova Zelândia optou por implementar, em 2013, um método de etiquetagem bastante parecido ao do país vizinho, que ficou conhecido como *NABERSNZ* (EECA, 2015).

O modelo adotado na certificação consiste em comparar o edifício a um modelo virtual com as mesmas características técnicas. Entretanto, no modelo virtual



são consideradas algumas características definidas em norma, como fator solar dos vidros e transmitâncias dos elementos da envoltória. Deste modo, são simulados os dois edifícios a fim de realizar comparações entre o consumo energético dos mesmos. São considerados os sistemas de iluminação, resfriamento, aquecimento e aquecimento de água na certificação. Em todos os casos, o consumo é analisado em termos de energia final (NZGBC, 2009).

A etiqueta do *NABERSNZ* certifica a edificação avaliada em uma escala que varia de zero a seis estrelas, relacionada aos níveis de eficiência energética da edificação. Quanto menor a quantidade de estrelas obtida, menor é a eficiência apresentada pelo edifício em relação ao modelo similar. De modo geral, a etiqueta transforma os dados de consumo energético, a maneira como o edifício é utilizado e sua relação com o clima no qual foi inserido em uma escala de estrelas (NABERSNZ, 2015).

#### 4.42 Polônia

A implementação das etiquetas de eficiência energética nas edificações polonesas teve início em 2009. A norma divide as edificações em cinco categorias: edificações unifamiliares, multifamiliares, edifícios residenciais coletivos (como hotéis), prédios públicos e comerciais. Para realizar a classificação, pode-se optar por um dos dois métodos disponíveis. O primeiro é prescritivo e consiste em avaliar se o edifício respeita as exigências para cada componente. O segundo avalia o desempenho energético através do consumo de energia primária. Ambos podem ser aplicados em edificações novas e em existentes que sofrerem grandes reformas (CA EPBD, 2013).

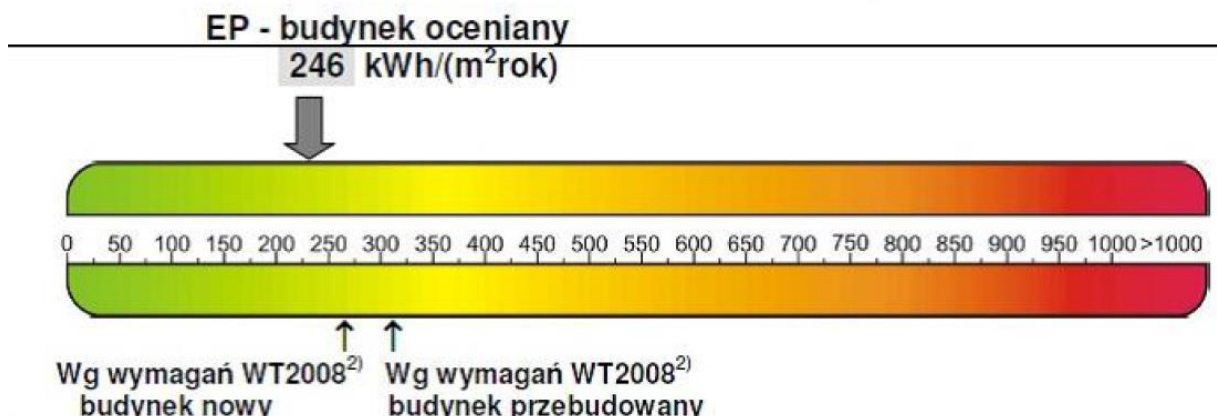
Para classificar um edifício, é calculado um coeficiente relacionado ao desempenho energético do mesmo, que permite inserir o edifício em uma das classes de eficiência. O cálculo é realizado de acordo com o fator de forma da edificação e seu uso. O regulamento apresenta diferentes maneiras para calcular



este coeficiente, variando conforme a categoria na qual o edifício está inserido (CA EPBD, 2013).

É calculada a energia final entregue para o edifício, e, com isso, são aplicados fatores de conversão para determinar o total de energia primária necessária no local. Dependendo desse consumo, a edificação é avaliada quanto a sua eficiência energética. Diferentemente da maioria dos países europeus, na Polônia a etiqueta não apresenta classes definidas por intervalos. Tem-se uma linha que apresenta os valores de consumo de energia primária, com intervalos de 50 kWh/m<sup>2</sup>.ano, relacionados a cores, que partem de verde para amarelo, laranja e vermelho, conforme mostra a Figura 8 (CA EPBD, 2013).

Figura 8 – Modelo de classificação da eficiência energética de edificações polonesas.



Fonte: CA EPBD, 2013.

#### 4.43 Portugal

Desde 1990 Portugal conta com regulamento referente ao comportamento térmico de edifícios. Entretanto, a partir de 2006, o lançamento do Decreto-Lei 78/2006 criou o Sistema Nacional de Certificação Energética de Edifícios (SCE), atual responsável por avaliar edificações e gerar etiquetas de desempenho energético, que são obrigatórias desde a criação do SCE (SANTOS, 2012).



A certificação energética é realizada usando como base um consumo de referência. O processo consiste em comparar o consumo do edifício avaliado e, então, definir em qual classe o mesmo será inserido. Estas variam de A+ até G. De acordo com Santos (2012), edificações cujo consumo for inferior a 25% do valor de referência obterão nível A+, bem como as excederem 300% da referência receberão selo G. Edifícios novos não podem apresentar consumos superiores a 100% do valor de referência, que é o limite para o nível B-. Portanto, desde 2006, todas as novas edificações portuguesas possuem nível de eficiência A+, A, B ou B-. Os únicos níveis que apresentam subdivisões são o A (A+) e o B (B-). Deste modo, cada etiqueta portuguesa apresenta características únicas, relacionadas ao funcionamento da edificação.

#### **4.44 Reino Unido**

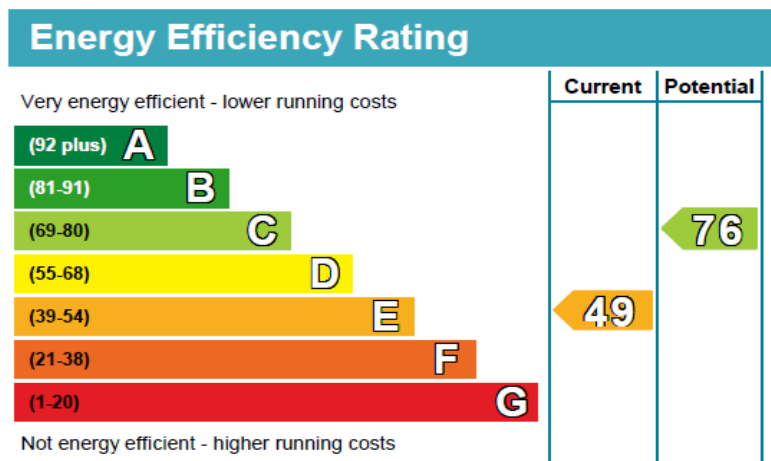
O Reino Unido, que consiste na Inglaterra, País de Gales, Escócia e Irlanda do Norte, apresenta normas distintas para classificar a eficiência energética das edificações.

##### **4.44.1 Inglaterra e País de Gales**

Na Inglaterra e no País de Gales o mesmo regulamento é aplicado. As edificações residenciais são classificadas em uma escala de eficiência que varia de A a G. Para determinar o nível de eficiência energética, o método de certificação leva em conta as características da edificação, os sistemas instalados e considera um perfil de ocupação normatizado, de acordo com a tipologia do edifício. O cálculo resulta em um número que está relacionado ao nível de eficiência energética e, quanto maior ele for, maior será a eficiência do edifício. Os indicadores de eficiência e suas respectivas classes correspondentes são apresentados na Figura 9, que é parte da etiqueta de desempenho energético das edificações.



Figura 9 – Classes de eficiência energética e seus respectivos indicadores numéricos de consumo para edificações residenciais.

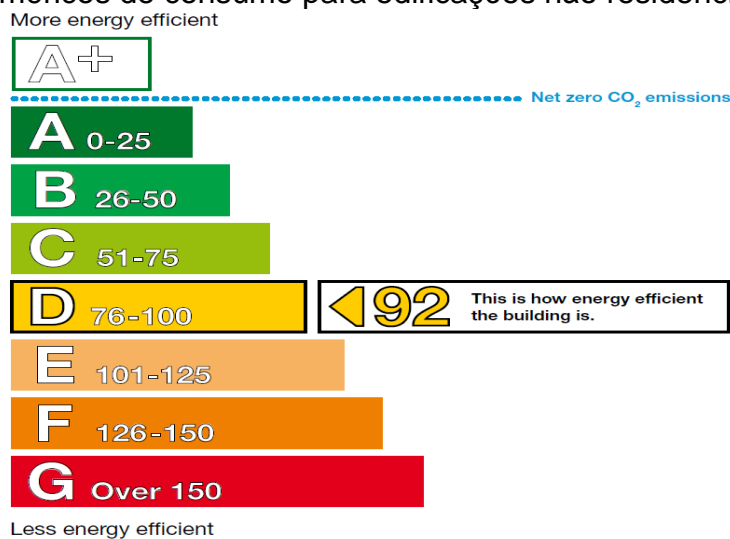


Fonte: United Kingdom, 2012.

A etiqueta não apresenta os valores do consumo energético, bem como as liberações de CO<sub>2</sub>.

As edificações não residenciais também são classificadas em uma escala numérica, mas estas são relacionadas a classes de consumo que variam de A+ a G. Além disso, diferentemente da certificação de edificações residenciais, as classes empregadas nesse caso consideram os indicadores maiores como os mais eficientes, como mostra a Figura 10 (CA EPBD, 2013).

Figura 10 - Classes de eficiência energética e seus respectivos indicadores numéricos de consumo para edificações não residenciais.

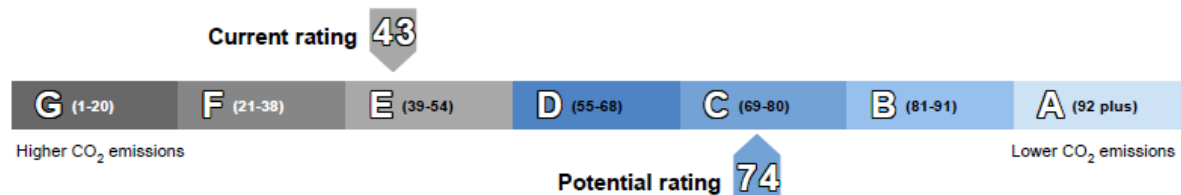


Adaptado de CA EPBD (2013).



O consumo anual de energia primária (kWh/m<sup>2</sup>.ano) aparece em formato de texto na etiqueta. Junto a ele, é apresentada uma tabela que classifica a eficiência das principais características da edificação (tanto os componentes da envoltória quanto os sistemas de aquecimento e iluminação, por exemplo). Essa classificação é realizada com estrelas, variando a quantidade (de 1 a 5) de maneira proporcional à eficiência. A emissão de CO<sub>2</sub> também é apresentada ao longo da etiqueta, combinando classes atribuídas a letras que variam de A a G e que relacionam-se a indicadores numéricos, conforme mostra a Figura 11. A emissão total de CO<sub>2</sub> (tCO<sub>2</sub>/ano) é apresentada em formato de texto.

Figura 11 – Classificação das emissões de CO<sub>2</sub> pelas edificações do Reino Unido.



Fonte: United Kingdom, 2012.

#### 4.44.2 Irlanda do Norte e Escócia

Apesar de possuírem normas próprias, a certificação na Irlanda do Norte e na Escócia não varia muito quando comparada à utilizada na Inglaterra e no País de Gales.

Na Irlanda do Norte, as edificações são classificadas com as mesmas escalas utilizadas na Inglaterra. A escala adotada para as não residências também possui uma classe a mais que a das residenciais, e ambas estão relacionadas aos mesmos indicadores numéricos de consumo. Entretanto, a etiqueta norte-irlandesa apresenta o consumo de energia primária (kWh/m<sup>2</sup>.ano) e a emissão de CO<sub>2</sub> (kg/m<sup>3</sup>.ano) já na primeira página (CA EPBD, 2013).





Na Escócia, a etiqueta também é bastante parecida com a da Inglaterra, inclusive as escalas (variando de A a G) relacionadas a indicadores numéricos. Entretanto, o consumo de energia primária é mostrado na primeira página, e a figura esquemática das classes de consumo também é realizada para classe de emissão de CO<sub>2</sub>. O consumo energético é apresentado em kWh/m<sup>2</sup>.ano (CA EPBD, 2013).

#### 4.45 República Tcheca

A República Tcheca possui uma metodologia para classificar a eficiência energética da envoltória das edificações desde 2001. Atualmente, o sistema é mais completo e avalia o total de energia consumida com aquecimento, resfriamento, aquecimento de água, ventilação mecânica e iluminação. A classificação insere as edificações em níveis de eficiência que variam de A a G, máximo e mínimo de eficiência energética, respectivamente. Os níveis também apresentam o consumo final de energia em kWh/m<sup>2</sup>.ano. A regulamentação estipula limites de consumo para os níveis de eficiência em cada tipologia de edificação, conforme ilustra a Tabela 27 (para os níveis A, B e C), e a Tabela 28 (para os níveis D, E, F e G). Além disso, exige que as novas edificações e as que passarão por grandes reformas obtenham, no mínimo, nível C (CA EPBD, 2013).

Tabela 27 – Limites de energia total entregue por tipologia de edificação na República Tcheca.

Tipo de edificação	Limites de energia total entregue (em kWh/m <sup>2</sup> .ano) para cada nível de eficiência energética		
	A	B	C
Residências Unifamiliares	< 51	51 – 97	98 – 142
Residências Multifamiliares	< 43	43 – 82	83 – 120
Hotéis e Restaurantes	< 102	102 – 200	201 – 294

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).





Tabela 27 – Limites de energia total entregue por tipologia de edificação na República Tcheca (continuação).

Tipo de edificação	Limites de energia total entregue (em kWh/m <sup>2</sup> .ano) para cada nível de eficiência energética		
	A	B	C
Edifícios Administrativos	< 62	62 – 123	124 – 179
Hospitais	< 109	109 – 210	211 – 310
Edifícios de Ensino	< 47	47 – 89	90 – 130
Instalações Desportivas	< 53	53 – 102	103 – 145
Edifícios destinados a comércio de atacado	< 67	67 – 121	122 – 183

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

Tabela 28 – Limites de energia total entregue por tipologia de edificação na República Tcheca para os níveis D, E, F e G.

Tipo de edificação	Limites de energia total entregue (em kWh/m <sup>2</sup> .ano) para cada nível de eficiência energética			
	D	E	F	G
Residências Unifamiliares	143 – 191	192 – 240	241 – 286	>286
Residências Multifamiliares	121 – 162	163 – 205	206 – 245	>245
Hotéis e Restaurantes	295 – 389	390 – 488	489 – 590	>590
Edifícios Administrativos	180 – 236	237 – 293	294 – 345	>345
Hospitais	311 – 415	416 – 520	521 – 625	>625
Edifícios de Ensino	131 – 174	175 – 220	221 – 265	>265
Instalações Desportivas	146 – 194	195 – 245	246 – 297	>297
Edifícios destinados a comércio de atacado	184 – 241	242 – 300	301 – 362	>362

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).



A classificação na República Tcheca insere as edificações em níveis pré-definidos. Diferentemente de outros países da União Europeia, as edificações são generalizadas, e não são realizadas comparações com modelos idênticos à edificação que está sendo classificada. De acordo com Pejter e Gebauer (2010), outra variação às normas vizinhas é a consideração da energia total entregue, ao invés da energia primária. Com isso, fatores de conversão para determinar a emissão de CO<sub>2</sub> também não são apresentados pelas normas.

#### **4.46 Romênia**

A legislação romena prevê exigências ligadas ao desempenho térmico e energético das novas edificações. Quanto ao desempenho térmico, são estabelecidos limites mínimos para o isolamento térmico da envoltória. Nos requisitos energéticos, a norma fornece valores máximos de consumo para aquecimento das edificações, em termos de consumo de energia final por volume aquecido (kWh/m<sup>3</sup>.ano).

A etiqueta considera o consumo energético para o aquecimento, resfriamento, ventilação, aquecimento de água e iluminação. O consumo é apresentado em termos de energia final para cada um dos sistemas, e de maneira global, isto é, a etiqueta apresenta o consumo pontual em cada sistema avaliado, e a junção de todos de modo a apresentar o consumo total. De acordo com o consumo global, que considera a necessidade de energia final em kWh/m<sup>2</sup>.ano, as edificações são inseridas em uma das sete classes, que variam de A a G, máxima e mínima eficiência energética, respectivamente. A etiqueta apresenta uma escala com os níveis de eficiência para cada sistema avaliado, e mostra o ponto em que se encontra o sistema do edifício analisado, bem como uma escala final, que mostra o consumo do edifício como um todo (CA EPBD, 2013).



#### 4.47 Rússia

De acordo com o Ministério do Desenvolvimento Regional, as etiquetas de eficiência energética são aplicáveis a todas as novas edificações e as que forem submetidas a grandes reformas. As classes variam de A++ a E, sendo A++ o nível máximo de eficiência e E o mínimo. As classes mais eficientes (A, B e C) apresentam subdivisões. A Tabela 29 mostra a relação entre os níveis de eficiência e o consumo das edificações quando comparadas a um modelo que cumpre as exigências estabelecidas por norma. Quando um edifício é classificado no nível E, exige-se que seja previsto um *retrofit* a fim de aumentar seu desempenho energético urgentemente (FEDERATION OF FINNISH TECHNOLOGY INDUSTRIES, 2014).

Tabela 29 – Relação entre as classes de eficiência energética e seu impacto no consumo energético de edificações quando comparados a modelos de referência.

Classe	Subdivisão das classes	Consumo em relação ao modelo simulado
A++	Muito alta	Redução superior a 60%
A+		Redução entre 50 e 60%
A		Redução entre 40 e 50%
B+	Alta	Redução entre 30 e 40%
B		Redução entre 16 e 30%
C+	Normal	Redução entre 5 e 15%
C		Entre 5% de redução e 5% de acréscimo
C -	Normal	Acréscimo entre 5 e 15%
D	Baixa	Acréscimo entre 5 e 50%
E	Muito baixa	Acréscimo superior a 50%

Fonte: Adaptado de Fedotova (2013).



A norma estabelece níveis mínimos a serem cumpridos nas novas edificações. De 2011 a 2015, a classe mínima exigida é C+, que corresponde à economia de, pelo menos, 15% em relação a uma edificação de referência simulada. De 2016 a 2020, serão permitidas apenas edificações com nível B de eficiência, resultando em diminuições de consumo na ordem de 30% em relação a modelos de referência. A meta principal é que, a partir de 2020, apenas edificações inseridas na classe A de eficiência energética sejam construídas na Rússia, o que significaria decréscimos de 40% no consumo energético das edificações. Além disso, estão previstas reduções crescentes nos limites de transmitância térmica de janelas e consumo de água nas edificações (FEDOTOVA, 2013).

As categorias de eficiência energética das edificações são estabelecidas de acordo com o desempenho energético da edificação durante o período do ano em que aquecimento interno é necessário. No sistema de certificação russo, são avaliados os seguintes componentes da edificação: envoltória, sistema de aquecimento, sistema de resfriamento, sistema de condicionamento de ar e ventilação, iluminação e outros equipamentos elétricos utilizados (FEDOTOVA, 2013).

#### **4.48 Singapura**

A classificação da eficiência energética é obrigatória para todas as novas edificações, residenciais e não residenciais, com área total superior a 2000 m<sup>2</sup>. São apresentados alguns requisitos obrigatórios para as duas categorias de edificações, entre eles estão os níveis de transmitância térmica dos elementos da envoltória e a eficiência nos sistemas de resfriamento e iluminação. O método avalia os edifícios quanto ao seu desempenho energético e ambiental (GBPN, 2013).

No geral, a norma de Singapura é dividida em duas partes. A primeira delas avalia requisitos relacionados à eficiência energética das edificações, e a segunda,



de menor peso, classifica o desempenho ambiental das mesmas. Quanto melhor as exigências forem atendidas, maiores serão as pontuações alcançadas. Ao todo, para que um selo seja obtido, são necessários, no mínimo, 50 pontos, sendo 30 deles provenientes das considerações a respeito do desempenho energético, e os outros 20 relacionados ao desempenho ambiental do edifício. Os requisitos de eficiência energética consideram o desempenho térmico do edifício, o sistema de condicionamento de ar, ventilação e iluminação naturais, iluminação artificial, elevadores e escadas rolantes, e uso de energias renováveis (BCA, 2013).

Cada um dos subitens avaliados nos dois grandes grupos da certificação possui uma pontuação máxima que pode ser obtida de acordo com o cumprimento ou não das exigências. Deste modo, a certificação consiste em determinar as pontuações obtidas para cada critério e inserir a edificação em uma das quatro categorias existentes, apresentadas na Tabela 30 (BCA, 2013).

Tabela 30 – Pontuação necessária para cada classe na certificação de Singapura e período de *payback* estimado pela norma.

<b>Classes</b>	<b>Pontuação necessária</b>	<b><i>Payback</i> estimado</b>
Platina	90 ou mais	2 – 8 anos
Ouro +	85 – 89	2 – 6 anos
Ouro	75 – 84	2 – 6 anos
Certificado	50 – 74	2 – 5 anos

Fonte: Adaptado de BCA (2013).

#### 4.49 Suécia

O regulamento sueco para desempenho energético de edificações refere-se aos edifícios residenciais e não residenciais. Para tanto, o país é dividido em três zonas, que servem de base para determinar os valores exigidos para aquecimento, tanto por energia elétrica, quanto por outras fontes energéticas. Além do



aquecimento, o consumo dos sistemas de resfriamento, aquecimento de água e o total de energia auxiliar são somados e divididos pela área aquecida (10°C). Os regulamentos delimitam os valores máximos de transmitância térmica para cada elemento construtivo da envoltória, bem como a potência máxima de aquecedores elétricos instalados, conforme a zona bioclimática em que a edificação está inserida. Esses limites são distintos para edifícios residenciais e não residenciais. As edificações que apresentam diferentes funções têm seu desempenho energético avaliado conforme a porcentagem de área aquecida para cada tipo de uso (CA EPBD, 2013).

Os níveis de eficiência energética das edificações suecas eram apresentados através de indicadores numéricos relacionados ao consumo energético. Entretanto, visando atender aos interesses dos consumidores e adequar-se aos demais modelos europeus, o órgão responsável propôs a criação de classes de eficiência que variam de A a G, e cores de verde a vermelho. Nesse caso, a determinação das classes é realizada por comparação entre o consumo energético da edificação avaliada e o consumo de uma edificação com as mesmas características que respeitam todos os requisitos mínimos impostos pela norma. Conforme a relação entre os consumos, a edificação é inserida em uma classe correspondente ao seu desempenho, como mostra a Tabela 31 (CA EPBD, 2013).

Tabela 31 – Exigências de consumo energético para os diferentes níveis propostos.

<b>Classe</b>	<b>Exigência</b>
A	< 51% do exigido para novas edificações
B	Entre 51 e 75% do exigido
C	Entre 76 e 100% do exigido
D	Entre 101 e 125% do exigido
E	Entre 126 e 150% do exigido
F	Entre 151 e 175% do exigido
G	> 175% do exigido

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).



#### 4.50 Taiwan

O sistema de avaliação de desempenho ambiental das edificações em Taiwan é dividido em quatro categorias: ecologia, economia de energia, redução de desperdício e saúde no ambiente construído. São considerados critérios distintos em cada uma das categorias, sendo avaliados nove itens. A Tabela 32 mostra quais são os indicadores analisados em cada uma das categorias e seus itens de avaliação (ABRI, 2013).

Tabela 32 – Sistema de avaliação de desempenho ambiental das edificações no Taiwan.

<b>Categoria</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Itens avaliados</b>
Ecologia	Biodiversidade	Ecosistemas do solo, diversidade vegetal, habitat biológico
	Vegetação	Absorção de CO <sub>2</sub> (kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .40anos))
	Teor de água no local	Infiltração e retenção de água no solo, gestão de águas pluviais
Economia de energia	Economia de energia diária (pré-requisito)	Projeto de envoltória pelo menos 20% mais eficiente que o padronizado, e outros sistemas (condicionamento de ar, iluminação)
Redução de desperdício	Redução de emissão de CO <sub>2</sub>	Emissão de CO <sub>2</sub> dos materiais de construção (kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )
	Redução dos desperdícios na construção	Resíduos de construção e demolição e utilização de materiais reciclados
Saúde no ambiente construído	Ambiente interno	Considerações sobre o ambiente acústico e visual e as condições de ventilação no interior do edifício
	Conservação de água (pré-requisito)	Uso e reuso de água (L/pessoa)
	Melhoria na coleta de lixo e tratamento de efluentes	Canalização de esgoto, condições sanitárias para coleta de lixo e compostagem

Fonte: ABRI, 2013.



Após avaliados todos os critérios de certificação, o edifício é inserido em uma das classes de desempenho, que variam entre “Certificado”, “Bronze”, “Prata”, “Ouro” e “Diamante”. As certificações são divididas em duas classes: o certificado de candidatura à construção ecológica e a etiqueta de construção ecológica. O certificado de candidatura é válido para projetos de edificações que apresentem estratégias de desempenho ambiental. A certificação é garantida para edificações que respeitem, no mínimo, quatro dos itens avaliados. Sendo economia de energia diária e conservação de água itens obrigatórios. Isto é, é necessário respeitar as exigências desses dois itens e de outros dois quaisquer. Respeitando o mínimo de quatro itens, a edificação obtém o nível “Certificado” quanto ao desempenho ambiental. Quanto mais itens avaliados respeitarem as exigências, maior será o nível de desempenho ambiental obtido (ABRI, 2013).

A avaliação é realizada em comparação a modelos com características semelhantes ao edifício avaliado. De acordo com ABRI (2013), a economia de energia é considerada suficiente quando comprovada ser, pelo menos, igual a 20%, e a redução no consumo de água deve ser de, no mínimo, 30% para que as exigências sejam respeitadas. Na avaliação energética, são considerados os valores de energia final dos modelos. A etiqueta gerada mostra a classe de desempenho ambiental em que o edifício foi inserido considerando todos os itens que influenciam na certificação.

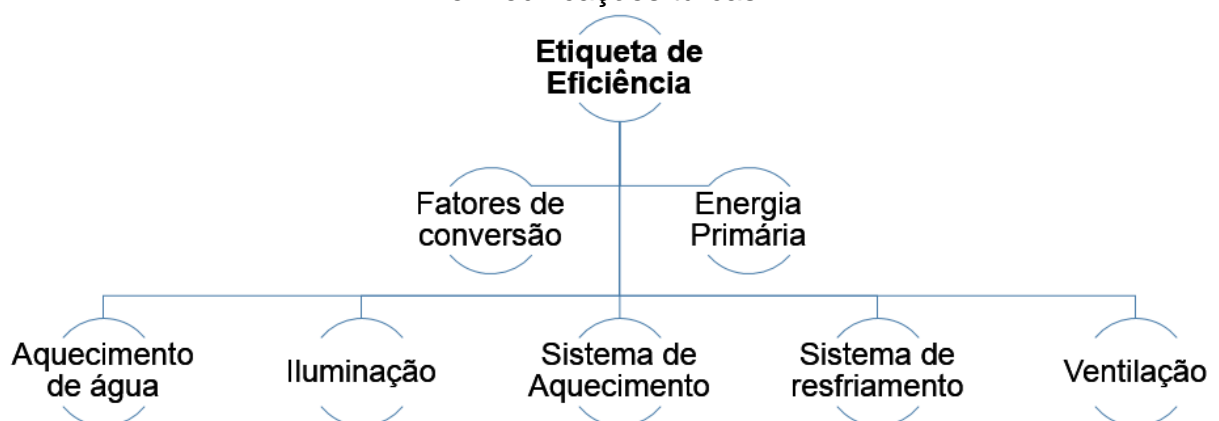
#### **4.51 Turquia**

Na Turquia, os critérios de eficiência energética em edificações vêm sendo implementados desde 2008, quando foi lançado o Regulamento de Desempenho Energético de Edificações. No sistema turco, os edifícios são classificados considerando dois critérios: consumo energético global e emissão de CO<sub>2</sub>. O método de cálculo de desempenho energético é aplicado em edificações residenciais, comerciais, hospitalares, educacionais, shoppings e hotéis. Em todos os casos, pode-se avaliar edifícios novos ou em uso (KOBAS; YILMAZ, 2010).



De acordo com Kobas e Yilmaz (2010), o desempenho energético dos edifícios é calculado considerando o consumo de energia final para os sistemas de aquecimento e resfriamento, o consumo total de energia, considerando as perdas nos sistemas instalados, consumo energético para ventilação, iluminação e aquecimento de água. Ao fim, todos os consumos são relacionados e é gerado um resultado de consumo de energia primária, considerando fatores de conversão. A Figura 12 esquematiza a classificação de eficiência energética nas edificações turcas e expõe que, após avaliar os sistemas relacionados ao consumo energético, o mesmo é ponderado a fim de determinar o consumo de energia primária para obtenção da etiqueta de eficiência energética.

Figura 12 – Esquema de considerações para etiquetagem de eficiência energética em edificações turcas.



Fonte: Adaptado de Kobas e Yilmaz (2010).

A etiqueta turca apresenta classes de eficiência energética que variam de A a G, máximo e mínimo de eficiência energética, respectivamente, associadas a uma escala de cores que varia de verde (para o nível A) até vermelho (para o G). O consumo energético também é quantificado na etiqueta, sendo expresso em kWh/m<sup>2</sup>.ano. Além do desempenho energético, a emissão de CO<sub>2</sub> também é avaliada em uma escala alfabética que vai de A a G, associada a cores em escala de cinza. A emissão de CO<sub>2</sub> é avaliada em kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.ano (EKOMIM, 2010).



## 5 FATORES DE CONVERSÃO PARA ENERGIA PRIMÁRIA

Diversos países optam por apresentar os consumos energéticos das edificações avaliadas em termos de energia primária. Para isso, são empregados fatores adimensionais para converter os dados de energia final em energia primária. Tais fatores são obtidos de acordo com a realidade local.

Neste tópico, são apresentados alguns fatores de conversão de energia final em energia primária empregados nas normas dos seguintes países: Alemanha, Espanha, Estônia, Dinamarca, Finlândia, Grécia, Irlanda, Polônia e Portugal.

### 5.1 Alemanha

Na Alemanha os fatores de conversão são aplicados em fontes energéticas não renováveis. No caso da eletricidade produzida por fontes renováveis diretamente conectadas às edificações, a energia gerada pode ser desconsiderada da demanda energética total (MOLENBROEK; STRICKER; BOERMANS, 2011).

Molenbroek, Struicker e Boermans (2011) apresentam o decréscimo dos fatores aplicados na conversão de eletricidade em energia primária. De acordo com os autores, o fator foi reduzido de 3,00 (em 2002) para 2,70 (e, 2007) e, em 2009, reduzido para 2,60. Isso se deve à implementação constante de energias renováveis na matriz energética alemã. A expectativa é que, até 2020, o fator chegue a 1,80. Além disso, também é apresentado o fator de conversão para energia nuclear, que é 3,00.

### 5.2 Espanha

As normas estipulam valores mínimos de contribuição solar para o aquecimento de água e contribuição fotovoltaica para as instalações elétricas. Para o cálculo do consumo, são empregados fatores de conversão da energia final em



energia primária, precedentes de fontes não renováveis, como mostra a Tabela 33. O procedimento consiste em mensurar a emissão anual de CO<sub>2</sub> (kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.ano) e o consumo de energia primária em kWh/m<sup>2</sup>.ano (MINISTERIO DE FOMENTO, 2013).

Tabela 33 - Fatores de conversão de energia primária empregados na certificação espanhola.

Fontes energéticas	Coefficiente de conversão
Carvão (uso doméstico)	1,000
Gás liquefeito de petróleo	1,081
Diesel	1,081
Gás natural	1,011
Biomassa e biocombustíveis	1,000
Eletricidade	2,603

Fonte: Adaptado de Molenbroek; Struicker; Boermans (2011).

### 5.3 Estônia

Na Estônia, as exigências quanto à eficiência energética de edificações foram lançadas em 2008. É calculado o consumo energético referente à iluminação, aquecimento, aquecimento de água, resfriamento, ventilação e aparelhos eletrodomésticos. Inicialmente, o consumo é calculado em termos de energia final, entretanto, os resultados são apresentados em termos de energia primária. Para isso, o método inclui ponderação do consumo de acordo com a fonte energética empregada. Os fatores de ponderação aplicados na Estônia são apresentados na Tabela 34.

Tabela 34 – Fatores de ponderação empregados na Estônia.

Tipo de energia	Fator de ponderação
Energia renovável	0,75
Aquecimento distrital	0,90
Combustíveis fósseis	1,00
Eletricidade	2,00

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2012).



## 5.4 Dinamarca

A certificação de eficiência energética em edificações dinamarquesas é obrigatória desde 2011. Na certificação, avalia-se a energia primária necessária para aquecimento, ventilação, resfriamento, aquecimento de água e, quando apropriado, iluminação. De acordo com os consumos energéticos, a norma insere as edificações nas classes de eficiência energética existentes. Para isso, a energia primária é calculada aplicando fatores de ponderação, apresentados na Tabela 35, aos consumos calculados de energia final.

Tabela 35 – Fatores de conversão empregados na norma dinamarquesa (energia primária/energia final).

<b>Energia final empregada</b>	<b>2006</b>	<b>BR10</b>	<b>Low-energy 2015</b>	<b>Building Class 2020</b>
Aquecimento distrital	1,0	1,0	0,8	0,6
Combustíveis fósseis	1,0	1,0	1,0	1,0
Biocombustíveis	1,0	1,0	1,0	1,0
Eletricidade	2,5	2,5	2,5	1,8

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2012).

## 5.5 Finlândia

A etiqueta finlandesa é obrigatória para edificações novas e existentes e a inserção das mesmas nos níveis de eficiência possíveis varia conforme o desempenho energético do edifício avaliado. Os níveis estão relacionados ao consumo de energia primária, que é calculado e ponderado, de acordo com a fonte energética, com fatores apresentados na regulamentação nacional, conforme mostra a Tabela 36 (CA EPBD, 2013).



Tabela 36 – Fatores de ponderação para o cálculo do consumo energético total de edificações finlandesas.

Fonte Energética	Fator de Ponderação
Combustíveis fósseis	1,00
Eletricidade	1,70
Aquecimento distrital	0,70
Arrefecimento distrital	0,40
Combustíveis renováveis	0,50

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

## 5.6 Grécia

Na Grécia, o consumo de energia primário é determinado com um programa computacional desenvolvido para auxiliar no processo de etiquetagem, o *TEE-KENAK*. O responsável lança os *inputs* necessários para conhecer o consumo, que pode ser apresentado conforme suas fontes. A conversão em energia final é realizada no próprio programa, que possui os fatores de conversão pré-determinados de acordo com a fonte energética empregada (NOA, 2012).

## 5.7 Irlanda

O órgão que regulamenta as energias renováveis na Irlanda (*SEAI – Sustainable Energy Authority of Ireland*) estabelece valores para os coeficientes de ponderação de energia final para energia primária requerida conforme a fonte avaliada. A Tabela 37 mostra os fatores de ponderação utilizados nas conversões de energia final para primária na Irlanda.



Tabela 37 – Fatores de conversão de energia final para energia primária estabelecidos na Irlanda.

Fonte energética	Coefficiente de ponderação
Eletricidade	2,18
Gás natural	1,10
Gás liquefeito de petróleo	1,10
Energia solar	1,00

Fonte: SEAI, 2014.

## 5.8 Polônia

Na Polônia os fatores de conversão de energia final em energia primária foram estabelecidos pelo Ministério de Infraestrutura e são apresentados na Tabela 38.

Tabela 38 – Fatores de conversão utilizados nos cálculos poloneses.

Tipos de energia		Fator de conversão
Combustível/fonte energética	Gás natural	1,10
	Carvão mineral	1,10
	Biomassa	0,20
	Aquecimento solar	0,00
Cogeração	Fóssil	0,80
	Biogás e biomassa	0,15
Aquecimento distrital	Carvão	1,30
	Gás ou óleo	1,20
	Biomassa	0,20
Energia elétrica	Fornecimento público	3,00
	Fotovoltaica	0,70

Fonte: Adaptado de Molenbroek; Stricker; Boermans (2011).



## 5.9 Portugal

A etiqueta do sistema de certificação português apresenta alguns esclarecimentos a respeito dos indicadores de desempenho, que são divididos em necessidade de energia primária para climatização e águas quentes e emissões anuais de gases de efeito estufa. Na etiqueta, os indicadores que envolvem energia primária são calculados em  $\text{kgep/m}^2\cdot\text{ano}$  (quilograma equivalente de petróleo por unidade de área útil do edifício), e transformados em  $\text{kWh/m}^2\cdot\text{ano}$  com a aplicação de fatores de conversão, que variam de acordo com o tipo de energia empregada (0,29  $\text{kgep/kWh}$  para eletricidade e 0,086  $\text{kgep/kWh}$  para combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos). As emissões de  $\text{CO}_2$  também são calculadas com base na necessidade anual de  $\text{kgep}$  de energia primária para manter o edifício em níveis de conforto.



## 6 EVOLUÇÃO DOS REGULAMENTOS INTERNACIONAIS

O termo “eficiência energética em edificações” tornou-se bastante utilizado a partir do século XXI. Entretanto, é possível notar a adequação dos ambientes em que se vivia desde a antiguidade. Estratégias passivas, como a construção de edificações parcialmente enterradas, eram empregadas a fim de obter temperaturas internas mais constantes pelo aproveitamento da temperatura do solo, por exemplo. Além disso, estratégias de aproveitamento de ventilação natural e sombreamentos para redução da insolação em edificações são utilizadas há milhares de anos (IONESCU *et al.*, 2015).

A Tabela 39 apresenta a evolução das estratégias passivas que foram empregadas desde 5500 a.C. A evolução resultou em conceitos de eficiência energética conhecidos atualmente. Destacou-se a criação de algumas edificações passivas ou de energia zero, entretanto, com a difusão do conhecimento, diversos países apresentaram suas edificações com estratégias passivas e ativas visando eficiência energética. Deste modo, a Tabela 39 tem o intuito de mostrar alguns pontos que marcaram a produção de edificações energeticamente mais eficientes em âmbito mundial.

Tabela 39 – Evolução das estratégias térmicas e de eficiência energética em edificações.

Período	Local	Estratégia
≈ 5500 a.C.	Romênia	Edificações semienterradas com o intuito de manter a temperatura interior constante durante o ano
≈ 4000 a.C.	Irã	Torres de vento com o intuito de introduzir ar fresco ao interior da edificação
≈ 3100 a.C.	Egito	Construção de paredes com tijolos espessos para reduzir os ganhos térmicos no interior do edifício
		Execução de paredes duplas separadas por camada de ar visando isolamento térmico
≈ 2650 a.C.		Aplicação de revestimentos cerâmicos devido a suas propriedades térmicas
≈ 2500 a.C.		Resfriamento de salas por evaporação de água
≈ 1300 a.C.		Casas com torres de vento
≈ 500 a.C.	Grécia	Casas orientadas para a direção sul
≈ 500 a.C.		Paredes duplas (estratégia descoberta anteriormente pelos egípcios)

Fonte: Adaptado de Ionescu *et al.* (2015).





Tabela 39 – Evolução das estratégias térmicas e de eficiência energética em edificações (continuação).

Período	Local	Estratégia
≈ 400 a.C.	Império Romano	Salas orientadas para o sul, com as janelas protegidas por mica (mineral) para barrar a radiação solar; Sistema de aquecimento com gases de combustão sob os pisos dos edifícios
≈ 400 a.C.	Império Romano, Oriente Médio e Pérsia	Chaminés solares usadas para ventilar naturalmente as casas
≈ 100 a.C.	Palestina	Cavernas melhoradas para aproveitar o efeito de resfriamento pelo solo no verão
≈ 50 d.C.	Império Romano	Aproveitamento de águas termais para banheiros e para aquecimento residencial
≈ 400 d.C.	França	Sistemas de distribuição de água por fontes geotérmicas
≈ 600 d.C.	EUA	Nativos americanos construíam casas em rocha orientadas para o sul
≈ 900 d.C.	Islândia	Casas cobertas com vegetação rasteira (relva) eram construídas
≈ 1200	China	Casas “ <i>tulou</i> ” foram construídas com aplicação de estratégias passivas, tornando sistemas de aquecimento e resfriamento desnecessários
≈ 1500	Itália	Construção do primeiro resfriador de ar mecânico, que consistia na inserção do ar resfriado por evaporação de água ao interior do edifício
1800	Alemanha	Descoberta da radiação infravermelha
1855	Rússia	Invenção do radiador de ferro fundido, que é o precursor dos radiadores utilizados atualmente
1865	EUA	Janelas com vidro duplo para garantir temperaturas mais estáveis no interior dos edifícios
1882		Invenção do ventilador elétrico
1883	Noruega	Elevados níveis de isolamentos e espessura das paredes tornaram possível edificações sem sistemas de aquecimento
1890	Europa e América do Norte	Estudos mais aprofundados de isolamento térmico da envoltória e transferência de umidade pelas paredes
1891	USA	Foi inventado o primeiro aquecedor solar de água comercializado
1902		Foi inventado o condicionador de ar, que consistia em controlar a temperatura e umidade passando o ar por uma rede de canos frios ou quentes

Fonte: Adaptado de Ionescu *et al.* (2015).



Tabela 39 – Evolução das estratégias térmicas e de eficiência energética em edificações (continuação).

Período	Local	Estratégia
1904	USA	Desenvolvimento de um diagrama psicrométrico de umidade do ar em pressão constante
1904	Itália	Emprego de energia de fonte geotérmica
1907	Reino Unido	Piso radiante com tubos metálicos para aquecimento ambiental
1920	USA	Aquecimento por resistência elétrica foi popularizado
1923	França	Richard Mollier propôs um diagrama de entalpia e umidade do ar para representar zonas de conforto
1930	Alemanha	Patenteado o painel de isolamento a vácuo que, com algumas modificações, passou a ser empregado em edificações devido às propriedades de isolamento e compacidade do material
1933	USA	Foi apresentada a “Casa de Amanhã” em Chicago. O autor do projeto mostrou a possibilidade de manter um ambiente aquecido no inverno (em dias de céu limpo) pelo aproveitamento da radiação solar empregando paredes de vidro
1935		Comercializado o primeiro resfriador de ar em dimensões compactas
1939		Foi construída, no Instituto de Tecnologia de Massachusetts, uma casa baseada em coletores solares e reservatórios de água pluvial. Demonstrou-se a possibilidade de construir uma casa que produz mais energia que consome
1946		Foi instalada uma bomba de calor geotérmico em um edifício comunitário no estado de Oregon
1949	USA	Demonstração de armazenamento térmico para o aquecimento de paredes pela radiação solar
1950		Primeiro sistema de aquecimento por painel radiante no teto Trocador de calor ar/ar com recuperação de calor para reduzir as perdas térmicas no inverno
1953	Canadá	Apresentação da estanqueidade de edificações como uma estratégia para reduzir a condensação de água nas paredes. Posteriormente, a mesma foi considerada importante na redução das perdas térmicas do edifício.
1960	USA	Foram criados métodos de estimativa de consumo energético em edificações baseados em processamento de arquivos climáticos. Aumentou o uso de ferramentas de simulação computacional.

Fonte: Adaptado de Ionescu *et al.* (2015).



Tabela 39 – Evolução das estratégias térmicas e de eficiência energética em edificações (continuação).

Período	Local	Estratégia
1967	USA	Publicação dos primeiros resultados dos experimentos de Fanger para propor um modelo de avaliação de conforto térmico (os experimentos foram realizados na Dinamarca)
1970		O termo “sustentabilidade” é definido e são apresentadas as necessidades para o futuro. Entre elas, estava a necessidade de construções mais sustentáveis
1972	França	É apresentado o conceito de parede com camada externa executada em vidro e armazenamento de ar no interior. O objetivo é reter o calor solar no edifício
1973	Mundo	A crise do petróleo intensificou os estudos em eficiência energética, dada a preocupação com um possível colapso energético
1975	Reino Unido	Pesquisadores desenvolveram guias para construção de edifícios autossuficientes energeticamente e definiram o conceito de construções ecológicas
1975	Alemanha	Foi construída uma casa experimental superisolada, com trocadores de calor com o solo, ventilação controlada, aproveitamento de energia solar e tecnologia de bomba de calor
1975	Dinamarca	Foi lançado o termo “Zero Energy House” a partir de um modelo experimental de edificação apresentado na Universidade Técnica da Dinamarca
1979	USA	Foi comercializado o primeiro vidro com baixa emissividade ( <i>Low-E</i> )
1980		Foram apresentados os primeiros quesitos a respeito de edificações inteligentes
1994	Alemanha	O Instituto de Sistemas de Energia Solar construiu uma casa que produzia cinco vezes mais energia que consumia

Fonte: Adaptado de Ionescu *et al.* (2015).

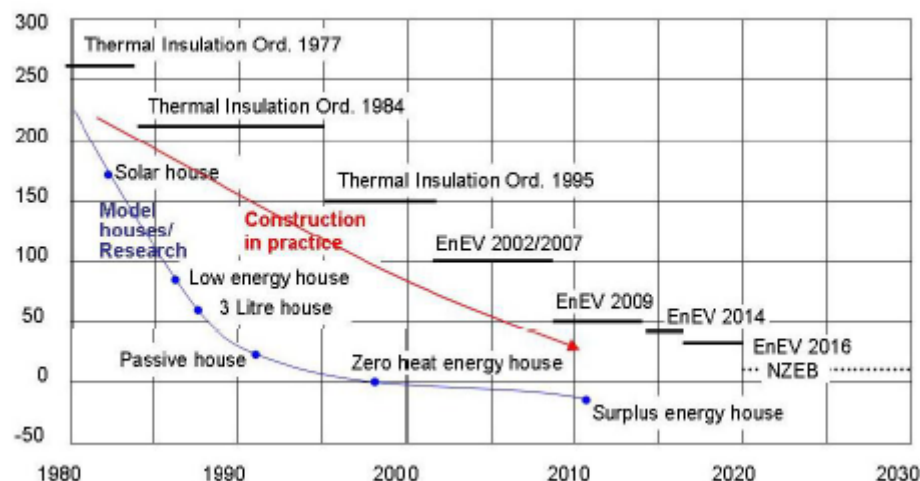
A partir dos anos 90, com as técnicas e conceitos de eficiência energética em edificações mais difundidas em diversos países, é possível perceber avanços nas exigências construtivas de alguns deles. Em alguns casos, normas de desempenho energético de edificações foram criadas; em outros, as normas foram revisadas e

tornaram-se mais exigentes. Os tópicos seguintes mostram alguns dos avanços referentes às exigências quanto à eficiência energética em edificações em âmbito mundial.

## 6.1 Alemanha

A primeira norma referente ao desempenho energético em edificações alemãs foi lançada em 1977. Até 2014, ela foi revisada seis vezes e suas exigências foram aumentadas em todas. Enquanto em 1977 eram permitidas edificações com consumo energético maior que 250 kWh/m<sup>2</sup>.ano de energia primária para aquecimento, em 2009, por exemplo, o limite permitido era de 50 kWh/m<sup>2</sup>.ano (CA EPBD, 2013). A Figura 13 mostra a redução dos níveis de consumo energético permitidos para as edificações alemãs de acordo com as reformulações das normas de eficiência energética.

Figura 13 – Evolução dos limites de consumo de energia primária para aquecimento [kWh/m<sup>2</sup>.ano] de acordo com o ano de revisão da norma alemã.



Fonte: CA EPBD (2013).

Leão *et al.* (2008) apresentaram uma revisão detalhada da evolução da norma alemã entre 1969 e 2004. Os autores mostraram as exigências que foram



acrescentadas em cada revisão de norma. A Tabela 40 mostra a evolução das exigências normativas na Alemanha.

Tabela 40 – Evolução das normas e das exigências quanto à eficiência energética de edificações alemãs.

Regulamento/norma	Exigências gerais	Exigências específicas
DIN 4108 (1969)	Valores mínimos de resistência térmica (R) visando aspectos financeiros e físicos	Limites mínimos de R; Valores de referência para elementos construtivos
WSVO 1977	Limites para transmitância térmica ( $U_{máx}$ )	$U_{máx}$ dependente do fator de forma da edificação; Estanqueidade da envoltória
WSVO 1984	Idêntico ao WSVO 1977 com os valores reduzidos em 20%	Idêntico ao anterior
WSVO 1995	<ul style="list-style-type: none"><li>Balanço anual da demanda de aquecimento;</li><li>Demanda de aquecimento de 20 a 30% menor que WSVO 1984;</li><li>Início dos cálculos utilizando kWh/m<sup>2</sup>.ano como referência</li></ul>	Balanço anual da demanda de aquecimento dependente do fator de forma; Proteção térmica no verão; Considerações em reformas dos edifícios; Certificado de demanda para aquecimento

Fonte: Adaptado de Leão *et al.* (2008).



Tabela 40 – Evolução das normas e das exigências quanto à eficiência energética de edificações alemãs (continuação).

Regulamento/norma	Exigências gerais	Exigências específicas
EnEV 2002	<ul style="list-style-type: none"><li>Balanco anual de demanda de energia primária;</li></ul>	Exigências em perdas específicas de calor por transmissão;
EnEV 2004	<ul style="list-style-type: none"><li>30% menos demanda de energia final que WSVO 1995</li><li>As perdas nos equipamentos são consideradas</li></ul>	Considerações sobre pontes térmicas; Substituição obrigatória de equipamentos ineficientes; Exigências em caldeiras, centrais de controle, reservatórios de água quente e isolamento das instalações; Certificado energético em demanda

Fonte: Adaptado de Leão *et al.* (2008).

## 6.2 Áustria

Na Áustria, os níveis de consumo energético para aquecimento de edificações residenciais foram reduzidos ao longo dos anos. São estabelecidos limites de consumo variando com o inverso do fator de forma da edificação avaliada. Além disso, os regulamentos estabelecem limites fixos, independentes dos fatores de forma, para as edificações residenciais. A Tabela 41 mostra a evolução dos limites de consumo energético para edificações novas e as existentes que passarem por grandes reformas.



Tabela 41 - Limites de consumo energético para aquecimento de edificações residenciais novas e existentes.

Ano	Edificação	Demanda de aquecimento [kWh/m <sup>2</sup> .ano]	
		Demanda permitida	Sem exceder
2007	Novas edificações	$26 \times (1 + 2,0/L_c)$	78,0
2010		$19 \times (1 + 2,5/L_c)$	66,5
2012		$16 \times (1 + 3,0/L_c)$	54,4
2007	Edificações existentes (reformas)	$34 \times (1 + 2,0/L_c)$	102,0
2010		$25 \times (1 + 2,5/L_c)$	87,5
2012		$25 \times (1 + 2,5/L_c)$	87,5

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

Onde:

$L_c$  é o inverso do fator de forma.

### 6.3 Bélgica – Região de Flandres

As normas belgas tiveram valores fixados em 2006 e, desde então, sofreram três modificações em suas exigências referentes à transmitância térmica dos elementos construtivos da envoltória. A Tabela 42 mostra a evolução dos limites de transmitância térmica nas três alterações dos limites fixados em 2006.

Tabela 42 – Evolução dos níveis de transmitância térmica exigidos pela norma belga.

Elemento construtivo	Limite de transmitância térmica [W/m <sup>2</sup> .K]			
	2006	2009	2012	2014
Telhados	0,40	0,30	0,27	0,24
Paredes externas	0,60	0,40	0,32	0,24
Pisos	0,40	0,40	0,35	0,30
Janelas (perfis)	2,50	2,50	2,20	1,80
Vidros	1,60	1,60	1,30	1,10

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).





Além dos requisitos quanto à transmitância térmica dos componentes construtivos das edificações, a norma belga também apresentou redução dos níveis de consumo energético em suas revisões. O indicador utilizado pela norma (*E-level*) consiste em comparar o consumo energético da edificação avaliada a um modelo de referência. Os níveis permitidos são apresentados na Tabela 43.

Tabela 43 – Evolução das exigências quanto ao consumo energético de edificações belgas.

Tipologias	Máximo “ <i>E-level</i> ” permitido por tipologia de edificação				
	2006	2007	2008	2009	2010
Edificações unifamiliares	85	80	76	72	64
Apartamentos	90	83	81	80	70
Escolas e edificações de escritório	100	88	83	82	-
Níveis máximos	100	100	100	100	80 (residencial)
					100 (escolas e edificações de escritório)

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

## 6.4 Bulgária

Na Bulgária, os limites permitidos de transmitância térmica dos elementos que constituem a envoltória dos edifícios vêm sendo reduzidos. As janelas, por exemplo, tiveram os limites de transmitância térmica bastante reduzidos entre 1987 e 2012, passando de 2,65 W/m<sup>2</sup>.K para 1,70 W/m<sup>2</sup>.K. A Tabela 44 apresenta a evolução das





exigências quanto aos limites de transmitância térmica das paredes, janelas, telhados e pisos de edificações búlgaras entre 1987 e 2012.

Tabela 44 – Evolução dos limites de transmitância térmica dos elementos da envoltória de edificações.

Elemento	Transmitância térmica da envoltória [W/m <sup>2</sup> .K]				
	1987	1990	2005	2009	2012
Paredes	1,110	0,500	0,500	0,350	0,350
Janelas	2,650	2,650	2,000	1,700	1,700
Telhados	0,603	0,300	0,250	0,280	0,280
Pisos	0,503	0,500	0,400	0,400	0,400

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

## 6.5 Chipre

De acordo com CA EPBD (2013), no Chipre, a Norma CYS 98, que vigorou entre 2001 e 2007, trazia algumas exigências quanto aos limites de transmitância térmica dos elementos da envoltória das edificações. Foram realizadas duas reformulações na norma, que resultaram em mudanças nos limites estabelecidos inicialmente. A Tabela 45 mostra a evolução dos limites de transmitância térmica nas normas do Chipre.

Tabela 45 – Evolução dos requisitos quanto à transmitância térmica dos elementos da envoltória de edificações no Chipre.

Elementos das edificações	Transmitância térmica [em kWh/m <sup>2</sup> ] de acordo com o ano da norma		
	De 2001 a 2007	Entre 2008 e 2009	2010 em diante
Paredes	1,0	0,85	0,85
Telhados ou elementos horizontais em contato com o ambiente externo	1,0	0,75	0,75
Pisos	1,0	2,0	2,0
Aberturas	3,8	3,8	3,8

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).



Além das variações percebidas nas transmitâncias térmicas dos elementos da envoltória, a evolução da norma também acrescentou algumas exigências mais amplas. A última versão, válida desde 2010, obriga que todas as novas edificações obtenham nível A de eficiência energética. Além disso, também são exigências a instalação de painéis solares para aquecimento de água e a provisão de condições para usos futuros de sistemas de geração de eletricidade (CA EPBD, 2013).

## 6.6 Dinamarca

De acordo com CA EPBD (2013), o regulamento dinamarquês já existe, inicialmente de forma voluntária, desde 2006. A partir disso, suas exigências quanto ao consumo de energia primária por unidade de área aquecida vêm sendo reduzidas. Na Tabela 46 é possível perceber a elevada redução entre o limite adotado na versão de 2006 da norma e o limite previsto para 2020, que corresponde a edificações de baixo consumo energético, o que pode, a longo prazo, reduzir de maneira significativa o consumo total do setor no país.

Tabela 46 – Evolução dos limites de consumo de energia primária por unidade de área aquecida nas edificações dinamarquesas.

Tipologia da edificação	Consumo de energia primária [kWh/m <sup>2</sup> .ano] de acordo com o ano da norma			
	2006	2010	2015	2020
Residencial (150 m <sup>2</sup> de área aquecida)	84,7	63,0	36,7	20,0
Não residencial (1000 m <sup>2</sup> de área aquecida)	97,2	73,0	42,0	25,0

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).



## 6.7 Estônia

De acordo com CA EPBD (2013), a norma da Estônia foi lançada em 2008 e revisada em 2013. A revisão consistiu em reduzir os limites de consumo de energia primária por unidade de área da edificação, como mostra a Tabela 47.

Tabela 47 – Revisão dos limites de consumo de energia primária nas edificações da Estônia.

Tipologia da edificação	Limite de consumo de energia primária [kWh/m <sup>2</sup> ]		Limite de consumo de energia primária [kWh/m <sup>2</sup> ] após revisão da norma	
	Edificações novas	Edificações existentes	Edificações novas	Edificações existentes
Pequenas edificações residenciais	180	250	160	210
Edifícios de apartamentos	150	200	150	180
Edificações de escritório e bibliotecas	220	290	160	210
Edificações comerciais	-	-	210	270
Edificações públicas	300	390	200	250
Shoppings e terminais	-	-	230	280
Edificações escolares	-	-	160	200
Creches	-	-	190	240
Edificações hospitalares	400	520	380	460

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

## 6.8 Finlândia

De acordo com CA EPBD (2013), a norma finlandesa que regulamenta exigências quanto ao desempenho térmico de edificações existe desde 1976. A partir disso, a mesma foi revisada seis vezes buscando tornar mais rigorosas as exigências para novas edificações. A Tabela 48 mostra a evolução dos requisitos quanto à transmitância térmica da envoltória das edificações finlandesas. São



apresentados os valores máximos iniciais – da norma de 1976 – para a transmitância térmica de paredes, telhados, pisos, janelas e portas, e a evolução desses valores ao longo dos anos.

Tabela 48 – Evolução das exigências de transmitância térmica dos elementos da envoltória de edificações finlandesas.

Elementos das edificações		Transmitância térmica dos elementos da envoltória [W/m <sup>2</sup> .K] de acordo com o ano da norma						
		1976	1978	1985	2003	2007	2010	2012
Paredes		0,40	0,29	0,28	0,25	0,24	0,17	0,17
Telhados		0,35	0,23	0,22	0,16	0,15	0,09	0,09
Pi- sos	Em contato com o ar exterior	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,09	0,09
	Em contato com o solo						0,16	0,16
	Porão						0,17	0,17
Janelas		2,10	2,10	2,10	1,40	1,40	1,00	1,00
Portas		0,70	0,70	0,70	1,40	1,40	1,00	1,00

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

Além da evolução da norma em relação à transmitância térmica da envoltória, as revisões resultaram em maior preocupação com o consumo energético das edificações. A revisão de 2012 incluiu limites de consumo energético baseados na tipologia dos edifícios avaliados. Na maioria dos casos, os consumos máximos são calculados de acordo com a área aquecida do edifício.

## 6.9 França

Inicialmente, os requisitos do regulamento francês referente à eficiência energética de edificações consideravam apenas os níveis de isolamento da envoltória das edificações avaliadas. Entretanto, após aprimoramentos das versões iniciais, a norma passou a apresentar limites de consumo energético. Esses limites

vêm sendo reduzidos com a intenção de que, a partir de 2020, os novos edifícios franceses sejam de energia zero. A Figura 14 mostra a evolução dos limites de consumo de energia primária nas edificações residenciais francesas. Nota-se que os valores foram reduzidos a níveis bastante exigentes ( $50 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano}$ ) a partir de 2010. Além disso, é perceptível a intenção francesa de alcançar edificações de energia zero a partir de 2020.

Figura 14 - Evolução dos limites de consumo energético nas edificações residenciais francesas.



Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

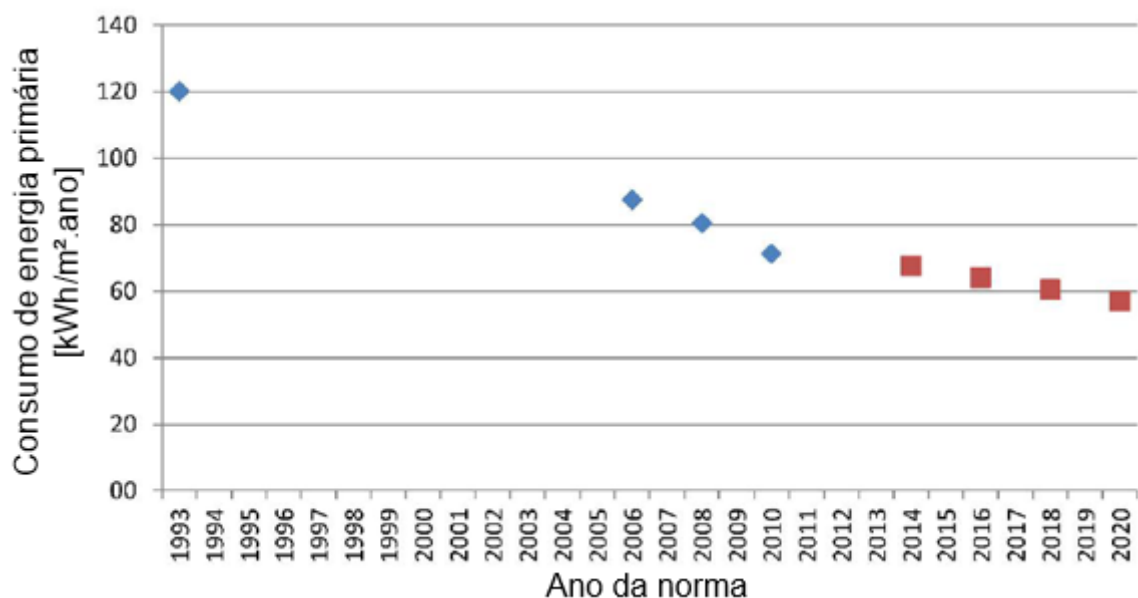
Até 2005, o regulamento francês fixava exigências de consumo médio de energia primária para edificações em  $150 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano}$ . Entretanto, a partir de 2010, quando o limite de  $50 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano}$  foi estabelecido para edificações residenciais, criou-se limites de consumo para edificações comerciais. Foi estabelecido o valor de  $70 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano}$  para edificações de escritório ventiladas naturalmente e  $110 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{ano}$  para edificações de escritório condicionadas artificialmente. O consumo energético inclui aquecimento, resfriamento, aquecimento de água, iluminação e equipamentos auxiliares, como bombas e ventiladores (CA EPBD, 2013).



## 6.10 Itália

Na Itália, os limites de consumo energético para as edificações são definidos de acordo com o fator de forma e a zona climática na qual o edifício está inserido. Assim, não é possível tabelar valores fixos de desempenho energético. A Figura 15 mostra a redução no consumo energético permitido para uma edificação com fator de forma de 0,50 inserida na zona climática E da norma italiana.

Figura 15 – Estimativa de redução no consumo de energia primária permitido a uma edificação italiana com fator de forma 0,50 inserida na zona climática E.



Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

A evolução da norma italiana inclui as seguintes exigências quanto ao uso de energias renováveis nas novas edificações:

- 20% do consumo entre maio de 2012 e dezembro de 2013;
- 35% do consumo entre janeiro de 2014 e dezembro de 2016;
- 50% a partir de 2017.



## 6.11 Polônia

Na Polônia, os limites de transmitância dos elementos das edificações foram bastante reduzidos a partir da criação da norma de desempenho energético. Inicialmente, com a norma abrangendo apenas questões relacionadas ao desempenho térmico dos edifícios, seus limites eram menos rígidos. A Tabela 49 mostra a evolução dos limites de transmitância térmica de elementos opacos das edificações, enquanto a Tabela 50 mostra os limites de transmitância térmica de portas e janelas dos edifícios poloneses.

Tabela 49 – Evolução dos limites de transmitância térmica dos elementos opacos de edificações polonesas.

Elementos construtivos e temperatura interna a ser mantida ( $t_i$ )	Tipologia da edificação	Transmitância térmica máxima [ $W/m^2.K$ ]		
		Antes da implementação do EPBD	Depois da primeira versão do EPDB (2009)	Reformulação do EPBD (2014)
Paredes externas ( $t_i > 16^\circ C$ )	Residenciais	0,30 – 0,50	0,30	0,25
	Públicos	0,45 – 0,65	0,30	0,25
	Produção, armazenamento e anexos	0,45 – 0,55	0,30	0,25
Paredes externas ( $t_i \leq 16^\circ C$ )	Residenciais	0,80	0,80	0,45
	Públicos	0,70	0,65	0,45
	Produção, armazenamento e anexos	0,75 – 0,90	0,65 – 0,90	0,45
Paredes entre ambientes aquecidos e não aquecidos	Residenciais	–	1,00	0,30
	Públicos	–	–	0,30
	Produção, armazenamento e anexos	–	–	0,30
Telhados inclinados e planos ( $t_i > 16^\circ C$ )	Residenciais	0,30	0,25	0,20
	Públicos	0,30	0,25	0,20
	Produção, armazenamento e anexos	0,30	0,25	0,20

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).



Tabela 49 – Evolução dos limites de transmitância térmica dos elementos opacos de edificações polonesas (continuação).

Elementos construtivos, temperatura interna a ser mantida ( $t_i$ )	Tipologia da edificação	Transmitância térmica máxima [W/m <sup>2</sup> .K]		
		Antes da implementação do EPBD	Depois da primeira versão do EPDB (2009)	Reformulação do EPBD (2014)
Telhados inclinados e planos ( $t_i \leq 16^\circ\text{C}$ )	Residenciais	0,50	0,50	0,30
	Públicos	0,50	0,50	0,30
	Produção, armazenamento e anexos	0,50	0,50	0,30
Pisos sobre ambientes não aquecidos e fechados ( $t_i > 16^\circ\text{C}$ )	Residenciais	0,60	0,45	0,25
	Públicos	0,60	0,45	0,25
	Produção, armazenamento e anexos	–	0,80	0,25
Pisos sobre ambientes não aquecidos e fechados em contato com o solo ( $t_i \leq 16^\circ\text{C}$ )	Residenciais	0,60	0,45	0,30
	Públicos	0,60	0,45	0,30
	Produção, armazenamento e anexos	–	1,20	0,30
Pisos em contato com o solo ( $t_i > 16^\circ\text{C}$ )	Residenciais	0,60	0,45	0,30
	Públicos	0,60	0,45	0,30
	Produção, armazenamento e anexos	0,60	0,80	0,30

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

Tabela 50 – Evolução dos limites de transmitância térmica das portas e janelas de edificações polonesas.

Tipo de janela ou porta	Tipologia da edificação	Transmitância térmica máxima [W/m <sup>2</sup> .K]		
		Antes da implementação do EPBD	Depois da primeira versão do EPDB (2009)	Reformulação do EPBD (2014)
Janelas e portas de sacadas	Residenciais	2,00 – 2,60	1,70 – 1,80	1,30 – 1,80
	Públicos	2,30 – 2,60	1,80 – 2,60	1,30 – 1,80
	Produção, armazenamento e anexos	2,60 – 4,00	1,70 – 1,90	1,30 – 1,80

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).





Tabela 50 – Evolução dos limites de transmitância térmica das portas e janelas de edificações polonesas (continuação).

Tipo janela ou porta	de ou	Tipologia da edificação	Transmitância térmica máxima [W/m <sup>2</sup> .K]		
			Antes da implementação do EPBD	Depois da primeira versão do EPDB (2009)	Reformulação do EPBD (2014)
Janelas telhado claraboias	no e	Residenciais	2,00	1,80	1,50 – 1,80
		Públicos	2,00	1,70	1,50 – 1,80
		Produção, armazenamento e anexos	2,60 – 4,00	1,80	1,50 – 1,80
Portas externas		Residenciais	2,60	2,60	1,70
		Públicos	2,60	2,60	1,70
		Produção, armazenamento e anexos	3,00	2,60	1,70

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

Além de evoluções nos requisitos quanto às propriedades dos materiais empregados nas edificações, a norma polonesa também prevê exigências mais criteriosas quanto aos níveis de consumo energético dos edifícios, que ainda são previstas para futuras revisões da norma de desempenho energético das edificações, como mostra a Tabela 51.

Tabela 51 – Evolução dos limites de consumo energético das edificações polonesas.

Categoria de edificação	Consumo energético máximo [kWh/m <sup>2</sup> .ano]		
	Reformulações de 2014	Reformulações de 2017	Reformulações de 2021
Edificação unifamiliar	120	95	70
Blocos de apartamentos	110	90	70
Hotéis	110	90	70
Escritórios	130	100	70

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).



Tabela 51 – Evolução dos limites de consumo energético das edificações polonesas (continuação).

Categoria de edificação	Consumo energético máximo [kWh/m <sup>2</sup> .ano]		
	Reformulações de 2014	Reformulações de 2017	Reformulações de 2021
Edificações escolares	180	145	110
Hospitais	390	300	210
Restaurantes	180	145	110
Instalações desportivas	120	100	80
Edifícios de serviços de atacado	130	100	70
Edifícios de produção, armazenamento e anexos	150	120	90
Outros tipos de edificações	85	70	55

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

## 6.12 Portugal

As primeiras exigências de eficiência energética em edificações portuguesas foram apresentadas em 1991. Desde então, foram revisadas duas vezes (2006 e 2012) e são previstos dois novos ajustes aos requisitos (2016 e 2021). A Tabela 52 mostra a evolução das exigências referentes à transmitância térmica e consumo energético de edificações em Portugal.

Tabela 52 – Evolução dos requisitos de transmitância térmica e consumo energético nas edificações portuguesas.

Anos	Local	Transmitância térmica [W/m <sup>2</sup> .K]			Limites de consumo energético [kWh/m <sup>2</sup> .ano]		
		Paredes	Telhados/pisos	Janelas	Aquecimento	Resfriamento	Aquecimento de água
1990-2006	Lisboa	1,40	1,10	4,20	64	18	-
	Bragança	0,95	0,75	4,20	135		
2006-2012	Lisboa	0,70	0,50	4,20	52		38,90
	Bragança	0,50	0,40	3,30	117		

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).



Tabela 52 – Evolução dos requisitos de transmitância térmica e consumo energético nas edificações portuguesas (continuação).

Anos	Local	Transmitância térmica [W/m <sup>2</sup> .K]			Limites de consumo energético [kWh/m <sup>2</sup> .ano]		
		Pare- des	Telha- dos/pisos	Jane- las	Aqueci- mento	Resfria- mento	Aqueci- mento de água
2012- 2016	Lisboa	0,50	0,40	2,90	Ainda não disponível	18	Requisitos na eficiência dos equipamentos
	Bragança	0,35	0,30	2,40		15	
2016- 2021	Lisboa	0,40	0,35	2,80		18	
	Bragança	0,30	0,25	2,20		15	
A partir de 2021	Lisboa	0,35	0,30	2,40		18	
	Bragança	0,25	0,20	1,80		15	

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

Além de tornar mais rigorosos os limites de transmitância térmica e limites de consumo energético, a evolução do sistema de etiquetagem de edificações português também é percebida em inserção de sistemas de energia renovável, níveis mínimos de eficiência energética de condicionadores de ar e eficiência mínima dos *boilers* empregados, como mostra a Tabela 53.

Tabela 53 – Evolução de itens relacionados à eficiência energética em edificações de Portugal.

Anos	Local	Sistemas de energia renovável	Eficiência mínima dos condicionadores de ar	Eficiência mínima dos <i>boilers</i>
1990- 2006	Lisboa	-	-	-
	Bragança			
2006- 2012	Lisboa	Inserção obrigatória	-	-
	Bragança			
2012- 2016	Lisboa		Nível C	86%
	Bragança			
2016- 2021	Lisboa		Nível B	89%
	Bragança			
A partir de 2021	Lisboa		Nível A	92%
	Bragança			

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).



### 6.13 República Tcheca

Na República Tcheca, os regulamentos de desempenho energético de edificações são antigos e vêm sendo aprimorados visando redução no consumo energético dos edifícios. Desde a primeira versão das normas, em 1979, até a última revisão, em 2011, é possível perceber uma elevada redução nos limites de transmitância térmica dos elementos da envoltória, conforme mostra a Tabela 54.

Tabela 54 – Evolução dos limites de transmitância térmica dos elementos da envoltória de edificações na República Tcheca.

Elemento	Transmitância térmica [W/m <sup>2</sup> .K] de acordo com o ano				
	1979	1994	2002	2006	2011
Janela	3,700	2,900	1,800	1,700	1,500
Parede	0,894	0,461	0,380	0,380	0,300
Piso	1,091	1,034	0,600	0,450	0,450
Telhado	0,508	0,316	0,300	0,240	0,240

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

### 6.14 Suécia

A evolução das exigências quanto à eficiência energética das edificações suecas consiste em redução nos limites de consumo energético por unidade de área e valores de transmitância térmica dos elementos construtivos. As Tabelas 55 e 56 mostram a evolução dos limites de consumo energético para edificações residenciais e não residenciais, respectivamente, entre 2006 e 2012.



Tabela 55 – Limites de consumo energético [kWh/m<sup>2</sup>.ano] para edificações residenciais.

Ano	Limites de consumo energético para aquecimento					
	Aquecimento elétrico			Outras fontes de aquecimento		
	Norte	Centro	Sul	Norte	Centro	Sul
2006	95	95	75	130	130	110
2009	95	75	55	150	130	110
2012	95	75	55	130	110	90

Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).

Tabela 56 – Limites de consumo energético [kWh/m<sup>2</sup>.ano] para edificações não residenciais.

Ano	Limites de consumo energético para aquecimento					
	Aquecimento elétrico			Outras fontes de aquecimento		
	Norte	Centro	Sul	Norte	Centro	Sul
2006	-	-	-	120	120	100
2009	95	75	55	140	120	100
2012	95	75	55	120	100	80

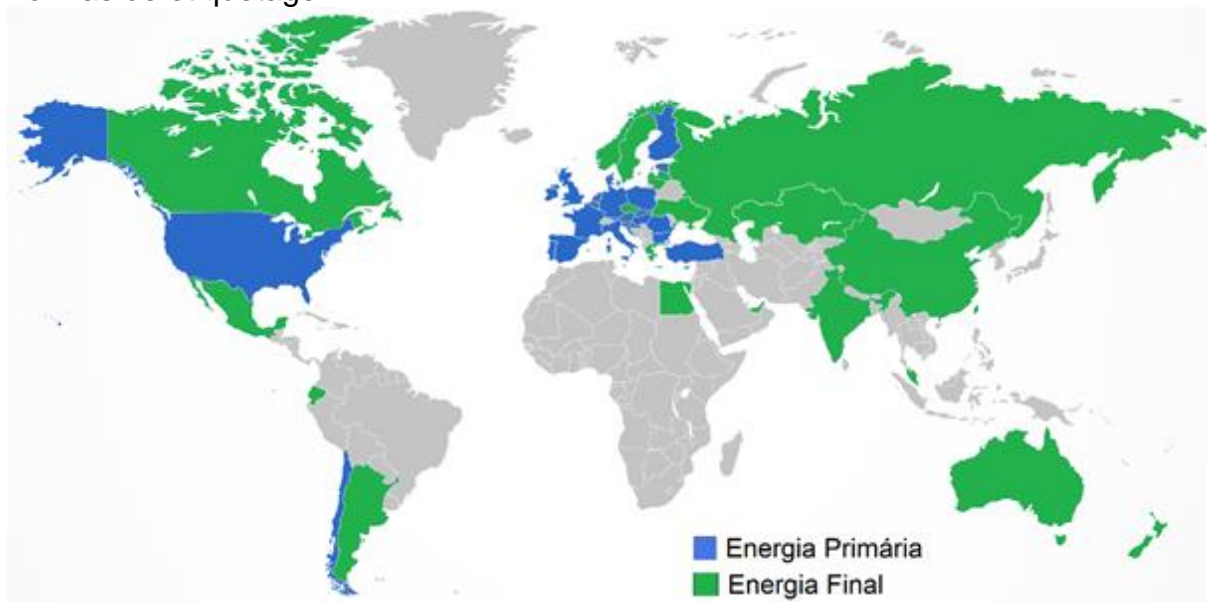
Fonte: Adaptado de CA EPBD (2013).



## 7 RESUMO DAS CERTIFICAÇÕES INTERNACIONAIS

Após analisar os 53 regulamentos, as características observadas foram compiladas na Figura 16, a fim de facilitar a comparação entre as diferentes normas quanto ao tipo de energia considerada. Na imagem, os países em azul possuem normas de etiquetagem que consideram a energia primária nos cálculos, enquanto os em verde avaliam suas edificações por meio do consumo de energia final.

Figura 16 – Divisão dos países que consideram energia primária e energia final nas normas de etiquetagem.



Quanto às classes de eficiência, a maioria das normas (36 países) adota escala alfabética. Em sua maioria (23 países), essa escala varia de A a G. Entretanto, há casos, como o da Argentina, em que a escala é variável entre A e H, e Luxemburgo, onde a escala adotada vai de A a I. Em dezessete deles, onde a escala adotada é alfabética, existem subdivisões em, pelo menos, um dos níveis. Em alguns casos, existem subdivisões apenas no nível de maior eficiência. Na Alemanha, por exemplo, a classe A é subdividida em A+ e A, na Áustria, A++, A+ e A, e na Eslováquia, A0 e A1. Em sistemas como o da Bélgica também existem



subdivisões em níveis de menor eficiência (A+, A, A-, B+, B, B-, C+, C, C-, D+, D, D-, E+, E, E-).

Nos outros dezesseis regulamentos avaliados, a escala adotada é variável. Em quatro deles, adota-se escala numérica. Essas, no entanto, não seguem um padrão como o da escala alfabética, que, apesar de muito utilizada, apresenta pouca variação. Na Letônia, por exemplo, o desempenho energético é avaliado em uma escala que varia de 0 a 400 e está relacionada a cores, enquanto o regulamento da Coreia, apesar de numérico, possui apenas dez classes (1+++, 1++, 1+, 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7). Existem, também, seis países onde se empregam escalas que classificam o desempenho energético com estrelas. Além deles, Malásia e Singapura utilizam classes qualitativas (platina, ouro e prata, por exemplo), no México se calcula a porcentagem de redução de carga térmica de um edifício, no Egito utilizam-se pirâmides e cores para demonstrar o desempenho energético, na Polônia é empregado um indicador de consumo relacionado a cores e no Equador não são definidas classes.

Em relação ao tipo de energia considerada nos cálculos de desempenho, tem-se 31 países considerando energia primária e 22 utilizando indicadores de consumo de energia final. Quanto ao indicador de consumo, dez das 53 normas analisadas não apresentam o consumo energético da edificação. Em cada um desses casos, adotam-se critérios particulares de avaliação. No Equador, por exemplo, a edificação é avaliada considerando a redução da carga térmica proveniente de estratégias construtivas. Das 43 que apresentam, a maioria (35) utiliza indicador de consumo energético por unidade de área por ano (em kWh/m<sup>2</sup>.ano). A Tabela 57 mostra a lista dos países avaliados que consideram o consumo de energia primária nas normas.



Tabela 57 – Resumo sobre os regulamentos de países que avaliam a eficiência energética das edificações considerando o consumo de energia primária.

País	Classes de eficiência	Indicador de consumo	
Alemanha	A+, A, B, C, D, E, F, G e H	kWh/m <sup>2</sup> .ano	
Áustria	A++, A+, A, B, C, D, E, F e G	kWh/m <sup>2</sup> .ano	
Bélgica	Bruxelas	A+, A, A-, B+, B, B-, C+, C, C-, D+, D, D-, E+, E, E-, F e G	kWh/m <sup>2</sup> .ano
	Flandres e Valônia	A, B, C, D, E, F e G	kWh/m <sup>2</sup> .ano
Bulgária	A, B, C, D, E, F e G	kWh/m <sup>2</sup> .ano	
Chile	A, B, C, D, E, F e G	kWh/m <sup>2</sup> .ano	
Chipre	A, B, C, D, E, F e G	kWh/m <sup>2</sup> .ano	
Coreia	1+++ , 1++ , 1+ , 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 e 7	kWh/m <sup>2</sup> .ano	
Croácia	A+, A, B, C, D, E, F e G	kWh/m <sup>2</sup> .ano	
Dinamarca	A1, A2, B, C, D, E, F e G	kWh/m <sup>2</sup> .ano	
Espanha	A, B, C, D, E, F e G	kWh/m <sup>2</sup> .ano	





Tabela 57 – Resumo sobre os regulamentos de países que avaliam a eficiência energética das edificações considerando o consumo de energia primária (continuação).

País	Classes de eficiência	Indicador de consumo
Eslováquia	A0, A1, B, C, D, E, F e G	kWh/m <sup>2</sup> .ano
Eslovênia	A1, A2, B1, B2, C, D, E, F e G	kWh/m <sup>2</sup> .ano
Estônia	A, B, C, D, E, F, G e H	kWh/m <sup>2</sup> .ano
EUA	A+, A, A-, B, C, D, E, F e G	kBtu/pé <sup>2</sup> .ano
Finlândia	A, B, C, D, E, F e G	kWh/m <sup>2</sup> .ano
França	A, B, C, D, E, F e G	kWh/m <sup>2</sup> .ano
Holanda	A++, A+, A, B, C, D, E, F e G	MJ
Hungria	A+, A, B, C, D, E, F, G, H e I	kWh/m <sup>2</sup> .ano
Irlanda	A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3, D1, D2, E1, E2, F e G	kWh/m <sup>2</sup> .ano
Itália	A+, A, B, C, D, E, F e G	Residenciais: kWh/m <sup>2</sup> .ano Não residenciais: kWh/m <sup>3</sup> .ano



Tabela 57 – Resumo sobre os regulamentos de países que avaliam a eficiência energética das edificações considerando o consumo de energia primária (continuação).

País	Classes de eficiência	Indicador de consumo
Japão	As edificações são classificadas com estrelas e indicador numérico	Não é apresentado
Luxemburgo	A, B, C, D, E, F, G, H e I	kWh/m <sup>2</sup> .ano
Malta	Escala numérica relacionada a cores	kWh/m <sup>2</sup> .ano
Polônia	Indicador do consumo relacionado a cores	kWh/m <sup>2</sup> .ano
Portugal	A+, A, B, B-, C, D, E, F e G	kgep/m <sup>2</sup> .ano
Reino Unido (Escócia, Inglaterra, Irlanda do Norte e País de Gales)	Residenciais: A, B, C, D, E, F e G Não residenciais: A+, A, B, C, D, E, F e G	kWh/m <sup>2</sup> .ano
Singapura	4 classes qualitativas: platina, ouro, ouro <sup>plus</sup> e certificado	Não é apresentado
Turquia	A, B, C, D, E, F e G	kWh/m <sup>2</sup> .ano

A Tabela 58 mostra os países que avaliam a eficiência energética das edificações considerando o consumo de energia final.



Tabela 58 – Resumo sobre os regulamentos de países que avaliam a eficiência energética das edificações considerando o consumo de energia final.

País	Classes de eficiência	Indicador de consumo
Austrália	As edificações são classificadas com estrelas	MJ/m <sup>2</sup> .ano
Argentina	A, B, C, D, E, F, G e H	Não é apresentado
Canadá	Escala numérica que varia de 0 a 100	Varia conforme a fonte energética
Cazaquistão	A, B, C, D e E	Não possui – é necessário comprovar economia em relação a um modelo de referência
China	Escala de cores (vermelho a verde) e estrelas para edificações mais eficientes	kWh/m <sup>2</sup> .ano
Egito	Pirâmides verde, dourada e prata	Não possui – são avaliados alguns tópicos referentes ao desempenho ambiental da edificação
Emirados Árabes Unidos	As edificações são classificadas com estrelas (a escala varia de uma a cinco)	Não é apresentado
Equador	Não possui classes	W/m <sup>2</sup> (iluminação)
Grécia	A+, A, B+, B, C, D, E, F e G	kWh/m <sup>2</sup> .ano
Hong Kong	A, B e C	kWh/m <sup>2</sup> .ano



Tabela 58 – Resumo sobre os regulamentos de países que avaliam a eficiência energética das edificações considerando o consumo de energia final (continuação).

<b>País</b>	<b>Classes de eficiência</b>	<b>Indicador de consumo</b>
Índia	Estrelas, variando a quantidade de 1 a 5	kWh/m <sup>2</sup> .ano
Letônia	Escala numérica que varia de 0 a 400 e é relacionada a cores – que vão de verde a vermelho	kWh/m <sup>2</sup> .ano (indicador parcial) MWh/ano (indicador global)
Lituânia	A++, A+, A, B, C, D, E, F e G	kWh/m <sup>2</sup> .ano
Malásia	4 classes qualitativas: platina, ouro, prata e certificado	Não é apresentado
México	É apresentada a porcentagem de ganhos térmicos do edifício em relação a um modelo virtual	Não é apresentado
Noruega	A, B, C, D, E, F e G	kWh/m <sup>2</sup> .ano
Nova Zelândia	As edificações são classificadas com estrelas	MJ/m <sup>2</sup> .ano
República Tcheca	A, B, C, D, E, F e G	kWh/m <sup>2</sup> .ano
Romênia	A, B, C, D, E, F e G	kWh/m <sup>2</sup> .ano



Tabela 58 – Resumo sobre os regulamentos de países que avaliam a eficiência energética das edificações considerando o consumo de energia final (continuação).

<b>País</b>	<b>Classes de eficiência</b>	<b>Indicador de consumo</b>
Rússia	A++, A+, A, B+, B, C+, C, C-, D e E	% de redução do consumo
Suécia	A, B, C, D, E, F e G	kWh/m <sup>2</sup> .ano
Taiwan	Cinco classes qualitativas: Certificado, Bronze, Prata, Ouro e Diamante	Não é apresentado



## 8 CONCLUSÕES

Após analisar as normativas de classificação de eficiência energética internacionais, concluiu-se que maioria dos países apresenta o consumo energético da edificação na etiqueta. Exceções foram encontradas nos sistemas de etiquetagem da Argentina e México. O método brasileiro também não apresenta o consumo energético da edificação classificada, mas sim um indicador numérico relacionado ao consumo (no caso, quanto maior o indicador, mais eficiente é o edifício). Isto é, enquanto a etiquetagem brasileira divide as edificações em classes de eficiência de acordo com um indicador adimensional, as normas internacionais mais consolidadas classificam os edifícios analisando seu consumo energético. A maioria delas estabelece limites de consumo energético anual por unidade de área do edifício para cada nível de eficiência. Em geral, a definição da eficiência é realizada comparando-se o edifício analisado a um modelo virtual com as mesmas características.

Quanto às classes de consumo, concluiu-se que, na maioria dos casos, as normas internacionais classificam a eficiência de edificações em uma escala que associa letras a cores. A maior parte das escalas varia de A a G, relacionadas a cores que variam de verde a vermelho. Foram encontradas variações a este padrão: alguns países apresentam subdivisões nas classes mais eficientes, como é o caso de Portugal, onde as classes A e B apresentam os valores A+ e B-. Vários países apresentam subdivisões no nível de maior eficiência (A), que, geralmente, indicam edificações com consumo energético próximo ou igual a zero.

Há normas sem classes definidas, como no Canadá, onde o consumo energético da edificação é avaliado com indicadores numéricos, de maneira análoga à metodologia brasileira, entretanto, com valores diferentes. Enquanto o indicador brasileiro varia de 1 a 5 (podendo chegar a 6 com bonificações) e está relacionado a níveis de eficiência definidos por letras, as edificações canadenses são inseridas em uma escala que varia de 0 a 100, relacionada a cores, mas sem classes de eficiência definidas.

A experiência internacional permite concluir que expor o nível de consumo na etiqueta torna a etiquetagem mais acessível para o consumidor. Além disso, mostrar os limites para cada nível e apresentar o indicador obtido pela edificação permite avaliar quão distante da classe imediatamente inferior (ou superior) a edificação analisada está. A etiqueta nacional apresenta o indicador numérico de consumo abaixo da definição da classe de eficiência obtida, como mostra a Figura 17, onde a nota 4,1 está posicionada abaixo da classe B. As Figuras 18 e 19 mostram edificações inseridas no nível máximo de eficiência energética no regulamento brasileiro.

Figura 17 – Etiqueta real de uma unidade habitacional construída em Florianópolis.



Fonte: PBE Edifica, 2013.

Figura 18 – Etiqueta real de um hotel em Salvador.



Fonte: PBE Edifica, 2014.

Figura 19 – Etiqueta real de um edifício comercial em Belo Horizonte.



Fonte: PBE Edifica, 2011.



Comparando-se as Figuras 17 e 18, por exemplo, tem-se uma edificação de nível B de eficiência e outra de nível A, respectivamente. Entretanto, seus indicadores de consumo são próximos. De acordo com Brasil (2010), o limite inferior do indicador de consumo para uma edificação ser inserida no nível A de eficiência é 4,5. Deste modo, edificações cujo indicador seja 4,4 estarão no nível B, enquanto edificações com nível 4,5 estarão na classe A. Este fato pode gerar má interpretação nos consumidores brasileiros ao considerarem que todas as edificações de nível A possuem eficiência energética bastante superior às de nível B, por exemplo.

Analisando-se as Figuras 18 e 19, é possível verificar duas edificações classificadas no nível A, entretanto, uma com nota 6,0, que corresponde à nota máxima obtida através do regulamento (5,0) acrescida do valor máximo atribuído às bonificações (1,0). Deste modo, ambas as edificações podem ser vistas da mesma forma pelos consumidores, mesmo uma estando próxima ao limite inferior de eficiência para ser considerada nível A, e outra estando no topo da classificação, apresentando alta eficiência energética.

Quanto a isso, sugerem-se duas medidas para facilitar a compreensão da classificação da eficiência energética. A primeira seria definir os intervalos para cada nível na própria etiqueta, o que mostraria ao consumidor o ponto exato em que sua edificação foi classificada e se está perto dos limites mínimos ou máximos daquele nível. A segunda medida é a criação de subdivisões no nível máximo de eficiência, como acontece em diversos países. Seria uma maneira de valorizar a aplicação de alternativas para racionalizar o consumo de água e/ou utilizar fontes de energias renováveis, como sugerem as bonificações. Poderiam ser criadas subdivisões no nível A (A+ e A++, por exemplo), incentivando a aplicação das bonificações. Criar classes mais elevadas para os edifícios com estratégias de eficiência energética que vão além do mínimo exigido pela etiqueta pode estimular os profissionais da área a aplicarem tais estratégias com mais frequência. Conseqüentemente, o status nacional quanto à eficiência energética pode ser fortalecido através da obtenção de edificações cada vez mais eficientes.

Avaliando-se as evoluções das normas internacionais, é perceptível a tendência à redução dos limites de transmitância térmica dos elementos da





envoltória das edificações. É importante ressaltar que, apesar de países com experiência em etiquetagem, como a Alemanha, apresentarem reduções nos níveis de transmitância térmica permitidos, cada país precisa desenvolver seu próprio sistema de etiquetagem e criar melhorias a partir das falhas encontradas ao longo de sua execução. Afinal, aumentar os níveis de isolamento (e conseqüentemente reduzir os níveis de transmitância térmica) não é uma estratégia aplicável para qualquer condição climática. Assim, a reformulação da etiquetagem de eficiência energética das edificações brasileiras deve continuar buscando melhorias com base em experiências locais.



## REFERÊNCIAS

ABCD. ABOUT THE NATIONAL CONSTRUCTION CODE. Site. Disponível em: <<http://www.abcb.gov.au/>>. Acesso em novembro de 2014.

ABRI. ARCHITECTURE AND BUILDING RESEARCH INSTITUTE. **Green Building Label**. 2013. Disponível em: <<http://green.abri.gov.tw/art-en.php?no=61&SubJt=Green+Building+Label>>. Acesso em setembro de 2015.

AMECKE, H. The impact of energy performance certificates: A survey of German home owners. **Energy policy**, v. 46, p. 4-14, 2012.

BCA. BUILDING AND CONSTRUCTION AUTHORITY. **BCA Green Mark for New Non-Residential Buildings. Version NRB/4.1**. Singapore, 2013.

BOURGES, C. **Norma IRAM 11.900 – “Etiqueta de Eficiencia Energética de Calefacción para edificios”** – Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente. 2012. Disponível em: <[http://www.unsam.edu.ar/escuelas/ciencia/presentaciones/Norma%20IRAM%2011900%20\\_UNSAM%20-%20Agosto,28%20-%202012.pdf](http://www.unsam.edu.ar/escuelas/ciencia/presentaciones/Norma%20IRAM%2011900%20_UNSAM%20-%20Agosto,28%20-%202012.pdf)>. Acesso em abril de 2015.

BRASIL. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR – MDIC. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. INMETRO. Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010. **Requisitos Técnicos da Qualidade Para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL. **Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001**. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia., e dá outras providências. In: Diário Oficial da União. Brasília, 2001.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Balço Energético Nacional 2012** – Ano base 2011: Relatório Síntese. Brasília: MME, 2012.

CA EPBD. CONCERTED ACTION: ENERGY PERFORMANCE OF BUILDINGS. **Implementing the energy performance of Buildings Directive (EPBD): Featuring County Reports 2012**. Porto, 2013.

CARPIO, C.; COVIELLO, M. F. **Eficiencia energética en América Latina y el Caribe: avances y desafíos del último quinquenio**. Santiago: CEPAL, 2013.



CHILE. MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. **Manual de procedimiento para la calificación energética de viviendas en Chile**. Santiago, 2013.

CCNNPURRE. COMITÉ CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN PARA LA PRESERVACIÓN Y USO RACIONAL DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS. **NOM-020-ENER-2011 – Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales**. México, D.F., 2001.

CCNNPURRE. COMITÉ CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN PARA LA PRESERVACIÓN Y USO RACIONAL DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS. **NOM-008-ENER-2001 – Eficiencia energética en edificaciones – Envolvente de edificios para uso habitacional**. México, D.F., 2011.

CCNNPURRE. COMITÉ CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN PARA LA PRESERVACIÓN Y USO RACIONAL DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS. **NOM-007-ENER-2014 – Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales**. México, D.F., 2014.

DASCALAKI, E. G.; BALARAS, C. A.; GAGLIA, A. G.; DROUTSA, K. G.; KONTOYIANNIDIS, S. Energy Performance of Buildings – EPBD in Greece. **Energy Policy**, v. 45, p. 469-477, 2012.

DENMARK. DANISH MINISTRY OF ECONOMIC AND BUSINESS AFFAIRS. **Building Regulations**. Copenhagen, 2010.

EECA. ENERGY EFFICIENCY AND CONSERVATION AUTHORITY. **Office building energy rating scheme to add value for tenants and owners**. Disponível em: <<http://www.eeca.govt.nz/news/office-building-energy-rating-scheme-add-value-tenants-and-owners>>. Acesso em maio de 2015.

EDMONTON. EnerGuide rating system. 2013. Site. Disponível em: <[http://www.edmonton.ca/city\\_government/documents/GreenGuide-EnerGuideRating.pdf](http://www.edmonton.ca/city_government/documents/GreenGuide-EnerGuideRating.pdf)>. Acesso em março de 2015.

EMIRATES ENERGY STAR. Site institucional. Disponível em: <<http://www.ees.ae/>>. Acesso em junho de 2015.

EUROPEAN COMMISSION. **Green Paper** – Towards a european strategy for the security of energy supply. Luxemburgo, 2001.

EGYPT-GBC. EGYPT GREEN BUILDING COUNCIL. **The Green Pyramid Rating System**. Gizé, 2011.



EGYPT-GBC. EGYPT GREEN BUILDING COUNCIL. **Site institucional**. Disponível em: <<http://egypt-gbc.org/ratings.html>>. Acesso em junho de 2015.

EKOMIM. EKOLOJIC MIMARLIK VE MÜHENDISLIK HIZMETLERI. Energy Performance Certificate. Disponível em: <<http://www.ekomim.com/en/energy-performance-certificate/>>. Acesso em agosto de 2015.

FEDERATION OF FINNISH TECHNOLOGY INDUSTRIES. **Energy Efficiency in Russia**. Helsinki, 2014.

FEDOTOVA, M. **Comparison of Russian and Finnish building energy certificates**. Lappeenranta, 2013.

GBPN. GLOBAL BUILDINGS PERFORMANCE NETWORK. **Building energy efficiency polices in China**. Paris, 2012.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. 1. ed. Porto Alegre, 2009.

GREENBUILDINGINDEX. **Site institucional**. Disponível em: <<http://www.greenbuildingindex.org/how-GBI-works2.html#Classification>>. Acesso em junho de 2015.

GOVERNMENT OF DUBAI. **Green Building: Regulations & Specifications**. Dubai, 2015.

GBPN. GLOBAL BUILDINGS PERFORMANCE NETWORK. **Singapore**. Disponível em: <<http://www.gbpn.org/databases-tools/bc-detail-pages/singapore#Summary>>. Acesso em junho de 2015.

HUI, S. C. M.; LEE, R. K. H. Development of Energy Labels for Residential Buildings in Hong Kong. 10<sup>th</sup> Asia Pacific Conference on the Built Environment. **Proceedings...** Kaohsiung, 2009.

IBEC. INSTITUTE FOR BUILDING ENVIRONMENT AND ENERGY CONSERVATION. **CASBEE for Building (New Construction): Technical Manual**. Tokyo, 2014.

IEA. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy Performance Certification of Buildings: A policy tool to improve energy efficiency**. Paris, 2010.



IEA. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Sustainable Buildings Centre:** Hungary Labels. Disponível em: <<http://www.sustainablebuildingscentre.org/buildings/labels/Hungary/National/residential/new/EPBD%20certification>>. Acesso em fevereiro de 2015.

INEN. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. **NTE INEN 2 506:2009 – Eficiência Energética en Edificaciones.** Requisitos. Quito, 2009.

IONESCU, C.; BARACU, T.; VLAD, G. E.; NECULA, H.; BADEA, A. The historical evolution of the energy efficient buildings. **Renewable and Sustainable Energy Reviews.** v. 49, p. 243-253, 2015.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 16346: Energy performance of buildings – Assessment of overall energy performance.** Geneva, 2013.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/CD 16343 (ISO/TC 163/SC/WG 4). Energy performance of buildings – Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings.** Geneva, 2011.

IWARO, J.; MWASHA, A. A review of buildings energy regulation and policy for energy conservation in developing countries. **Energy Policy**, v. 38, p. 7744-7755, 2010.

JOSE, N. **Star Labeling Program in India.** 2010. Disponível em: <[http://www.sari-energy.org/PageFiles/What\\_We\\_Do/activities/SAWIE/wiser/cap\\_dev\\_program\\_for\\_afghan\\_women\\_march\\_22-30\\_2010/PRESENTATIONS/24032010/ENGLISH/Nisha\\_Jose\\_Star\\_labelling.pdf](http://www.sari-energy.org/PageFiles/What_We_Do/activities/SAWIE/wiser/cap_dev_program_for_afghan_women_march_22-30_2010/PRESENTATIONS/24032010/ENGLISH/Nisha_Jose_Star_labelling.pdf)>. Acesso em fevereiro de 2015.

KEMCO. KOREA ENERGY MANAGEMENT CORPORATION. **Site institucional.** Disponível em: <[http://www.kemco.or.kr/renew\\_eng/main/main.aspx](http://www.kemco.or.kr/renew_eng/main/main.aspx)>. Acesso em maio de 2015.

KOBAS, B.; YILMAZ, Z. Integration of green building certification systems and energy performance certificates: BREEAM-Turkey and BED-Turkey. International Symposium “Steel Structures: Culture & Sustainability 2010”. **Proceedings...** Istanbul, 2010.

LEÃO, M.; MÜSCH, W.; FISCH, M. N.; LEÃO, E. B.; KUCHEN, E. A Evolução da Eficiência Energética na Alemanha. XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...** Fortaleza, 2008.



LIU, F.; MEYER, A. S.; HOGAN, J. F. **Mainstreaming Building Energy Efficiency Codes in Developing Countries: Global Experiences and Lessons from Early Adopters.** Washington, D.C., 2010.

MATROSOV, Y. A.; CHAO, M.; MAJERSIK, C. Forty-percent savings and beyond: recent advances in code implementation and Development of super-efficient buildings in Russia and its Neighbors. ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings. **Proceedings...** Pacific Grove, 2006.

MOLENBROEK, E.; STRICKER, E.; BOERMANS, T. Primary energy factors for electricity in buildings. ECOFYS: Netherlands, 2011.

MINISTERIO DE FOMENTO. Boletín Oficial del Estado. Código Técnico de la Edificación. Madrid, 2013.

NABERSNZ. NATIONAL AUSTRALIAN BUILT ENVIRONMENT RATING SYSTEM NEW ZEALAND. **NABERSNZ Certified Ratings.** Disponível em: <<http://www.nabersnz.govt.nz/ratings>>. Acesso em maio de 2015.

NZGBC. NEW ZEALAND GREEN BUILDING COUNCIL. **Green star:** Educational and industrial energy calculation guide. Auckland, 2009.

NOA. NATIONAL OBSERVATORY OF ATHENS. **D6.2: National Scientific Report – Greece.** Athens, 2012.

PEJTER, J.; GEBAUER, P. **Implementation of the EPBD in the Czech Republic – Status in November 2010.** Disponível em: <[http://www.epbd-ca.org/Medias/Pdf/country\\_reports\\_14-04-2011/Czech\\_Republic.pdf](http://www.epbd-ca.org/Medias/Pdf/country_reports_14-04-2011/Czech_Republic.pdf)>. Acesso em janeiro de 2014.

PBE EDIFICA. Edificações Etiquetadas. Site. Disponível em: <<http://pbeedifica.com.br/edificacoes-etiquetadas/comercial>>. Acesso em março de 2015.

PRIMARY SEAL. **What does the EnerGuide really mean?** 2009. Site. Disponível em: <<http://www.primaryseal.ca/blog/2009/06/what-does-the-energuide-label-really-mean/>>. Acesso em março de 2015.

PULIS, P. S. **The energy performance certification of Maltese buildings: regulations, methodologies and implementation.** 2012. Disponível em:



<<http://www.buildupskillsmalta.com/pdf/presentation%20MRRA%20SP%205oct12.pdf>>. Acesso em abril de 2015.

SANTOS, P. Certificação Energética e Ar Interior: Edifícios. Duque de Caxias: VII Workshop Internacional Sobre Avaliação da Conformidade. **Anais...** Duque de Caxias, 2012.

SEAI. SUSTAINABLE ENERGY AUTHORITY OF IRELAND. Site Institucional. Disponível em: <<http://www.seai.ie/>>. Acesso em novembro de 2014.

STAPELS, L.; VERBEECK, G.; ROELS, S.; GELDER, L. V.; BAUWENS, G. Energy Performance Labels for Dwellings Versus Real Energy Consumption. 13<sup>th</sup> International Building Simulation Conference. **Proceedings...** P. 25-28. Chambéry, 2013.

THE ENERGY CONSERVATION CENTER. **Japan Energy Conservation Handbook 2013**. Tokyo, 2013.

UNDP. UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. **Republic of Kazakhstan**: Energy-Efficient Design and Construction of Residential Buildings. Kazakhstan, 2013.

UNEP. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Sustainable Building Policies on Energy Efficiency**. Singapore, 2011.

UNITED KINGDOM. Energy Performance Certificate. Site. Disponível em: <[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/49997/1790388.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/49997/1790388.pdf)>. Acesso em março de 2015.