



Encontro Internacional sobre Gestão  
Empresarial e Meio Ambiente

ISSN: 2359-1048  
Dezembro 2016

## **Eficiência Energética de Edifícios – panorama e perspectivas das certificações no Brasil**

**ANTONIO LUIZ FERRADOR FILHO**

toninho21@uol.com.br

**ALEXANDRE DE OLIVEIRA E AGUIAR**

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO - UNINOVE

aaguiar@uni9.pro.br

## **Eficiência Energética de Edifícios – panorama e perspectivas das certificações no Brasil.**

### **Resumo**

O consumo de energia tem duplo efeito no meio ambiente: afeta o consumo de recursos naturais e provoca emissões de gases de efeito estufa, que tem influência nas mudanças climáticas. Reduzir este consumo é uma forma de ajudar na preservação do planeta para a atual e as futuras gerações. As construções são consumidoras de energia. A busca da eficiência energética das edificações é fundamental. Este estudo descreve, por meio de levantamento bibliográfico, como este tema vem sendo trabalhado no mundo e no Brasil, particularmente no que se refere a rotulagens e certificações de consumo de energia de edificações. A análise dos textos mostrou que a preocupação com este tema existe, governos e sociedade ao redor do mundo estão buscando soluções para atenuar o consumo de energia, selos e certificações têm sido criados, inclusive aqui no Brasil. No futuro poderão ser desenvolvidas novas legislações para tornar obrigatórios certos métodos ou procedimentos, ou novidades de mercado pelo peso que a eficiência energética pode ganhar nas transações imobiliárias. No lado técnico, nota-se a necessidade de maior padronização entre os sistemas de certificação no que tange as formas de cálculo de seus parâmetros e o uso de indicadores reais em conjunto com simulados.

**Palavras-chave:** eficiência energética, etiquetagem energética de edifícios, certificação energética de edifícios.

## **Building Energy Efficiency - overview and outlook of certifications in Brazil**

### **Abstract**

Energy consumption has a double effect on the environment: affects the consumption of natural resources and causes greenhouse gas emissions, which has influence on climate change. Reduce this consumption is one way to help preserve the planet for current and future generations. The buildings are potential consumers of energy. The search for energy efficiency of buildings is key. This study describes, through literature, how this topic has been approached in Brazil and in the world, particularly with regard to certifications and labeling of buildings energy consumption. The analysis of the texts showed that concerns on this issue exist, governments and society around the world are looking for solutions to mitigate energy consumption. Labels and certifications have been created, including in Brazil to inform stakeholders on buildings energy efficiency. In the future new legislation could be created to make mandatory some methods and procedures, or new market tools based on the force energy efficiency can have in the real state. On the technical side there is the need for greater standardization of the certification and labeling systems regarding the ways of calculation of its parameters and the use of real indicators in conjunction with simulated indicators.

**Keywords:** energy efficiency, building energy labels, building energy certification.

## 1 Introdução

Devido às mudanças climáticas e a degradação do meio ambiente ocorridas nos últimos anos e do ponto de vista de pensar o futuro, medidas transdisciplinares são necessárias em direção à sustentabilidade, para que as próximas gerações ou até mesmo a atual continue tendo recursos naturais disponíveis e suficientes para atender as suas necessidades.(McCormick et al., 2016; Gaziulusoy, Ryan, McGrail, Chandler, e Twomey, 2015).

Os problemas causados pelas mudanças climáticas têm sido frequentemente discutidos na Europa e questões sobre consumo de energia fazem parte dessa discussão (Mickaityte, Zavadskas, Kaklauskas, & Tupenaite, 2008). O acordo de Paris, acertado em Dezembro de 2015, ao final da 21ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP21), e que foi assinado por mais de 195 países, é um passo importante no sentido de minimizar as mudanças climáticas que vem ocorrendo (COP21, 2015).

Conforme os costumes foram mudando ao longo do tempo, a energia tornou-se um insumo primordial para atendimento da demanda criada com o modo de vida adotado pela sociedade. Principalmente nos países mais desenvolvidos, atividades diárias que até há pouco tempo eram feitas de outra maneira, agora utilizam energia para serem executadas, como pagar uma conta, comunicar com outras pessoas, comprar um produto, etc. Com isso, os países ou regiões cuja qualidade de vida é melhor, são os que mais consomem recursos. Este consumo de energia é citado por vários estudos como sendo um dos pontos centrais na redução dos recursos naturais e no aumento da emissão de gases de efeito estufa, causadores de mudanças climáticas (Hartkopf & Loftness, 1999).

As edificações são importantes consumidoras de recursos como energia e água, geradoras de resíduos e gases de efeito estufa. Estes gases são apontados como causa para o aquecimento global e as mudanças climáticas (Juan et al., 2010). Memon (2014) indica que as construções consomem 30% de toda a energia e causam um terço de toda a emissão de CO<sub>2</sub>, em termos mundiais. Em torno de 40% da energia elétrica consumida na maioria dos países deriva da utilização em edificações, segundo Chen, Cook, e Crandall (2013). Outros autores indicam que existe um enorme potencial de economia a ser estudado, tratado e otimizado em relação à eficiência energética de edifícios (Lowe, 2000; Juan, Gao, & Wang, 2010; Zheng, Jing, Huang, Zhang, & Gao, 2009).

O consumo de recursos atravessa todo o ciclo de vida das edificações. O maior impacto ambiental relacionado ao consumo de energia e água se dá durante o período operacional, em que é efetivamente usada (Ortiz-Rodríguez, Castells, & Sonnemann, 2012).

Uso da energia: nos países da União Europeia, nas edificações residenciais a energia é usada principalmente para aquecimento do ambiente (57%), em segundo lugar para aquecimento de água (25%) e em seguida uso de energia elétrica (11%). Em países mais frios, como a Polônia, o aquecimento do ambiente demanda mais de 70% do total (Chwieduk, 2003). Aquecimento e refrigeração de ambientes, juntos, consistem, em média, 41% da energia demandada pelos edifícios residências na Austrália e o aquecimento de água em outros 30%. Os dois primeiros respondem por 11% da emissão total de gases de efeito estufa (Saman, 2013).

Duas informações podem ser extraídas destes dados: medidas de melhoria da eficiência energética em edificações são necessárias, pois existem espaço e potencial nesse sentido. Por outro lado verifica-se que cada país ou região tem uma característica diferente e que as medidas nem sempre devem ser semelhantes, dependendo do local e região climática analisada.

A renovação do conjunto de edifícios existentes é considerado fator chave para a redução de emissões de CO<sub>2</sub> e gastos energéticos. Segundo Lowe (2000) e McCormick et al.

(2016), medidas para melhorar a eficiência energética das edificações existentes é um caminho importante para atingir estes objetivos.

Uma parcela das edificações em uso pertence ao poder público. Este setor controla grandes orçamentos e tem poder de compra de uma vasta gama de produtos e serviços (Biderman, Macedo, Monzoni, & Mazon, 2006). No Brasil, para os Edifícios Públicos Federais já existe legislação que estabelece a obrigatoriedade de rotulagem energética e cria o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edifícios (PBE- Edifica), cuja implementação foi realizada por uma parceria entre o INMETRO e a Centrais Elétricas Brasileiras – Eletrobrás, dando origem ao selo de desempenho energético, conhecido como selo PROCEL-Edificações. Segundo essa legislação, para obter o selo é obrigatória a obtenção de classificação “A” neste sistema em prédios novos ou grandes reformas, em prédios do poder público Federal.

## **2 Metodologia**

Trata-se de um trabalho com base exclusivamente bibliográfica. Foram utilizadas, para acesso aos artigos, as seguintes Base de Dados científicas: Scopus, Proquest e EBSCO. Alguns textos foram acessados via Google Acadêmico. As buscas utilizaram as seguintes Palavras-chave: eficiência energética, etiquetagem energética de edificações, certificações de eficiência energética de edifícios, eficiência energética e edifícios públicos, *energy efficiency*, *building energy labeling*, *building certification*, *energy efficiency and building retrofit*.

No caso da base Scopus, os dados de 150 artigos foram exportados em planilha Excel para facilitar a seleção dos 50 mais relevantes. Os artigos foram selecionados progressivamente pelas leituras do título e resumo, excluindo-se os que tinham pouco interesse.

O conteúdo dos artigos foi categorizado e organizado nos seguintes temas: ciclo de vida das edificações; eficiência energética em edificações, aspectos técnicos da eficiência energética em edificações, indicadores de eficiência energética.

## **3 Contexto teórico: sustentabilidade e eficiência energética em edificações**

### **3.1 Ciclo de vida das edificações**

As construções tem uma grande parcela nos fatores de agressão ao meio ambiente. Representam segundo alguns autores como Courtney (1999); Hong, Chou, & Bong (2000); Chen, Cook, & Crandall (2013); Praznik, Butala, & Senegačnik (2014), uma das maiores fontes consumidoras de recursos naturais, água e energia elétrica, além de ser uma das maiores geradoras de resíduos e de emissões de gases de efeito estufa. O Relatório do *Programme des Nations Unies pour l'environnement* (UNEP, 2011) aponta para esta mesma direção, colocando as edificações como consumidoras de alto impacto e potencialmente causadoras do aquecimento global (United Nations Environment Programme, 2011)

O setor de edificações representa cerca de 40% do consumo total de energia, na maioria dos países, e vem tendo um crescimento acelerado (Chwieduk, 2003; Chen, Cook, & Crandall, 2013). De acordo com Chwieduk (2003), tratar a eficiência energética de edificações deve ser o primeiro passo importante no sentido de torna-las sustentáveis.

Na China, com o seu alto índice de crescimento populacional e urbano, a grande demanda por residências e infraestrutura trouxe relevantes desafios para o desenvolvimento sustentável nas suas cidades (Chen, Jiang, Dong, & Huang, 2015). O uso de energia pelas edificações residenciais e não residenciais representa uma parte significativa do total da energia consumida na China. O setor de edificações como um todo responde por 25% do total de consumo de energia. A redução do consumo nesta área pode ter efeito significativo na redução da emissão de gases de efeito estufa (Chen et al., 2015)

O ciclo de vida das construções pode ser dividido em três fases distintas: construção, operação e desconstrução. A construção inclui o projeto, extração da matéria-prima, fabricação de insumos, transporte e uso das matérias-primas e insumos. Medidas para conservação de energia em edificações, já na fase de projeto, visando melhorar a eficiência durante a operação. (Wang, Zmeureanu, & Rivard, 2005). Segundo Sedláková, Vilčeková, e Burdová (2015) a busca pela sustentabilidade vem sendo enxergada como um importante quesito a ser levado em consideração já nos projetos de edifícios. A fase de operação: é o uso efetivo da edificação pelos seus ocupantes, e é o período mais longo do ciclo de vida e em que existe o maior impacto ambiental relativo a consumo de energia elétrica (Ortiz-Rodríguez, Castells & Sonnemann, 2012). O condicionamento de ar e o aquecimento são os principais consumidores de energia nessa fase (Liu, Shukla, & Zhang, 2014). Na desconstrução o edifício é desmontado e o impacto é maior em termos de resíduos do que em termos de energia.

As edificações existentes nem sempre são construídas levando em consideração os aspectos de sustentabilidade e é na sua fase de uso ou operação, a mais longa, onde ocorrem os maiores gastos energéticos e emissões de gases de efeito estufa. Daí deriva a importância de se considerar reformas (*retrofits*) voltadas à melhoria de parâmetros de eficiência energética (Mickaityte, Zavadskas, Kaklauskas, & Tupenaite, 2008).

### 3.2 Principais aspectos técnicos de projeto da eficiência energética das edificações

Eficiência energética é fazer mais com menos energia, isto é, gastar o mínimo de energia e obter o maior resultado em serviço entregue (Pérez-Lombard, Ortiz, González & Maestre, 2009). Para um produto, a eficiência energética é uma característica, como o seu preço ou sua cor, e é medida pela quantidade de energia que consome para produzir o resultado, por exemplo, um ar condicionado: quanto calor retira do ambiente por kwh de eletricidade consumida (Gillingham, Newell, & Palmer, 2009).

Preocupações com preservação do meio ambiente desde a década de 1980 fizeram com que a eficiência energética fosse considerada estratégica (Buck & Young, 2007). O controle de consumo de energia mostra-se cada vez mais fundamental para um desenvolvimento sustentável (Zheng et al., 2009). Segundo Fioretti, Palla, Lanza, e Principi (2010), o gerenciamento do consumo de água e energia no contexto urbano é uma das medidas mais efetivas em direção a sustentabilidade e redução de dióxido de carbono na atmosfera (Fioretti et al., 2010).

Aspectos importantes devem ser considerados para se obter um desempenho energético satisfatório, tanto na fase de projeto da edificação como em todo seu ciclo de vida. A Figura 1 lista e comenta estes aspectos.

Aspecto	Mecanismo de influência na eficiência energética	Citação	Comentários
<b>Orientação das Fachadas</b>	A orientação das fachadas interfere na insolação, e portanto na iluminação e no conforto térmico	(Laustsen, 2008)	Ao estudar um edifício é fundamental conhecer sua orientação geográfica
<b>Tipo de Envelope (envoltória)</b>	O fluxo de energia e água entre a interface do prédio (envelope) e o meio que o envolve é um importante fator da sustentabilidade e das condições de vida dos ocupantes do edifício	(Kassem, Kaseb, & El-Refaeie, 1998)	Ao estudar um edifício é importante ter informações sobre a e os materiais construtivos de janelas, parede e cobertura.
<b>Áreas Envidraçadas</b>	A porcentagem de áreas envidraçadas em relação a	(Gomes, Santos, &	O uso de áreas envidraçadas nas fachadas dos edifícios podem trazer melhor insolação, apesar

	área total da fachadas afeta o consumo de energia e o conforto do ambiente.	Rodrigues, 2014)	do risco do excesso de luz,e impactam diretamente o desempenho energético do prédio, além de afetar o conforto térmico dos ocupantes (Gomes et al., 2014)
<b>Luz Natural</b>	aproveitamento da iluminação natural é um auxiliar na redução do gasto energético de edifícios	(Carlo & Lamberts, 2010)	No aproveitamento da luz natural não existe só a redução na demanda de energia elétrica para iluminação, pode ajudar também a reduzir a necessidade de condicionamento e ventilação, reduzindo a potência de equipamentos e, portanto, seus gastos energéticos. Porém , pode haver um maior aquecimento. Deve haver um equilíbrio entre iluminação natural e conforto térmico (Li, & Lam, 2000).
<b>Sombreamento do entorno</b>	Aproveitamento da luz natural nos grandes centros nem sempre é possível, devido a concentração de edificações na área urbana causar um efeito de sombreamento e com isso o consumo por iluminação tende a aumentar	(Fernandes & Labaki, 2012)  (Carlo, & Lamberts, 2010)	Materiais que proporcionam melhor aproveitamento da luz natural, vidros especiais, filmes polarizados para instalação nas janelas, tintas com maior índice de reflexão solar, telhados verdes, entre outros, são alguns exemplos de como a utilização de materiais adequados podem ajudar a melhorar o desempenho energético de edificações.
<b>Medidas básicas</b>	Algumas medidas relativamente simples podem ajudar na obtenção de uma eficiência energética com desempenho superior, como pintar paredes e teto com cores claras, entre outras.	(Krtati, 2015)	
<b>Uso de energias renováveis e fontes próprias</b>	O edifício pode ter geração própria de energia elétrica (solar, eólica ou geradores a combustíveis), ou mesmo aquecimento direto de água (scalco et al, 2012)	(Scalco et al, 2012)	O projeto do edifício deve prever espaços para acomodar os equipamentos necessários.
<b>Uso de materiais especiais</b>	Uso de materiais com comportamento térmico específico pode diminuir a necessidade de equipamentos de ar condicionado e de aquecimento. Um exemplo são os "phase change materials" (PCM)	(Sharma & Sagara, 2005)	Os PCM são capazes de liberar esta energia armazenada durante a sua mudança de fase a uma temperatura praticamente constante, obtendo-se mudança do seu estado físico apenas. Esta energia em forma de calor latente pode ter valores positivos ou negativos, dependendo de se o material absorve ou libera energia calórica
<b>Passive House</b>	Padrão de residência baseado em uma série de tecnologias, design e materiais. É basicamente uma derivação do padrão de casa de "baixa energia".	(Schnieders & Hermelink, 2006)	São edificações que garantem um ambiente interno com conforto térmico em qualquer estação climática, seja no inverno ou no verão, com pouca ou nenhuma necessidade de aquecimento artificial.
<b>Automação e IoT (Internet of Things )</b>	Uma forma de obter ganhos de eficiência é a utilização de tecnologias de automação, eliminando ou reduzindo desperdícios, melhorando a sensação térmica e otimizando o uso	(Li, 2013) (Fernández, García, Alonso, & Casanova, 2016) (Dutton,	Além das melhorias citadas, a automação pode ser útil na captura de dados relativos ao consumo energético da edificação, possibilitando o uso de técnicas de análise de dados para avaliar padrões de comportamento e gerenciamento da energia. Um novo patamar de desempenho na

	de aquecimento e refrigeração artificiais.	2014)	automação deverá ocorrer com a implantação da Internet das coisas (IoT). Melhoraa na comunicação entre sensores e “objetos” habilitados a se comunicar nesse protocolo, possibilitando um melhor gerenciamento e controle das edificações.
--	--	-------	--

**Figura 1: Aspectos relacionados a Eficiência Energética**

Fonte: Autores citados no quadro e dos autores

### 3.4 Indicadores de eficiência energética de edificações

Para se avaliar a eficiência energética dos edifícios, foram desenvolvidos vários indicadores de desempenho, baseados em algum tipo de abordagem. De acordo com Goldstein e Eley (2014), os mais comuns são mostrados na Figura 2.

Indicador (índice)	Descrição	Observação
Índices de Classificação de Ativos ( <i>Asset Ratings</i> ).	São baseados em desempenho energético “simulado”, por meio de valores de medidas características, como áreas da fachada, percentual de fachada envidraçada em relação ao total, dados de equipamentos, como potência de ar-condicionado, etc. Usa alguns valores padrão na simulação, como condições climáticas e outros	Mostram o quão eficiente energeticamente é a construção, a partir de modelos pré-definidos. Valor obtido pela simulação é dividido por um valor padrão (ou comparado com este), ou de referência, para aquele tipo de edificação, obtendo-se um valor absoluto para o indicador. Não depende da interferência do usuário
Índices Operacionais	Indicadores práticos, partem de medidas reais de uso de energia e as comparam com edificações da mesma natureza e características para obter o seu grau de eficiência energética.	Derivam do gasto energético efetivamente avaliado em um período de tempo, medido pelas contas de eletricidade, gás e outros combustíveis consumidos. É obtido então um valor que depois é dividido por um valor obtido de medições feitas em edifícios “base” semelhantes.
Índice de Operação e manutenção (O&M)	Calculado pela razão entre o gasto energético do prédio, índice operacional, dividido por um valor de modelagem simulada do próprio edifício, ajustada para as condições reais.	
Índice de condição energética ( <i>Energy Service Index</i> ):	Razão entre os dados energéticos reais e o calculado a partir de uma modelagem padrão de um prédio genérico teórico.	

**Figura 2: Indicadores de eficiência energética**

Fonte: Goldstein e Eley (2014) e autores.

Goldstein e Eley (2014) apontam que a precisão dos valores obtidos nos indicadores de Classificação de Ativos, O&M e Energy Service, dependem em grande parte da correção da modelagem utilizada: as premissas usadas corretamente e a precisão do modelo.

### 3.6 Categorias analisadas para cálculo da Eficiência Energética de edificações:

São basicamente seis, conforme Leipziger (2013) e mostrados na Figura 3.

Categorias de análise de Eficiência Energética de edifícios	Leipziger (2013)	Comentários e diálogo com outras fontes

<i>Índices de Quantificação de Consumo de Energia</i>	Tipos de índices utilizado nos cálculos da eficiência energética. Podem ser do tipo "real" (medido pelas contas de energia, fácil de determinar e mais barata) ou "Calculado", determinado por meio de simulação virtual, que não depende da operação e facilita comparação com edificações semelhantes.	No método "real" ou "operacional" há grande influência de aspectos operacionais e a comparação é mais difícil No método "calculado" há maiores dificuldades técnicas, exige-se maior especialização do profissional e é um processo mais caro.
<i>Formas de medição da energia</i>	Como os sistemas de avaliação determinam o valor do gasto de energia a ser usado em seus cálculos. Os métodos podem ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energia medida menos perdas de geração e transmissão</li> <li>• Energia medida na edificação</li> <li>• Energia medida menos produzida localmente</li> </ul>	
<i>Área de Piso</i>	Diferentes formas de medição desse parâmetro são usadas por diferentes sistemas de avaliação de eficiência energética <ul style="list-style-type: none"> <li>• Área climatizada artificialmente (resfriamento ou aquecimento)</li> <li>• Área condicionada e não condicionada</li> <li>• Área bruta (inclui paredes) /Área líquida (área interna exceto paredes)</li> <li>• Área rentável (locável)</li> </ul>	O condicionamento de ar (resfriamento ou aquecimento) é a característica-chave para se definir a área levada em consideração.  Leipzig (2013) indica que o sistema <i>Diagnostic de Performance Energétique</i> (DPE), na França e <i>Home Energy Residential System</i> (HERS), nos EUA, definem espaços a serem avaliados nas construções <u>residenciais</u> como somente os que possuem condicionamento mecânico, porque nas residências o maior consumo energético se deve ao condicionamento artificial, ao contrário dos edifícios comerciais.
<i>Tipo de Edificação</i>	Os sistemas de avaliação têm suas próprias regras para avaliar cada tipo de edifício. Estas regras em geral englobam três categorias de edificações: residencial (familiar ou multi-familiar) ou não-residencial; existente ou nova; e pública ou privada. Outras categorias são: edificações em projeto, novas ou prédios existentes; edifícios públicos ou privados	Não existe padrão internacional para definir o que são edifícios públicos ou privados. Na China, edifícios públicos incluem todos os edifícios não residenciais, enquanto na França ou no Brasil, apenas construções que abrigam órgãos governamentais são consideradas "públicas" (Leipzig, 2013). Para edifícios em fase de projeto ou recém-construídos (sem histórico operacional) são utilizados métodos de simulação. Há casos de difícil classificação, como prédios com usos mistos ou pensões e cortiços, que são residenciais mas tem área locável.
<i>Modos de comparação</i>	Após a geração do edifício padrão ( <i>benchmark</i> ), pode ser feita uma escala de comparação de entre o padrão e o prédio em avaliação, O edifício real deve ter um desempenho igual ou acima do padrão (Laustsen, 2008). A comparação pode ser de desempenho relativo ou absoluto	O Benchmark pode ser construído a partir de um edifício real ou simulado. No programa Energy Star é utilizada uma escala contínua de 1 a 100. No PROCEL, a comparação leva a classificação em categorias discretas ("A" a "E"). Segundo estudo de Backhaus, Tigchelaar, e de Best-Waldhober (2011), a escala contínua causa mais confusão aos usuários que a escala discreta. Já a escala discreta pode acarretar análises diferentes para um prédio que se encontra no limite entre duas classificações.
<i>Finalidade da energia</i>	Uma atividade ou processo que consome energia em uma edificação é chamado, nos sistemas de avaliação, de utilização final da energia. Pode também ser chamado de	Os usos avaliados são definidos pelas prioridades dos profissionais e legisladores que lidam com eficiência energética local e que criam os sistemas de avaliação



	carga ou demanda de energia.	
--	------------------------------	--

**Figura 3 :Categorias de análise da Eficiência Energética.**

**Fontes: Autores citados no quadro e dos autores**

#### **4 Certificação e rotulagem de edifícios quanto a eficiência energética**

A fim de comunicar às partes interessadas sobre as características de sustentabilidade de edifícios, foram criados sistemas de rotulagem e certificação. Instituições em vários países criaram instrumentos de mensuração, com indicadores para diversos aspectos da sustentabilidade, como os certificados LEED (Estados Unidos), BREEAM (Reino Unido), HQE (França), BEPAC (Canadá), CASBEE (Japão), NABERS (Austrália), LIDERA (Portugal), entre outros (Santo, 2010).

Um dos aspectos trabalhados nessas certificações diz respeito à eficiência energética das edificações. A Dinamarca foi o país pioneiro na criação de uma classificação de eficiência energética, primeiro para edifícios comerciais (1992) e depois para edificações residenciais (1993) (Leipziger, 2013). Em 1995, foi criado o selo *Energy Star*, nos Estados Unidos, pela *United States Environmental Protection Agency* (EPA), que abrange várias categorias de produtos, incluindo edificações (<https://www.energystar.gov>, recuperado em 16, setembro, 2016). No Brasil o selo PROCEL-Edificações foi desenvolvido pelo INMETRO em parceria com a Eletrobras (Citar)

##### **4.1 A experiência europeia**

Na Europa, a *European Council Directive 93/76/CEE*, de 1993, definiu a certificação em eficiência energética como uma das bases para a redução da emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Era não obrigatória e não teve muita repercussão entre os estados da União Europeia (Pérez-Lombard, Ortiz, González, & Maestre, 2009). Um impulso importante foi dado em 2002, com a criação na União Europeia da diretiva *Energy Performance of Buildings Directive* (EPBD) (Leipziger, 2013). Segundo Pérez-Lombard et al. (2009), esta diretiva, chamada 2002/91/EC, foi melhorada em relação aquela de 1993, mas também não muito clara, deixava algumas definições em aberto. Exigia a certificação de edificações, mas não continha a definição exata do que seria eficiência energética de edifícios e nem a forma exata de como se fazer as medições, criando dúvidas para sua implementação. Para Leipziger (2013), apesar disso foi bem sucedida no aspecto de ter sido seguida pela criação de classificações energéticas em 31 países europeus.

Em 2007 foi publicada a norma europeia EN 15217, a qual detalhou meios de expressar a eficiência energética e como deveriam ser feitas as certificações nas edificações. É desenvolvido um esquema de certificação que deve conter informações de eficiência energética e outras relativas ao tema (Pérez-Lombard et al., 2009).

##### **4.2 Selos e certificações no Brasil**

No Brasil, a crise energética de 2001 de certa forma acendeu um “sinal amarelo” nos órgãos governamentais, os quais passaram a ter uma preocupação maior com consumo de energia (Menkes, 2004), passando a criar legislações e normas a respeito do assunto. Após a diretiva da EPBD, em 2002, também houve no país um aumento de iniciativas para melhorias de eficiência energética.

Dentre elas, uma das pioneiras foi criada em 2007 a certificação AQUA (Alta Qualidade Ambiental), pela Fundação Vanzolini, de São Paulo, adaptada do sistema francês *Haute Qualité Environnementale* (HQE), para edificações, abrangendo várias de suas características (Pugliero & Pimentel, 2010). Nesta certificação são trabalhadas catorze categorias divididas em quatro grupos: Eco-construção, Gestão, Conforto e Saúde. Todas essas categorias são verificadas nas fases de levantamento de necessidades, *design* e

construção. Destaque-se que a eficiência energética está incluída na categoria “Gestão” (Grünberg, de Medeiros, & Tavares, 2014).

O selo CASA AZUL, lançado e utilizado para efeito de financiamento de projetos de construções sustentáveis financiados pela Caixa Econômica Federal (CEF), é de caráter voluntário e baseia-se na avaliação das categorias: Projeto e Conforto, Qualidade Urbana, Eficiência Energética, Conservação de Recursos Naturais, Práticas Sociais e Gestão da Água. As categorias se subdividem em 53 critérios, analisados no período de verificação da viabilidade da concessão do empréstimo. As classificações dos empreendimentos podem ser Bronze, Prata ou Ouro (Grünberg, Medeiros, & Tavares, 2014).

A certificação Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) tem tido destaque no mercado. Criada pelo US Green Building Council, foi trazida e adaptada para o Brasil pelo Green Building Council Brasil. (GBC Brasil). Sete temas são avaliados pelo LEED: espaço sustentável, eficiência do uso da água, energia e atmosfera, materiais e recursos, qualidade ambiental interna, inovação e processos e créditos de prioridade regional. A eficiência energética do edifício faz parte do critério Energia e Atmosfera.

Note-se que, de acordo com a GBC Brasil a partir de 2015, parte dos requisitos do LEED pode ser comprovada por meio do atendimento aos critérios do Procel Edificações para edificações públicas, comerciais e de serviços com algumas exceções, como por exemplo laboratórios e data centers. A adoção do LEED tem crescido de forma consistente, atingindo 1029 empreendimentos registrados e 312 certificados em 2016. A maior parte dos empreendimentos registrados são comerciais e centros de distribuição (<http://www.gbcbrazil.org.br>, recuperado em 16, setembro, 2016).

As certificações AQUA, LEED e CASA AZUL estão relacionadas à sustentabilidade das edificações de modo geral, e incluem a eficiência energética nos seus requisitos. No Brasil há, no entanto, um selo específico para eficiência energética: o PROCEL-Edificações (Carlo & Lamberts, 2010).

### **4.3 Selo PROCEL-Edificações**

Para Edifícios Comerciais, Públicos e de Serviços são analisados três temas do edifício: a Envoltória, que é toda a parte externa do edifício; a Iluminação; e o Condicionamento de Ar. Cada um desses temas tem pré-requisitos próprios e uma avaliação específica que gera uma nota individual. A escolha da característica de etiquetagem a ser desenvolvida fica a cargo do solicitante. Ele pode escolher as alternativas: Envoltória somente e Envoltória mais alguma outra característica ou as três características. A etiquetagem da Envoltória tem que estar em todas elas, pois é obrigatória pelo sistema do INMETRO, definido no Regulamento Técnico da Qualidade para edificações Comerciais, Públicas e de Serviços (RTQ-C).

Existem dois métodos para Avaliação da Eficiência Energética no sistema INMETRO/PROCEL-Edificações. O primeiro, chamado Prescritivo, é mais prático e barato para o solicitante. Nesse método são usadas equações geradas pela análise de simulações de um número limitado de casos por regressão estatística. É válido principalmente quando edifícios são condicionados (Versage & Lamberts, 2011). Tal método é uma simplificação do método de simulação e visa à classificação das edificações segundo equações e tabelas fornecidas nos regulamentos. É mais genérico e mais limitado (Carlo & Lamberts, 2010).

O segundo é o método de Simulação, onde um software é utilizado para simular as características energéticas do prédio. Este segundo é mais preciso e eficiente, mas exige a participação de consultores profissionais treinados e qualificados para este tipo de trabalho. O método de simulação propicia uma alternativa de análise da eficiência energética da edificação de uma forma completa, com soluções arquitetônicas flexíveis, por meio de softwares de simulação energética. Além dos dados do edifício em si, este método também

pode fazer uso das condições do entorno da construção, aproveitando o sombreamento dos edifícios adjacentes, aprimorando sua avaliação em termos de eficiência energética.

O método de avaliação da edificação no caso do PROCEL-Edifica é escolhido pelo solicitante, tanto para a etiquetagem do projeto como para o edifício em si. A classificação do edifício é feita em uma escala discreta, que vai da letra “A” para mais eficiente até a letra “E” para a menos eficiente.

A instrução normativa número N02/2014, da Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, de 4 de junho de 2014, diz respeito a locação ou compras públicas do governo federal, de equipamentos movidos a energia elétrica. Também traz a exigência da Etiquetagem Nacional de Eficiência Energética (ENCE), do INMETRO/PROCEL-Edificações, na classificação “A”, para novos projetos e construções de edificações públicas federais e respectivas reformas, também chamadas de *retrofits*, nestas construções. Isto é aplicável a edifícios com área superior a 500 m<sup>2</sup> ou “cujo valor da obra seja superior ao equivalente ao Custo Unitário Básico da Construção Civil - CUB Médio Brasil atualizado aplicado a uma edificação de 500m<sup>2</sup>” de acordo com a Instrução Normativa N02/2014 (Brasil, 2014).

Para edifícios Residenciais, são analisados previamente pré-requisitos de envoltória, de ambientes e dependências do edifício relativos a orientação, ventilação, iluminação e vedações de paredes e coberturas. A análise prossegue por meio da verificação da Envoltória para duas estações do ano em que as temperaturas são extremas: Inverno e Verão. Além disso, também é avaliada a situação de existir Refrigeração Artificial. É feita a média ponderada das três situações, que irá gerar a nota final da Envoltória. Também podem ser acrescentados pontos de bonificação para iluminação e ventilação naturais, aquecimento de água solar, ventilação artificial, refrigeração artificial.

## **5 Questões e perspectivas**

### **5.1 Mercado**

Tendência deve ser o crescimento, no caso de edifícios destinados a uso pelo governo federal, do número de novos edifícios e reformas certificadas, devido à obrigatoriedade pela norma IN02/2014.

Já existem alternativas brasileiras para certificação ou etiquetagem de edifícios, como o selo AQUA e o PROCEL-Edificações. Entretanto, como destacam Piccoli, Kern, González, & Hirota (2010) o uso desses sistemas nacionais ainda não é muito frequente, sendo preteridos por alternativas estrangeiras, mais conhecidas, como o sistema LEED norte-americano, que trata de vários aspectos da sustentabilidade, não só a eficiência energética, adaptado as construções nacionais. Uma boa notícia é a aceitação, por parte do GBC BRASIL do sistema PROCEL-Edificações como sendo um sistema equivalente a ser utilizado para a classificação da eficiência energética no LEED, conforme noticiado pelo GBC Brasil (<http://www.gbcbrasil.org.br>, recuperado em 16, setembro, 2016). A unificação dos critérios tem potencial para maior padronização e aceitação pelo mercado.

O estabelecimento de exigências comerciais relacionadas aos selos energéticos de edificações pode incentivar a melhoria da eficiência energética. Existem países que já utilizam essa ferramenta no mercado de imóveis. Na Europa, houve a criação de um certificado associado ao desempenho energético do edifício, chamado de Energy Performance Certificate (EPC), o qual ajuda a possíveis compradores ou locatários de imóveis a saber quanto aquele prédio é eficiente e a calcular custos com energia despendida (Tronchin & Fabbri, 2012). Na Grã-Bretanha, o correspondente ao EPC é o Display Energy Certificate (DEC), um diploma que deve ficar em lugar visível na edificação. Deve ser utilizado em qualquer transação imobiliária e mostra o uso de energia num período por meio de medições

de eletricidade, gás, entre outros indicadores. O DEC foi tornado obrigatório em 2015 para edifícios públicos maiores de 250 m<sup>2</sup> (Woking Borough Council, [s.d.]

## 5.2 Políticas Públicas

Segundo Scalco et al. (2012), a regulamentação do uso da energia é usada estrategicamente por governos. A adoção de legislações voltadas a medidas de redução de consumo é um incentivo a melhoria da eficiência energética de edificações. Na China, um dos 10 programas chave do 11º Plano Quinquenal governamental (2002-2006) foi o de eficiência energética em edificações (Yu, Yang, Tian, & Liao, 2009). No Brasil, principalmente desde 2001, após a crise de energia, tem sido criadas legislações a respeito (Lamberts, Goulart, Carlo, Westphal, & Pontes, 2007)

Em 2014, com a adoção da Instrução Normativa IN 02/2014, do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, foi tornada obrigatória a etiquetagem nível “A” no selo PROCEL-EDIFICA para os edifícios públicos federais novos ou reformas que ultrapassem 500 m<sup>2</sup> de área envolvida. De acordo com Fossati, Scalco, Linczuk e Lamberts (2016), está em desenvolvimento no Brasil a adoção de um “*Display Energy Certificate*” (DEC) para edifícios Comerciais e Públicos.

## 5.3 Aspectos Econômico-financeiros

Melhorias em Eficiência Energética trazem um expressivo número de oportunidades de redução de consumo energético e custos ao longo do tempo (Harvey, 2009). O desenvolvimento de melhor isolamento, mudanças nas fachadas e materiais nas envoltórias, melhorias nos equipamentos de refrigeração e uso de inovações tecnológicas estão entre as medidas que podem ser tomadas pelos proprietários ou locatários. Porém essas medidas geralmente envolvem um custo de implantação (Siew, 2015). Inovações ou características avançadas de sustentabilidade podem aumentar significativamente o custo total do projeto (Morris, 2007). Segundo um estudo da percepção dos proprietários feito no Canadá os altos custos são a principal barreira para se investir em práticas verdes (Issa, Rankin, & Christian, 2010). Isto demonstra a necessidade e a importância da existência de financiamento externo, para viabilizar estas medidas (Siew, 2015)..

O investimento ambiental, segundo previsão da *United Nations Environment Programme* (UNEP) , trará grande melhoria no consumo de energia até 2050, tornando esse consumo mais eficiente e, em alguns setores praticamente desvinculando o crescimento econômico do consumo. Investimentos em eficiência energética, por exemplo, devem trazer uma redução de 16% na emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera até essa data (United Nations Environment Programme, 2011).

Um exemplo de investimento externo: na Austrália, em 2008, um fundo, conhecido como “*Green Building Fund*”(GBF), foi criado com a finalidade de incentivar iniciativas para mitigar as mudanças climáticas, por meio da redução da emissão de gases de efeito estufa com a melhoria no consumo de energia em edifícios comerciais. Este fundo foi formado por uma parceria entre indústria, empresas e governo (Siew, 2015).

O contexto econômico do país é um fator que pode facilitar ou dificultar as linhas de investimento em eficiência energética das edificações. No caso dos juros praticados estarem altos, este tipo de investimento pode não ser atrativo, devido ao retorno ser menor do que o obtido no mercado financeiro. Esta observação é baseada na teoria de Keynes que “..ênfatisa a volatilidade das decisões de investimento e sua dependência em relação à eficiência marginal esperada do capital e à taxa de juros” (Melo & Rodrigues Júnior, 1998, p. 8).

Outro fator que pode influir na oferta de investimentos desse tipo é o preço da energia: se houver uma tendência de alta, pode haver um crescimento neste tipo de mecanismo, enquanto que em períodos de queda de preços, existirá uma barreira para isso, empurrando a

tendência de liberação de linhas de crédito para baixo. Esta variação de preços da energia também pode interferir na decisão do proprietário ou administrador do imóvel, viabilizando ou adiando investimentos em *retrofits* para eficiência energética (Kumbaroğlu & Madlener, 2012).

#### **5.4 Perspectivas técnicas**

Deve haver um aumento da exigência, uma avaliação da continuidade da eficiência, isto é, de tempos em tempos se fazer uma nova certificação, utilizando os dados de consumo (operacionais) e não mais dados teóricos (simulados) ou os dois em conjunto. Atualmente o selo PROCEL da edificação, que usa indicadores simulados, não tem prazo de validade. Há um pressuposto implícito de que as características do edifício serão mantidas ao longo de sua vida útil. Como se garantir que aquelas variáveis medidas ou calculadas na obtenção do selo não sofreram mudanças?

Segundo Mo et al.(2010) a tendência é a de se utilizar dois tipos de indicadores em conjunto (calculados e operacionais) e aparentemente os sistemas de classificação caminham para isso. Permitem uma avaliação do desempenho do edifício fisicamente mais apurada (modelos simulados) e melhor acompanhamento de desempenho ao longo do tempo (pelos indicadores operacionais). Porém não é fácil conciliar as duas abordagens, como citado por Mo et al. (2010) a respeito do sistema chinês MOHURD. Para se fazer a aproximação dos dois “*ratings*”, operacional e calculado (simulado) é necessário uma calibração para compartilhamento de premissas, métricas e metodologias. Alguns sistemas estão tentando fazer essa conciliação, requerendo a integração dos dois *ratings*.

Os programas de simulação utilizam valores padronizados para algumas variáveis diretamente relacionadas à percepção do usuário, como conforto térmico e nível de iluminação do ambiente. Nem sempre esses valores correspondem à realidade do local e das pessoas envolvidas, o que só pode ser avaliado por meio de pesquisas quantitativas de percepção dos aspectos relacionados.

Cabe citar também que, como um edifício será comparado com uma base de dados de edifícios semelhantes, as métricas de comparação devem ser padronizadas, para os resultados fazerem sentido. Isto nem sempre acontece, o setor de edificações possui vários padrões e métricas e carece de uma simplificação e melhor padronização (RREEF Real Estate, 2012).

#### **6 Considerações finais**

Eficiência Energética de edificações oferece potenciais de melhoria importantes nos impactos ao meio ambiente e emissões de gases de efeito estufa. Estimativas indicam que investimentos nessa área podem trazer uma economia global significativa no consumo de energia.

Os principais aspectos técnicos das construções que influenciam a eficiência energética são: orientação das fachadas, o tipo de envoltória do edifício, quantidade de áreas envidraçadas, aproveitamento da luz natural, sombreamento do entorno, uso de energias renováveis, uso de materiais especiais, uso inteligente da automação e novas tecnologias, aproveitamento da ventilação natural, além de algumas medidas simples, como utilizar tintas de cor clara nas paredes e cobertura.

Ao estabelecer um método de rotulagem das edificações quanto a eficiência energética e incluir numa sistemática de política pública, o Brasil acompanha tendências internacionais e se alinha com os países mais desenvolvidos. Falta, no entanto, ampliar o alcance desta política pública.

O mercado deve ser um influenciador da eficiência energética dos edifícios, com a adoção de obrigatoriedade de selos e certificações dos edifícios nas transações imobiliárias ou

o governo criar normas determinando obrigatoriedade, como no caso de edifícios públicos Federais no Brasil, a partir de 2014.

Outro ponto em destaque é que, pela literatura, existe muita variação entre as formas de mensuração da eficiência energética, cada sistema mede seus indicadores utilizando parâmetros de forma diferente. Fica evidente a falta de uma melhor padronização

Além desses, outro aspecto observado é a importância da continuidade da avaliação da eficiência energética. Os selos e certificações que utilizam indicadores simulados avaliam a eficiência somente baseando-se em características do prédio. O gerenciamento do prédio não é levado em consideração e, portanto, deve haver uma continuidade da avaliação por meio de indicadores reais, medidos, que levam em conta operacional ao longo do tempo.

Sugestão de alguns temas de pesquisa: influência do mercado imobiliário na melhoria da eficiência energética das edificações; como melhorar a padronização entre os diversos sistemas de certificação, para facilitar a análise de seu desempenho energético; aspectos econômicos de medidas de melhoria de EE; influência do operacional do edifício na EE; pesquisas com usuários de edifícios certificados ou rotulados pelo método de simulação para avaliar se os parâmetros usados realmente atendem a requisitos de conforto térmico e iluminação.

## Referências

- Backhaus, J., Tigchelaar, M., & de Best-Waldhober, M. (2011). Key findings & policy recommendations to improve effectiveness of Energy Performance Certificates & the Energy Performance of Buildings Directive. Recuperado 15 de junho de 2016, de <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2011/o11083.pdf>
- Biderman, R., Macedo, L. S. V. de, Monzoni, M., & Mazon, R. (2006). Guia de compras públicas sustentáveis: uso do poder de compra do governo para a promoção do desenvolvimento sustentável. Recuperado de <http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/15417>
- Brasil. (2014). Instrução Normativa nº 2, de 4 de junho de 2014. Recuperado 16 de junho de 2016, de <http://www.comprasgovernamentais.gov.br/paginas/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-no-2-de-4-de-junho-de-2014>
- Carlo, J. C., & Lamberts, R. (2010). Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios—parte 1: método prescritivo. *Ambiente Construído*, 10(2), 7–26.
- Chen, C., Cook, D. J., & Crandall, A. S. (2013). The user side of sustainability: Modeling behavior and energy usage in the home. *Pervasive and Mobile Computing*, 9(1), 161–175. <http://doi.org/10.1016/j.pmcj.2012.10.004>
- Chen, Y., Jiang, P., Dong, W., & Huang, B. (2015). Analysis on the carbon trading approach in promoting sustainable buildings in China. *Renewable Energy*, 84, 130–137. <http://doi.org/10.1016/j.renene.2015.06.062>
- Chwieduk, D. (2003). Towards sustainable-energy buildings. *Applied Energy*, 76(1–3), 211–217. [http://doi.org/10.1016/S0306-2619\(03\)00059-X](http://doi.org/10.1016/S0306-2619(03)00059-X)
- GBC Brasil. Construindo um Futuro Sustentavel | Notícia - Selos LEED e Procel anunciam novos critérios de equivalência. (2015, março 6). Recuperado 16 de setembro de 2016, de <http://www.gbcbrazil.org.br/detalhe-noticia.php?cod=104>
- COP21. (2015, novembro 3). Recuperado de <https://nacoesunidas.org/cop21/>
- Courtney, R. (1999). CIB Agenda 21 and the building research community. *Building Research & Information*, 27(6), 373–377. <http://doi.org/10.1080/096132199369200>
- Dutton, W. H. (2014). Putting things to work: social and policy challenges for the Internet of things. *Info*, 16(3), 1–21. <http://doi.org/10.1108/info-09-2013-0047>

- Fernandes, L. O., & Labaki, L. C. (2012). The Influence of the Shading of Surroundings on the Brazilian Labeling of Building Energy Efficiency.
- Fioretti, R., Palla, A., Lanza, L. G., & Principi, P. (2010). Green roof energy and water related performance in the Mediterranean climate. *Building and Environment*, 45(8), 1890–1904. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.03.001>
- Fossati, M., Scalco, V. A., Linczuk, V. C. C., & Lamberts, R. (2016). Building energy efficiency: An overview of the Brazilian residential labeling scheme. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 1216–1231. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2016.06.048>
- Gaziulusoy, A. I., Ryan, C., McGrail, S., Chandler, P., & Twomey, P. (2015). Identifying and addressing challenges faced by transdisciplinary research teams in climate change research. *Journal of Cleaner Production*, 123, 55–64. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.049>
- Gillingham, K., Newell, R. G., & Palmer, K. (2009). *Energy efficiency economics and policy*. National Bureau of Economic Research. Recuperado de <http://www.nber.org/papers/w15031>
- Goldstein, D. B., & Eley, C. (2014). A classification of building energy performance indices. *Energy Efficiency*, 7(2), 353–375. <http://doi.org/10.1007/s12053-013-9248-0>
- Gomes, M. G., Santos, A. J., & Rodrigues, A. M. (2014). Solar and visible optical properties of glazing systems with venetian blinds: Numerical, experimental and blind control study. *Building and Environment*, 71, 47–59. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.09.003>
- Grünberg, P. R. M., Medeiros, M. H. F., & Tavares, S. F. (2014). Certificação ambiental de habitações: comparação entre LEED for Homes, Processo Aqua e Selo Casa Azul. *Ambiente & Sociedade*, 17(2), 195–214.
- Hartkopf, V., & Loftness, V. (1999). Global relevance of total building performance. *Automation in construction*, 8(4), 377–393.
- Harvey, L. D. D. (2009). Reducing energy use in the buildings sector: measures, costs, and examples. *Energy Efficiency*, 2(2), 139–163. <http://doi.org/10.1007/s12053-009-9041-2>
- Hong, T., Chou, S., & Bong, T. (2000). Building simulation: an overview of developments and information sources. *Building and environment*, 35(4), 347–361.
- Issa, M. H., Rankin, J. H., & Christian, A. J. (2010). Canadian practitioners' perception of research work investigating the cost premiums, long-term costs and health and productivity benefits of green buildings. *Building and Environment*, 45(7), 1698–1711. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.01.020>
- Juan, Y.-K., Gao, P., & Wang, J. (2010). A hybrid decision support system for sustainable office building renovation and energy performance improvement. *Energy and Buildings*, 42(3), 290–297. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.09.006>
- Kassem, M. A., Kaseb, S., & El-Refaie, M. F. (1998). Solar heat gain through vertical cylindrical glass. *Building and environment*, 34(3), 253–262.
- Krarti, M. (2015). Evaluation of large scale building energy efficiency retrofit program in Kuwait. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 1069–1080. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.063>
- Kumbaroğlu, G., & Madlener, R. (2012). Evaluation of economically optimal retrofit investment options for energy savings in buildings. *Energy and Buildings*, 49, 327–334. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.02.022>
- Lamberts, R., Goulart, S., Carlo, J., Westphal, F., & Pontes, R. O. (2007). Regulamentação de etiquetagem voluntária de nível de eficiência energética de edifícios comerciais e públicos. *IX Encontro Nacional de Conforto em Ambientes Construídos*.

- Proceedings... ENCAC, Ouro Preto.* Recuperado de <http://www.abcm.org.br/app/webroot/anais/encit/2006/arquivos/Juntos/10.PDF>
- Laustsen, J. (2008). Energy efficiency requirements in building codes, energy efficiency policies for new buildings. *International Energy Agency (IEA)*, 477–488.
- Leipziger, D. (2013). Comparing Building Energy Performance Measurement. Recuperado 7 de junho de 2016, de <http://www.imt.org/uploads/resources/files/ComparingBuildingEnergyPerformanceMeasurementFINAL.pdf>
- Li, D. H. W., & Lam, J. C. (2000). Measurements of solar radiation and illuminance on vertical surfaces and daylighting implications. *Renewable energy*, 20(4), 389–404.
- Liu, S., Shukla, A., & Zhang, Y. (2014). Investigations on the integration and acceptability of GSHP in the UK dwellings. *Building and Environment*, 82, 442–449. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.09.020>
- Lowe, R. (2000). Defining and meeting the carbon constraints of the 21st century. *Building Research & Information*, 28(3), 159–175. <http://doi.org/10.1080/096132100368939>
- McCormick, K., Neij, L., Mont, O., Ryan, C., Rodhe, H., & Orsato, R. (2016). Advancing sustainable solutions: an interdisciplinary and collaborative research agenda. *Journal of Cleaner Production*, 123, 1–4. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.038>
- Melo, G. M., & Rodrigues Júnior, W. (1998). Determinantes do investimento privado no Brasil: 1970-1995. Recuperado de <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/2481>
- Memon, S. A. (2014). Phase change materials integrated in building walls: A state of the art review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 870–906. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.042>
- Menkes, M. (2004). Eficiência energética, políticas públicas e sustentabilidade. *Brasília: UnB.* Recuperado de [http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/efici%EAncia%20energ%E9tica/Pequisa/eficiencia\\_energetica\\_politicas\\_publicas\\_e\\_sustentabilidade.pdf](http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/efici%EAncia%20energ%E9tica/Pequisa/eficiencia_energetica_politicas_publicas_e_sustentabilidade.pdf)
- Mickaityte, A., Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A., & Tupenaite, L. (2008). The concept model of sustainable buildings refurbishment. *International Journal of Strategic Property Management*, 12(1), 53–68. <http://doi.org/10.3846/1648-715X.2008.12.53-68>
- Mo, K., Burt, L., Hao, B., Chen, J., Burr, A., & Kemkar, S. (2010). Comparative Analysis of U.S. and China Building Energy Rating and Labeling Systems.
- Morris, P. (2007). What does green really cost. *PREA quarterly*, (Summer), 55–60.
- Ortiz-Rodríguez, Ó., Castells, F., & Sonnemann, G. (2012). Environmental Impact of the Construction and Use of a House: Assessment of Building Materials and Electricity End-Uses in a Residential Area of the Province of Norte de Santander, Colombia. *Ingeniería y Universidad*, 16(1), 147–161.
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., González, R., & Maestre, I. R. (2009). A review of benchmarking, rating and labeling concepts within the framework of building energy certification schemes. *Energy and Buildings*, 41(3), 272–278. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.10.004>
- Piccoli, R., Kern, A. P., González, M. A., & Hirota, E. H. (2010). Green Building Certification: usual requirements and new activities in construction management. *Ambiente Construído*, 10(3), 69–79.
- Praznik, M., Butala, V., & Senegačnik, M. Z. (2014). A simple method for evaluating the sustainable design of energy efficient family houses. *Strojniški vestnik-Journal of Mechanical Engineering*, 60(6), 425–436.
- Puglierio, V. S., & Pimentel, L. L. (2010). Energia como parâmetro de sustentabilidade na construção civil. Recuperado de <http://www.puc->



- campinas.edu.br/websist/portal/pesquisa/ic/pic2010/resumos/2010924\_103037\_502012254\_resiaL.pdf
- RREEF Real Estate. (2012). *Research Sustainability Metrics in the Real Estate Sector-Oct\_2012.pdf*. Recuperado de [http://realestate.deutscheam.com/content/\\_media/Research\\_Sustainability\\_Metrics\\_in\\_the\\_Real\\_Estate\\_Sector-Oct\\_2012.pdf](http://realestate.deutscheam.com/content/_media/Research_Sustainability_Metrics_in_the_Real_Estate_Sector-Oct_2012.pdf)
- Saman, W. Y. (2013). Towards zero energy homes down under. *Renewable Energy*, 49, 211–215. <http://doi.org/10.1016/j.renene.2012.01.029>
- Santo, H. M. I. do E. (2010). *Procedimentos para uma certificação da construção sustentável*. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Recuperado de <http://run.unl.pt/handle/10362/4045>
- Schnieders, J., & Hermelink, A. (2006). CEPHEUS results: measurements and occupants' satisfaction provide evidence for Passive Houses being an option for sustainable building. *Energy Policy*, 34(2), 151–171. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.08.049>
- Sedláková, A., Vilčeková, S., & Burdová, Eva Krídlová. (2015). Analysis of material solutions for design of construction details of foundation, wall and floor for energy and environmental impacts. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 17(5), 1323–1332. <http://doi.org/10.1007/s10098-015-0956-3>
- Siew, R. Y. J. (2015). Alternative framework for assessing sustainable building funds: Green Building Fund. *Building Research & Information*, 43(2), 160–169. <http://doi.org/10.1080/09613218.2014.936170>
- Tronchin, L., & Fabbri, K. (2012). Energy Performance Certificate of building and confidence interval in assessment: An Italian case study. *Energy Policy*, 48, 176–184. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.05.011>
- United Nations Environment Programme (Org.). (2011). *Towards a green economy: pathways to sustainable development and poverty eradication*. Nairobi, Kenya: UNEP.
- Versage, R. de S., & Lamberts, R. (2011). Convênio ecv-271/2008 eletrobras/ufsc equações prescritivas para o regulamento de etiquetagem de eficiência energética de edificações residenciais. Recuperado de [http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/desenvolvimento/RT\\_LAB\\_EEE\\_2011-03%20-%20Equacoes%20Prescritivas.pdf](http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/desenvolvimento/RT_LAB_EEE_2011-03%20-%20Equacoes%20Prescritivas.pdf)
- Wang, W., Zmeureanu, R., & Rivard, H. (2005). Applying multi-objective generic algorithms in green building design optimization. *Building and Environment*, 40(11), 1512–1525. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.11.017>
- Woking Borough Council. ([s.d.]). Display Energy Certificates - Woking Borough Council. Recuperado 14 de setembro de 2016, de <http://www.woking.gov.uk/environment/climate/Greeninitiatives/wbcdecs>
- Yu, J., Yang, C., Tian, L., & Liao, D. (2009). Evaluation on energy and thermal performance for residential envelopes in hot summer and cold winter zone of China. *Applied Energy*, 86(10), 1970–1985. <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.01.012>
- Zheng, G., Jing, Y., Huang, H., Zhang, X., & Gao, Y. (2009). Application of Life Cycle Assessment (LCA) and extenics theory for building energy conservation assessment. *Energy*, 34(11), 1870–1879. <http://doi.org/10.1016/j.energy.2009.07.035>