2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

DESEMPENHO ENERGÉTICO DE UM EDIFÍCIO DE ESCRITÓRIOS: APLICAÇÃO DO MÉTODO SIMPLIFICADO DA NOVA PROPOSTA DE ETIQUETAGEM DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS[1]

CELLA, ALEXANDRA MARSARO (1); GUARDA, EMELI LALESCA APARECIDA (2); DOMINGOS, RENATA MANSUELO ALVES (3)

(1) Universidade Federal de Santa Catarina, alexandramcella@gmail.com
(2) Universidade Federal de Santa Catarina, emeliguarda@gmail.com
(3) Universidade Federal de Santa Catarina, mansuelo.alves@gmail.com

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo aplicar a nova proposta de etiquetagem de edifícios comerciais, utilizando um edifício de escritórios sob influência de três grupos climáticos brasileiros (Cuiabá-MT, São Paulo-SP e Urubici-SC), com o intuito de verificar o desempenho energético e a aplicabilidade do método. O processo metodológico consiste na aplicação do método simplificado da nova proposta com base em energia primária de edificações comerciais. Obteve-se classificação de eficiência energética "A" para as cidades analisadas, com destaque para Cuiabá que apresenta valores de 20.632kWh/ano, enquanto para São Paulo é de 11.259kWh/ano e Urubici de 8.805kWh/ano. Conclui-se que os valores obtidos em Cuiabá, podem ser justificados pelo rigor climático da região, consequentes de altas temperaturas e pela envoltória envidraçada do edifício, contribuindo para ganhos de carga por radiação solar. Assim, levanta-se o questionamento, sobre a falta dos pré-requisitos para cada grupo climático, além dos valores da condição de referência serem padronizados. No entanto, o método simplificado foi adequado para esta avaliação.

Palavras-chave: *INI-C. Eficiência energética. Carga térmica.*

ABSTRACT

This research aims to apply the new proposal for labeling commercial buildings, using an office building under the influence of three Brazilian climate groups (Cuiabá-MT, São Paulo-SP, and Urubici-SC), to verify the energy performance and the applicability of the method. The methodological process consists of applying the simplified method of the new proposal based on primary energy in commercial buildings. Energy efficiency class "A" was obtained for the cities analyzed, with emphasis on Cuiabá, which presents values of 20.632kWh/year, while for São Paulo it is 11.259kWh/year and Urubici, 8.805kWh/year. It is concluded that the values obtained in Cuiabá, can be justified by the climatic rigor of the region, resulting from high temperatures, and by the glass enclosure of the building, contributing to solar radiation load gains. Thus, the question arises, about the lack of prerequisites for each climate group, in addition to the values of the reference condition being standardized. However, the simplified method was adequate for this assessment.

Keywords*: INI-C. Energy efficiency. Thermal load.*

---

[1] CELLA, Alexandra Marsaro; GUARDA, Emeli Lalesca Aparecida, DOMINGOS, Renata Mansuelo Alves. Desempenho Energético de um Edifício de Escritórios: Aplicação do Método Simplificado da Nova Proposta de Etiquetagem de Edifícios Comerciais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Balanço Energético Nacional de 2018, as edificações de serviço são responsáveis por 21,2% do consumo de energia elétrica, sendo as edificações comerciais com a maior parcela desse consumo, com 14,3% (EPE, 2019). À medida que a demanda por energia elétrica aumenta, a necessidade de que haja medidas de mitigação desse consumo também tem destaque.

Nesse sentido, surge o conceito de eficiência energética, termo utilizado para se referir ao consumo eficiente de energia para se chegar ao mesmo produto ao final (ABU BAKAR et al., 2015), podendo ser aplicado em tecnologias, processos e até mesmo, em políticas de mudança do comportamento dos usuários.

Com o objetivo de conter um elevado consumo energético, diretrizes técnicas desenvolvidas pela American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) foram adaptadas em códigos de obras, tornando-se obrigatórias nos Estados Unidos e em outros países desenvolvidos (GONÇALVES; BODE, 2015). Com isso, surgiu a certificação, um recurso de mercado com o intuito de promover a eficiência energética, comparando uma edificação com alto desempenho a um mínimo obrigatório (CASALS, 2006).

A maior parte do impacto ambiental de um edifício está relacionado com seu consumo de energia primaria, diretamente com seu uso e operação, para isso foram desenvolvidas certificações que avaliam a eficiência energética e detectam potenciais reduções do consumo com mudanças no projeto, implantação de novas tecnologias e mudanças no comportamento do usuário (GONÇALVES; BODE, 2015).

Internacionalmente, as certificações, ou etiquetas de sustentabilidade, mais reconhecidas são o LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) nos Estados Unidos e o BREEAM (Building Research Establishment and Environmental Assessment Method) do Reino Unido, entre diversos outros. No Brasil, o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica) surgiu a partir da Lei nº 10.295 (BRASIL, 2001), que criou o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética e, posteriormente, integrou a Eletrobras/Procel e o Inmetro. A partir dessa comissão técnica, desenvolveu-se os Requisitos Técnicos da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) para a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), que entrou em vigor em 2010.

Em 2018, iniciou-se um processo de discussão de melhoria desse método, tendo como resultado a proposta Instrução Normativa Inmetro para edifícios comerciais (INI-C), atualmente em consulta pública. Esses métodos buscam classificar edifícios entre as classes A (mais eficiente) até E (menos eficientes).

O objetivo desta pesquisa foi aplicar a nova proposta de etiquetagem de edifícios comerciais para classificar um mesmo edifício de escritórios (escritório em planta aberta) sob a influência de três grupos climáticos brasileiros e assim, poder verificar a eficácia do método em avaliar o desempenho térmico de edificações e quantificar seu desempenho energético. A edificação foi classificada seguindo o método simplificado, com a utilização da interface web para cálculo das cargas térmicas internas de resfriamento.

2 METODOLOGIA

Aplicou-se o método simplificado da "Proposta de método para a avalição da eficiência energética com base em energia primária de edificações comerciais, de serviços e públicas", versão 3, publicada em 2017, intitulado como Instrução Normativa Inmetro – Edificações Comerciais, de serviços e públicas (INI-C).

2.1 Objeto de Estudo

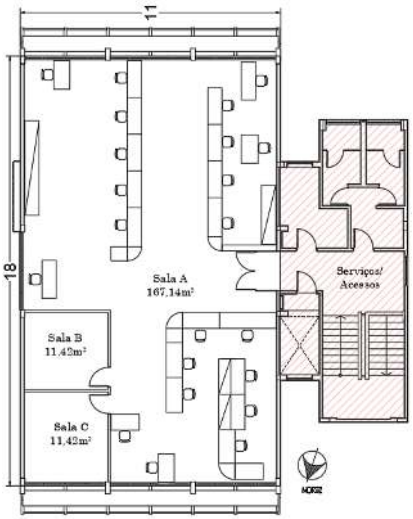
Tomou-se como objeto de estudo padrão uma sala de escritório localizada no 4° pavimento do prédio administrativo do CTC, no Campus da Universidade Federal de Santa Catarina. O pavimento possui 189,98m² de área total e volume de 2.982m³, contendo os ambientes Sala A (167,14m²), Sala B e C (11,42m²), que são ambientes condicionados e serviços e acessos (30,54m²), os quais não são condicionados e são classificados como áreas de permanência transitória e portanto, não foram consideradas na avaliação. A fachada principal está voltada a norte e o pé-direito do pavimento é de 2,75m (Figura 1).

Figura 1 – a) Edifício de análise e b) Planta baixa do 4° pavimento

a)



b)

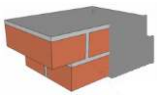
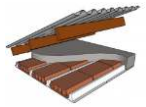


Fonte: Os autores

As esquadrias do 4° pavimento são metálicas, do tipo maxim-ar de vidro simples, em fita, com dimensões de 1,55m x 3,40m e com peitoril baixo de 0,60m. As aberturas das fachadas frontal e posterior possui sombreamento vertical, com ângulo de 30° no pavimento de análise. As portas externas são de vidro simples e as internas em madeira.

Os fechamentos verticais (paredes) do objeto de estudo são em tijolo maciço revestidos em ambas as faces e o fechamento horizontal (cobertura) são em telha de fibrocimento sobre laje pré-moldada. Para determinação das propriedades térmicas de materiais construtivos, utilizou-se as normativas NBR 15.220 (ABNT, 2005), expressas em Resistência Térmica (W/m²K), Transmitância Térmica (W/m²K) e Capacidade Térmica (KJ/m²K) (Tabela 1). A resistência térmica da câmara de ar é de 0,21 m2K/W, alta emissividade, espessura maior que 5cm.

Tabela 1 – Propriedades termofísicas da envoltória

Envoltória	Composição	Espessura (cm)	a	Rt (W/m²K)	U (W/m²K)	C (KJ/m²K	
Parede externa e interna	Argamassa externa	2,50	0,20	0,32	3,1	257,60	
	Tijolo Maciço	9,00	0,85				
	Argamassa interna	2,50	0,20				
Cobertura	Telha Fibrocimento	0,80	0,60	0,55	1,79	180	
	Laje pré-moldada	12,00	0,20				

Fonte: NBR 15.220 (ABNT, 2003)

A iluminação artificial do ambiente é composta por dois modelos de luminárias, sendo um plafon com quatro lâmpadas florescentes de 9W e com duas lâmpadas florescentes de 4W, resultando em densidade de potência de 4,64W/m². Os padrões de ocupação e equipamentos foram determinados conforme a metodologia simplificada do INI-C, sendo, portanto, de10 horas de ocupação e 260 dias e a densidade de equipamentos de 9,7W/m² (CB3E, 2017).

2.2 Contextualização Climática

Para este estudo, escolheu-se três cidades de tipos climáticos característicos, sendo as cidades de Cuiabá-MT (Aw), São Paulo-SP (Cfa) e Urubici-SC (Cfb). Essa escolha se deu pela investigação das últimas normais climatológicas do Brasil, com período de referência de 1981-2010, disponibilizada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Desta maneira as cidades apresentaram temperatura média compensada de 26,10°C em Cuiabá, de 20,10°C em São Paulo e de 16,0°C em Urubici (INMET, 2020). Assim, o intuito é de investigar três diferentes perfis climáticos, ou seja, do quente ao frio. Conforme o INI-C, no anexo G, os grupos climáticos das cidades escolhidas são de Cuiabá (24), São Paulo (2) e Urubici (1-A) (CB3E, 2017).

2.3 Análise da Eficiência Energética conforme Método Simplificado da INI-C (CB3E, 2017)

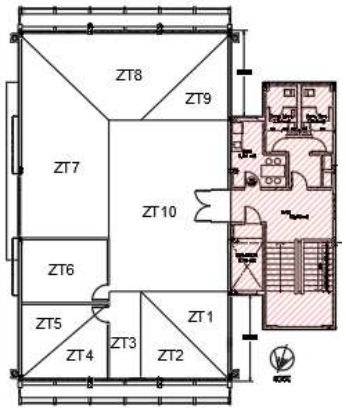
Aplicou-se o procedimento simplificado da INI-C, utilizando como referência a proposta de método para a avaliação da eficiência energética com base em energia primaria das edificações comerciais, de serviços e públicas (CB3E, 2017). Desta maneira o processo metodológico é composto por: i) verificação dos limites dos parâmetros da edificação atendidos pelo método simplificado; ii) definição das zonas térmicas e levantamento dos parâmetros de entrada; iii) cálculo da densidade de carga térmica para resfriamento por meio do metamodelo (interface web) e iv) determinação da classe de eficiência energética da edificação.

Conforme descrito, o primeiro procedimento é a verificação do atendimento dos limites dos parâmetros das edificações, tendo, portanto, todos os critérios atendidos. Posteriormente, dividiu-se o ambiente do 4° pavimento, em 10 zonas térmicas, sendo nove perimetrais e uma interna (Tabela 2). Conforme o método, as zonas térmicas perimetrais (P) devem ser limitadas em 4,5m de profundidade em relação as paredes externas e as zonas internas (I) são localizadas em espaços acima de 4,5m (CB3E, 2017).

Tabela 2 – Informações das zonas térmicas do pavimento em análise

	Tipo	Área (m²)	Orientação (°)	PAF	AVS
ZT1	P	10,1	L	0%	0°
ZT2	P	10,1	N	52%	30°
ZT3	P	7,3	N	21%	30°
ZT4	P	8,4	N	56%	30°
ZT5	P	8,4	O	0%	30°
ZT6	P	14,4	O	0%	30°
ZT7	P	37,3	O	16%	30°
ZT8	P	27,2	S	60%	30°
ZT9	P	9,7	L	0%	0°
ZT10	I	52,8	L	0%	0°

Fonte: Os autores



Subsequentemente, foi realizado o levantamento dos dados de entrada, sendo esses de condicionamento de ar e iluminação. Conforme o Anexo B, no item B.II (CB3E, 2017), o sistema de condicionamento de ar do ambiente analisado trata-se de um modelo Springer Carrier, do tipo reverso, com 18.00Btu e eficiência energética de 3,11 (COP), assim, possui etiquetagem pelo Inmetro, sendo de classificação "B". Destaca-se que o sistema de condicionamento de ar é utilizado para atender todos os ambientes.

Para o sistema de iluminação, utilizou-se o Anexo B, no item B.III (CB3E, 2017), escolheu-se para esta pesquisa o método das atividades do edifício, portanto seguiu os seguintes passos metodológicos: i) identificou-se as atividades dos ambientes da edificação e a densidade de potência de iluminação limite da condição de referência (DPI_{LR}), sendo este valor de 16,8W e ii) determinou-se a área iluminada (A_I) e multiplicou-se pela DPI_L. Após o levantamento dessas informações, calcula-se as densidades das cargas para resfriamento por meio do metamodelo, utilizando a interface web. Nesta ferramenta, insere-se as informações da edificação real e da edificação de referência. As informações da edificação de referência são obtidas no anexo A, no item A.1 (CB3E, 2017).

Por fim, determinou-se a classe de eficiência energética da edificação, por meio do método de eficiência energética geral da edificação, o qual é dividido em três sistemas principais: envoltória; sistema de condicionamento de ar e sistema de iluminação (CB3E, 2017).

O consumo de energia primária da edificação real e referência foi determinada conforme o item 5.1 do INI-C, assim como o percentual de redução do consumo de energia primária ($PRCEP_{REAL-D}$) da condição real (CEP) para a condição de referência (CEP_{REF}). No objeto de estudo não possui energia térmica. O coeficiente de redução do consumo de energia primária da classe "D" para a classe "A" é obtida por meio do fator forma e está diretamente ligado ao grupo climático de cada cidade. Assim, o fator forma da edificação em análise é de 0,32, a área de envoltória de 961m² e o volume de 2.982,68m³. Por fim, o nível de eficiência depende dos intervalos de classe de eficiência energética.

3 RESULTADOS

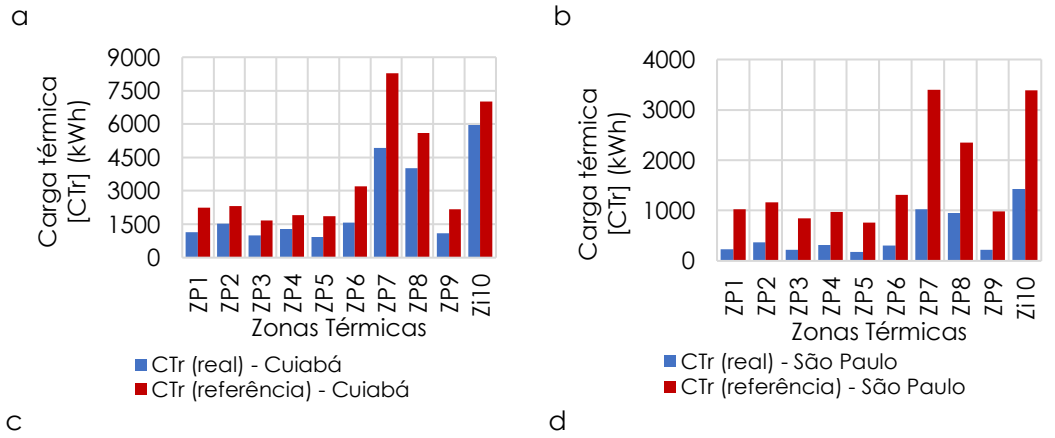
3.1 Consumo energético dos sistemas e cargas por zonas térmicas

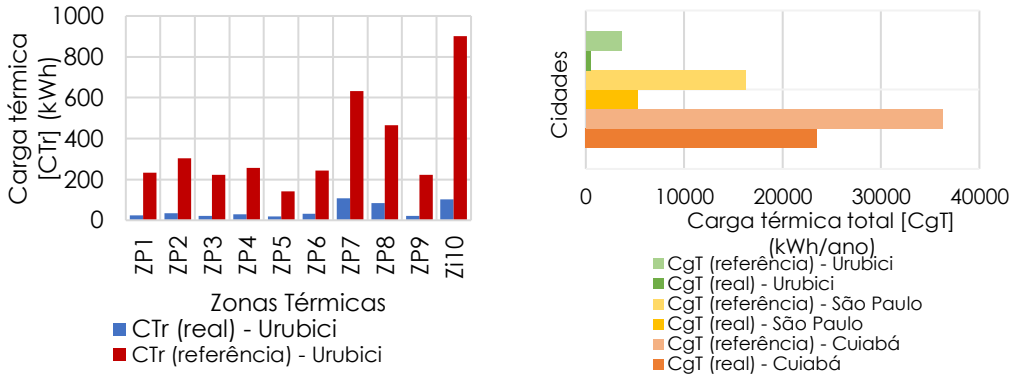
Os valores obtidos para os sistemas de iluminação da condição real e da referência, dados em potência instalada de iluminação, foram de 0,22kW e de 3,15kW e o consumo total de iluminação foram de 559kWh/ano e de 8.190kWh/ano, respectivamente. Para equipamentos os valores obtidos de potência instalada e de consumo total foram de 1,93kW e de 5.016,51kWh/ano, para ambos os casos, sendo justificado que esta carga se trata de um valor padrão do método.

Apresenta-se os valores de carga térmica para resfriamento (CTr) para o quarto pavimento do objeto de estudo, considerando a condição real e de referência. Observa-se que para as cidades analisadas, as zonas perimetrais 7, 8 e zona interna 10, apresentam maiores cargas de resfriamento. Para a cidade de Cuiabá, na condição real, esses valores ficam acima de 4.000kWh (zonas 7 e 8), com destaque para a zona interna 10, que apresenta carga de 5.964kWh e, na condição de referência os valores são superiores a 5.000kWh (Figura 3-a). Em São Paulo, na condição real, as zonas 7 e 10, apresentam cargas de 1.206kWh e de 1.429kWh, enquanto a zona 8, apresenta carga de 951kWh e, na condição de referência esses valores ficam superiores a 2.000kWh (Figura 3-b).

Na cidade de Urubici, os valores de carga térmica para resfriamento são menores em relação as demais cidades, apresentando valores em torno de 100kWh nas zonas 7 e 10 e, na zona 8 de 85.07kW (Figura 3-c). As demais zonas apresentam valores menores, sendo para condição real e de referência, carga média de 1.220kWh e de 2.197kWh em Cuiabá, de 262Kwh e de 1.008kWh em São Paulo e de 25kWh e de 232kWh em Urubici. Desta maneira, as maiores cargas obtidas foram em Cuiabá, sendo de 23.465kWh/ano, subsequente de São Paulo com 5.246kWh/ano e de Urubici com 475kWh/ano, podendo ser justificado pelo rigor climático de cada cidade e localização (Figura 3–d).

Figura 3 – Cargas térmica de resfriamento: a) Cuiabá; b) São Paulo; c) Urubici e d) cargas térmicas totais





Fonte: Os autores

Desta maneira, as cargas obtidas se dão por inúmeros fatores, no entanto, observa-se que as maiores cargas se dão pelo fato da orientação solar, área, porcentagem de abertura e ângulo de sombreamento. Na zona perimetral 7, os ganhos podem ser justificados, pelo fato de a orientação solar ser oeste e por apresentam área de 37,3m², além disto, a zona apresenta PAF de 16% e AVS de 30°, o qual pode proporcionar ganhos por incidência da radiação solar por um período mais prologando em relação as demais zonas e fachadas. Por fim, a zona interna 10, obteve maiores valores de carga, o qual se dá pelo fato de apresentar maior área, sendo de 52,8m².

3.2 Classificação de Eficiência Energética do Objeto de Estudo

As classificações de eficiência energética do quarto pavimento do objeto de estudo, foram quantificadas considerando as cargas e os coeficientes de redução para cada cidade de análise. Assim, por meio do fator forma e do grupo climáticos, os coeficientes de redução da carga térmica totais anuais da classe "D" para a "A", foram de 0,16 para Cuiabá, de 0,27 para São Paulo e de 0,32 para Urubici. Desta maneira, em todas as cidades analisadas, o quarto pavimento obteve classificação "A", com valores de 20.632 kWh/ano em Cuiabá, de 11.259 kWh/ano em São Paulo e de 8.805 kWh/ano em Urubici, apresentando diferenças de 43%, 49% e 43% em relação ao limite superior de classificação "A", respectivamente (Tabela 2).

Tabela 1 – Limites das classes de eficiência energética (kWh/ano) do objeto de estudo

Cidade	Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Cuiabá	Limite superior	-	> 36220	> 38498	>407997	> 43095
	Limite inferior	< 36220	≤ 38498	≤ 407997	≤ 43095	-
São Paulo	Limite superior	-	> 22439	> 25206	> 27972	> 30739
	Limite inferior	< 22439	≤ 25206	≤ 27972	≤ 30739	-
Urubici	Limite superior	-	> 15642	> 18096	> 20549	> 23003
	Limite inferior	< 15642	≤ 18096	≤ 20549	≤ 23003	-

Fonte: Os autores

Os percentuais de redução do consumo de energia primária foram de 52% em Cuiabá, de 63% em São Paulo e de 62% em Urubici em relação a condição de referência. Assim, os maiores valores de redução se dão em cidades com climas ameno, como São Paulo e Urubici, no entanto, são investigados somente as cargas de resfriamento, não levando em consideração as cargas para aquecimento, o que

pode influenciar na quantificação final. Além disto, menciona-se que o edifício, apresenta sistemas de iluminação em LED e ar condicionado com COP de 3,11, ou seja, com alta eficiência energética, contribuindo, assim, para a classificação final.

4 CONCLUSÃO

Diante dos resultados apresentados conclui-se que, os valores obtidos de carga térmica para resfriamento total, foram maiores para a cidade de Cuiabá, podendo ser justificado, pelo rigor climático, consequentes de altas temperaturas, e pela envoltória envidraçada do edifício, contribuindo para ganhos de carga por radiação solar. Isto também é observado para a cidade de São Paulo e Urubici (clima frio) apresentando diferença de 45% e de 57%, respectivamente, em relação a Cuiabá.

Desta maneira, levanta-se o questionamento, sobre a falta dos pré-requisitos para cada grupo climático, impossibilitando uma avaliação prévia do atendimento do objeto de estudo para a região de implantação e, consequentemente, proporcionar um indicador prévio do mesmo objeto para vários tipos climáticos ou regiões. Além disso, os valores da condição de referência, ficaram muito distantes da condição real e, acredita-se que isto, se dá pelos valores padronizados de entrada na condição de referência, como por exemplo, os valores de densidade de potência de equipamentos são iguais para ambas condições e, deveriam ser iguais da condição real para seja feita a comparação adequada da envoltória. No entanto, para todas as cidades analisadas, o objeto de estudo obteve classificação "A" e, o método simplificado foi adequado para esta avaliação.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Ao Laboratório de Conforto Ambiental (LabCon) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

REFERÊNCIAS

ABU BAKAR, N. N. et al. Energy efficiency index as an indicator for measuring building energy performance: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 44, p. 1–11, 2015.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220:** Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

CASALS, X. G. Analysis of building energy regulations and certification in Europe: their role, limitations and differences. **Energy and Buildings**, Oxford, v. 38, p. 381-392, 2006.

CB3E CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉRTICA EM EDIFICAÇÕES. **Introdução ao novo método de avaliação do PBEedifica:** Proposta de método para a avaliação de eficiência energética com base em energia primária de edificações comerciais, de serviços e públicas. Florianópolis: CB3E, 2017. Disponível em: <http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Nova%20proposta%20de%20m%C3%A9todo_texto%20completo_comercial_2.pdf>. Acesso em: 09 mai. 2020.

EPE Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2019:** Relatório Síntese/Ano base 2018. Rio de Janeiro: EPE, 2019.

GONÇALVES, J. C. S.; BODE, K. **Edifício ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

INMET INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas do Brasil: Temperatura Média Compensada do período de 1981-2010**. Brasília, 2020. Disponível em: < http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 09 mai. 2020.