IMPORTÂNCIA DA CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS CLIMÁTICOS PARA A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES

Maria Akutsu (1); Adriana C. de Brito (2)
(1) Doutora, física, akutsuma@ipt.br; (2) Doutora, arquiteta, adrianab@ipt.br.
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – Laboratório de Conforto Ambiental, Eficiência Energética e Instalações Prediais, tel.: (011) 3767-4579

RESUMO

Considerando a necessidade de utilização de dados climáticos anuais adequados para a realização de avaliações consistentes do desempenho térmico e energético de edifícios brasileiros, os autores estão realizando um projeto de pesquisa específico para caracterizar dados existentes ou desenvolver arquivos climáticos caso necessário. Este artigo é parte inicial deste projeto e tem como objetivo comparar as características de dados de arquivos climáticos anuais disponíveis para uma cidade brasileira e estabelecer discussões a respeito das características necessárias dos dados climáticos para sua utilização em softwares para a simulação do comportamento térmico de edificações. Foram feitas comparações entre quatro arquivos climáticos para a cidade de São Paulo, obtidos por vários métodos e fontes, identificando-se a frequência de ocorrência de valores das principais variáveis climáticas relevantes para a resposta térmica de edifícios. Esses dados também foram comparados com valores médios e absolutos obtidos de normais climatológicas para se ter informações iniciais quanto ao seu "rigor" climático. Os resultados indicam similaridade entre os arquivos para variáveis como temperatura do ar, umidade relativa e radiação solar e discrepâncias relacionadas a dados de velocidade e direção do vento. Verificou-se ainda que há arquivos com dados climáticos mais críticos do que os obtidos nas normais climatológicas. A partir dessas constatações são feitas algumas recomendações para o uso desses arquivos climáticos, bem como a identificação de fatores que precisam ser aprofundados nas próximas etapas do projeto.

Palavras-chave: edifícios, eficiência energética, desempenho térmico, simulação computacional.

ABSTRACT

Nowadays is necessary to use appropriate annual climatic data to perform evaluations of the thermal performance of Brazilian buildings. The authors are carrying out a specific research to characterize existing data or to develop climatic files if necessary. This paper is an initial part of this project and aims to compare the characteristics of annual climate data files available for a Brazilian city and establish discussions about the characteristics of climate data needed to be used in software to simulate the thermal behavior of buildings. It was made comparisons between four climate files for the city of São Paulo. It was identified the frequency of occurrence of values of the main climatic variables. These data were also compared with mean and absolute values obtained from climatological historical data. The results indicate similarities among the files for variables such as air temperature, relative humidity, and solar radiation, and discrepancies related to wind speed and wind direction. It was also found that there are files with more critical climate data than those obtained from historical data. Some recommendations are made for the use of these climate files, as well as the identification of factors that need to be further investigated in the next stages of the project.

Keywords: buildings, energy eficiency, thermal behavior, computer simulation.

1. INTRODUÇÃO

No processo de avaliação do desempenho térmico de edificações com os softwares mais poderosos e complexos, nos moldes do EnergyPlus (USDOE, 2021), é necessário utilizar dados climáticos compatíveis não somente com os modelos de cálculo do programa, como também com os critérios e método de avaliação.

Ressalta-se neste sentido, além da exatidão dos dados climáticos de modo absoluto, a sua representatividade quanto à caracterização do clima local para a elaboração de avaliações confiáveis, seja para garantir a adequação da edificação ao clima local tendo em vista os preceitos de sustentabilidade do ambiente construído, seja para de fato garantir o bem estar dos ocupantes.

Atualmente há uma larga gama de métodos de se obter arquivos climáticos para a realização de simulações computacionais do desempenho térmico e energético de edifícios. Tais arquivos são concebidos tanto para representar condições climáticas "médias" do local, ou seja, com características coincidentes com a série histórica de dados climáticos disponíveis, descartando dados mais severos, ou arquivos que consideram situações mais críticas. Nesse último caso, os dados climáticos possuem características mais "extremas", ou seja, com frequência de ocorrência menor em uma série climática. É possível citar exemplos de arquivos com características "médias", como os indicados por TRY e TMY, respectivamente "Test Reference Year" (um ano selecionado em uma base de dados segundo critérios estatísticos específicos) e Test Meteorological Year (um ano montado a partir da seleção de meses em uma base de dados) e exemplos de arquivos com características "extremas", como o DSY e o SRY, respectivamente, "Design Summer Year" (um ano selecionado em uma base de dados com verão correspondente ao terceiro mais quente na série histórica) e "Summer Reference Year" (similar ao procedimento de obtenção do TRY, mas com dados extremos de temperatura do ar, no percentil 90 da série histórica). Descrições detalhadas dos principais métodos de desenvolvimento de arquivos climáticos podem ser obtidas em vários trabalhos (CRAWLEY, 1998; HERRERA et al., 2017; OLSEN, et al., 1984).

Nesse contexto, vale ressaltar que a escolha do arquivo climático para a avaliação do desempenho térmico do edifício deve estar atrelada ao objetivo e critérios da avaliação, visto que irá interferir diretamente na aplicabilidade dos resultados obtidos. Quando se utilizam dados climáticos "médios", os resultados da avaliação vão indicar a tendência do comportamento térmico que o edifício terá naquele contexto, não sendo possível extrapolá-los para casos de eventos climáticos mais extremos que estão acontecendo com frequência crescente no mundo todo (DOGGETT, 2014; HERRERA et al., 2017; HERRERA et al. 2016; HOLMES, M. J; HACKER, J. N. 2007; COLEY D.; KERSHAW, T.; EAMES, 2012). Essa é uma limitação importante do uso de tais dados [médios] na avaliação do desempenho térmico de edifícios, especialmente, para o atendimento de normas técnicas que busquem garantir condições mínimas de habitabilidade para o usuário durante toda a vida útil do edifício.

Diante de fenômenos como as ilhas de calor em grandes cidades e o aquecimento global há uma grande quantidade de estudos relacionados ao conforto ambiental e à sustentabilidade do planeta que consideram a importância do tratamento adequado de dados climáticos como subsídio à avaliação do desempenho térmico ou energético de edifícios (COLEY, D.; KERSHAW, T.; EAMES, 2012; HERRERA et al., 2017; SIU, C.Y.; LIAO, Z., 2020; HERRERA et al. 2016; HOLMES, M. J; HACKER, J. N. 2007; KALAMEES et al., 2012; PERNIGOTTO et al., 2014)

No Brasil, com as modificações propostas na última revisão da Norma NBR 15575 (ABNT, 2013), as simulações do comportamento térmico das edificações passam a ser feitas em bases anuais ao invés dos dias típicos de projeto. Este novo procedimento vai demandar uma definição da qualidade e adequação dos dados climáticos de modo a possibilitar que as avaliações sejam feitas com a precisão e confiabilidade adequadas.

Neste sentido, estão sendo feitos estudos para verificação da influência dos tipos de dados climáticos encontrados em bases de dados disponibilizados para esse fim. Este artigo é parte preliminar desse projeto de pesquisa e visa iniciar discussões acerca das características mais adequadas que os arquivos climáticos precisam ter para serem utilizados em avaliações do desempenho térmico de edificações brasileiras.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivos fazer uma análise comparativa entre os arquivos climáticos anuais de cidades brasileiras disponíveis, tendo como referencia dados de uma cidade representativa, bem como estabelecer discussões a respeito das características necessárias dos dados climáticos para sua utilização como dados de entrada de softwares para a simulação do comportamento térmico de edificações.

3. MÉTODO

Foi realizado um levantamento de arquivos climáticos de cidades brasileiras disponíveis em sítios eletrônicos. Identificou-se a disponibilidade somente de arquivos com dados "médios", dos quais foram selecionados aqueles referentes à cidade de São Paulo, devido à sua importância econômica e à grande quantidade de edificações construídas.

Os arquivos são provenientes do sítio eletrônico do programa EnergyPlus (USDOE, 2021), cujas fontes são: IWEC, INMET; SWERA e TRY (1954). Foram feitas análises desses arquivos, como indicado nos itens 3.1 e 3.2, considerando, respectivamente, a frequência de ocorrência de valores de variáveis climáticas e quanto à "severidade" do clima em comparação com valores médios e absolutos fornecidos por instituições nacionais.

3.1 Frequência de ocorrência de valores de variáveis climáticas dos arquivos climáticos

Foi identificada a frequência de ocorrência das seguintes variáveis horárias para todos os arquivos climáticos durante o período de um ano:

- Temperatura de bulbo seco (categorias com valores de 0 ºC a 40 ºC, com intervalos de 2 ºC);
- Umidade relativa (categorias de 0% a 100%, com intervalos de 10%);
- Radiação solar global incidente no plano horizontal (categorias de 0 a 1500 W/m^2, com intervalos de 150 W/m^2);
- Velocidade do vento (de 0,5 m/s a 32,4 m/s conforme a Escala Beufort de classificação da velocidade do vento – os gráficos não incluem valores com frequência de ocorrência nula);
- Direção do vento (0 a 360º, sendo direção norte = 0º, leste = 90º, sul = 180º, oeste = 270º).

3.2 Identificação da "severidade" dos dados climáticos

Foram feitas análises comparativas dos dados climáticos dos arquivos em função de valores de variáveis de normais climatológicas provenientes do sítio eletrônico do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET no período de 1981 a 2010. Como as normais climatológicas são obtidas ao longo de uma série histórica de 20 a 30 anos, indicam os padrões climáticos recorrentes em uma região. A comparação entre os dados dos arquivos e das normais permite verificar a severidade do clima considerada nesses arquivos, se os dados estão mais próximos dos valores médios ou mais próximos dos dados absolutos, sendo mais extremos.

Foram feitos gráficos com os dados climáticos das normais climatológicas e dos arquivos climáticos compreendendo as seguintes variáveis:

- Temperatura máxima e mínima mensal do ar;
- Temperatura máxima e mínima absoluta do ar;

Como no sitio eletrônico do INMET não há dados de normais climatológicas de radiação solar, somente o período em horas em que há insolação, foram utilizados como referência para as comparações, os dados de radiação solar obtidos do Centro de Referência para as energias Eólica e Solar Salviano Brito – CRESESB. A radiação solar média diária dos locais é proveniente do Atlas Solarimétrico Brasileiro, com base em imagens de satélite, medições e cálculos ao longo de um período de 17 anos.

4. RESULTADOS

Nas Figuras 1 a 3 são apresentados, respectivamente, gráficos com os valores da frequência de ocorrência absoluta da temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar global incidente no plano horizontal, direção do vento e velocidade do vento dos arquivos climáticos. Na Figura 4 são contemplados valores da temperatura do ar máxima e mínima média mensal dos arquivos, temperaturas máximas e mínimas médias mensais das normais do INMET e máximas e mínimas absolutas das normais do INMET. Na Figura 5 são apresentados valores da radiação solar total diária média mensal nos arquivos e obtidas do CRESESB.

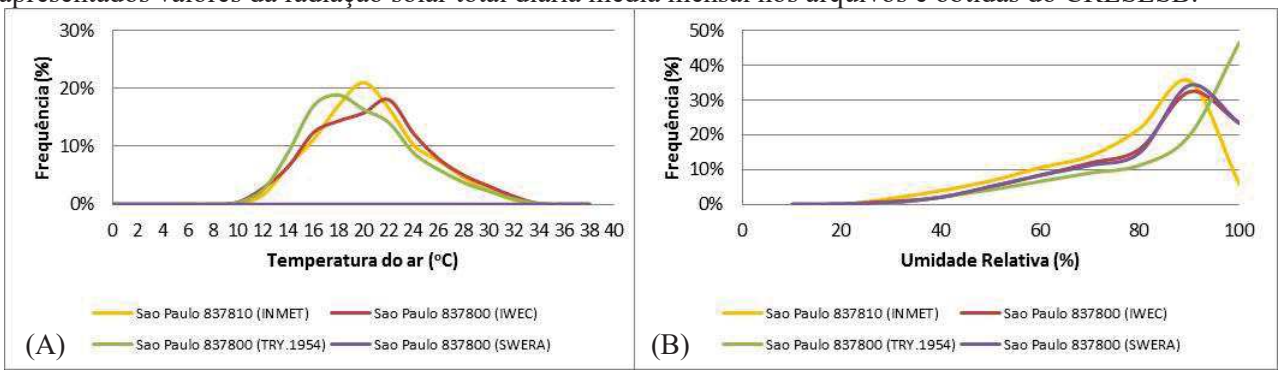

Figura 1 – Frequência de ocorrência da temperatura do ar (A) e da umidade relativa (B)

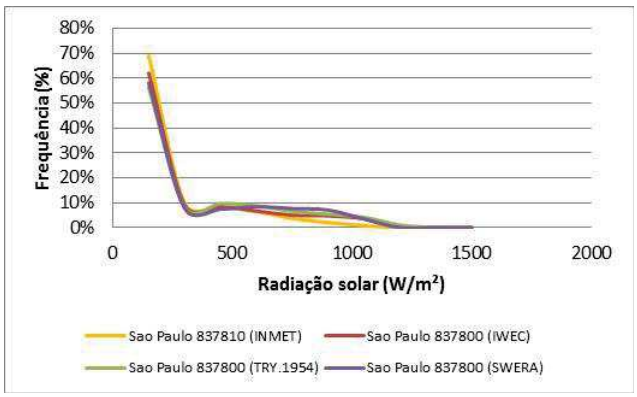

Figura 2 – Frequência de ocorrência da radiação solar global incidente no plano horizontal

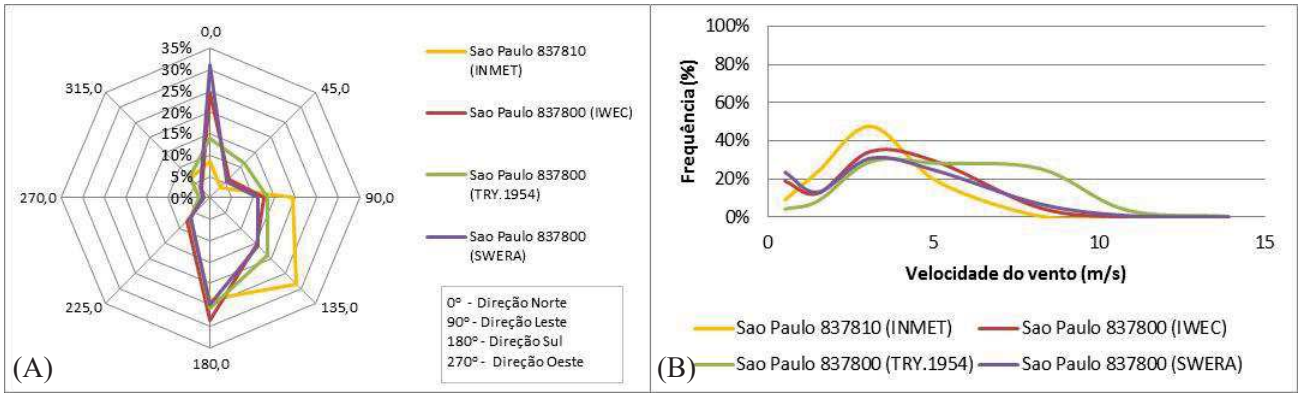

Figura 3 – Frequência de ocorrência da direção do vento (A) e da velocidade do vento (B)

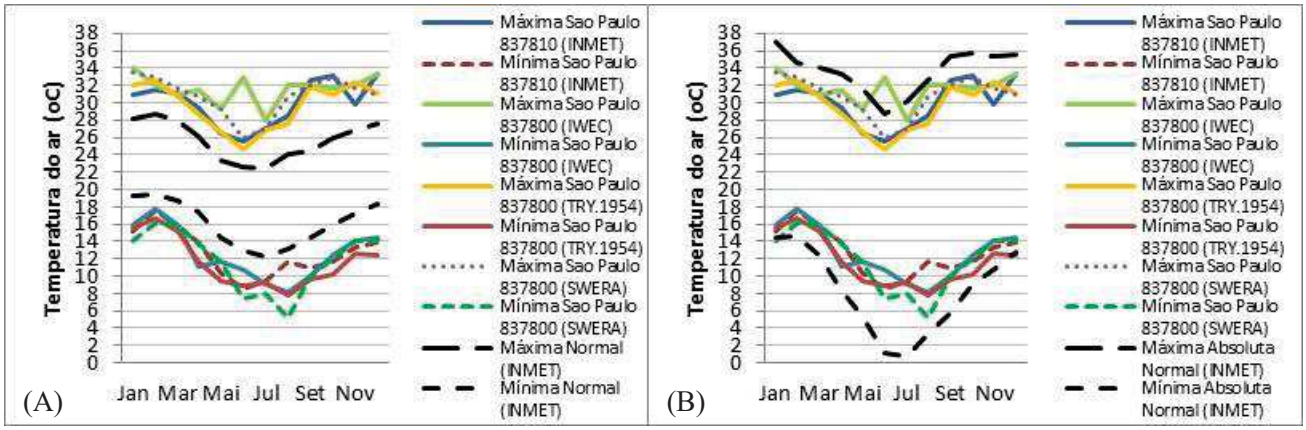

Figura 4 – Temperaturas máximas e mínimas mensais dos arquivos e das normais INMET (A) e as mesmas variáveis em comparação com as temperaturas máximas e mínimas absolutas das normais INMET (B)

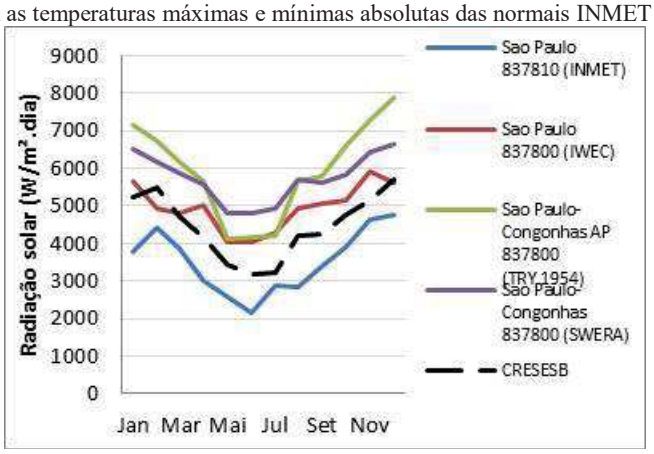

Figura 5 – Radiação solar total diária média mensal dos arquivos e do CRESESB

A frequência de ocorrência dos valores das temperaturas do ar, umidade relativa e radiação solar global incidente no plano horizontal são da mesma ordem de grandeza em todos os arquivos (Figuras 1 e 2). Entretanto, quanto à direção e velocidade do vento há diferenças mais significativas, especialmente entre o arquivo INMET e os demais, o que precisa ser levado em consideração no momento de escolha do arquivo

climático para a realização de simulações. Dependendo das características geométricas de uma habitação ao ser avaliada com modelos de ventilação natural, tais diferenças podem afetar os resultados das avaliações em função do arquivo utilizado.

Quanto às análises da "severidade" do clima, nota-se que nos arquivos, os valores das temperaturas máximas mensais estão pelo menos dois graus acima dos valores dessa grandeza obtidos das normais climatológicas. O arquivo IWEC apresenta os maiores valores das temperaturas máximas mensais, sendo alguns coincidentes com os valores máximos absolutos. Quanto às temperaturas mínimas mensais, aquelas dos arquivos estão abaixo dos valores obtidos das normais do INMET em, pelo menos 2 ºC. O arquivo SWERA apresenta os menores valores dessa grandeza.

Quanto à radiação solar global total diária média mensal, somente os dados do arquivo do INMET encontram-se da ordem de 1000 W abaixo dos valores indicados pelo CRESESB para essa grandeza. Os demais arquivos apresentam valores mais elevados da radiação solar, chegando a 2000 W acima dos valores do CRESESB.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES PARA A CONTINUIDADE DO TRABALHO

Os arquivos climáticos analisados apresentam características similares quanto às variáveis como a temperatura do ar, umidade relativa e radiação solar global incidente no plano horizontal, possuindo diferenças mais importantes somente para os valores de direção e velocidade do vento.

Nesse caso, utilizar qualquer um desses arquivos proporcionará resultados semelhantes de simulações computacionais da eficiência energética de edificações com ar condicionado, nos quais não se considera diretamente o efeito do vento e sua direção no comportamento térmico do edifício. Por outro lado, para a realização de simulações de edifícios com ventilação natural proporcionada pela ação dos ventos, as diferenças nos valores da velocidade e direção do vento poderão afetar os resultados em função do arquivo climático utilizado. Isso demonstra um dos fatores relacionados à importância da aderência das características dos arquivos climáticos ao objetivo da avaliação, ou seja, qualquer um dos dados climáticos analisados pode ser utilizado para avaliar um edifício climatizado e se obter resultados potencialmente similares, o que não se pode afirmar quanto aos edifícios ventilados naturalmente.

De maneira geral, todos os arquivos analisados possuem condições climáticas mais críticas do que aquelas encontradas nas normais climatológicas quanto às temperaturas máxima e mínima mensal. Em um dos arquivos climáticos (IWEC) alguns valores das temperaturas máximas do ar são coincidentes com valores da temperatura máxima absoluta das normais climatológicas, ou seja, alguns dos maiores valores dessa grandeza encontrados na série histórica de dados climáticos constam nesse arquivo. Isso certamente representando uma situação climática mais extrema. Porém, a partir dos estudos realizados até o presente momento, ainda não se tem informações suficientes para quantificar o rigor desses dados.

Sobre a radiação solar, vários arquivos apresentam a mesma ordem de grandeza, com exceção do arquivo INMET, com valores mais baixos que os demais. Entretanto, esse último apresenta valores mais próximos dos obtidos da base de dados brasileira do CRESESB. Esse fator precisa ser verificado para se identificar quais dados são os mais representativos dos valores típicos dessa grandeza na cidade de São Paulo, os "médios" ou os mais "extremos".

Para identificar a adequação desses dados climáticos ou para a obtenção de dados potencialmente mais adequados para a avaliação do desempenho térmico e energético de edifícios é necessário efetuar estudos mais aprofundados, seja considerando análises de sensibilidade quanto ao efeito de diferenças nos dados climáticos na resposta térmica de edifícios brasileiros (como a velocidade e direção do vento), seja por meio da elaboração de análises estatísticas de dados climáticos históricos brutos ou a elaboração de cenários futuros abordando aspectos quanto ao aquecimento global. Nas próximas etapas do presente trabalho estão previstos estudos contemplando essas questões com o intuito de propor a utilização de dados adequados a cada tipo de avaliação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 15.575. Edifícios Habitacionais – Desempenho: Requisitos gerais. 2013.

CRAWLEY, D. B. Which Weather Data Should You Use. **ASHRAE Transactions**, v. 104, 1 – 18, 1998.

COLEY D.; KERSHAW, T.; EAMES, M. A comparison of structural and behavioural aptations to future proofing buildings against higher temperatures. Building Environ., v. 55, 159–166, 2012.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO S. BRITO. CRESESB. Disponível em <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data> Acesso em 08/03/2021.

SIU C.Y.; LIAO Z. Is building energy simulation based on TMY representative: A comparative simulation study on doe reference buildings in Toronto with typical year and historical year type weather files. **Energy & Buildings**, v. 211, 1 – 31, 2020.

DOGGETT, M. S. Climate Data for Building Simulations in The Building Enclosure, 2014.

HERRERA, M., NATARAJAN, S., COLEY, D. A., KERSHAW, T., GONZALEZ, A. P. R., EAMES, M., FOSAS, D., WOOD, M. A review of current and future weather data for building simulation. **Building Services engineering research and Tecnology**, v. 38, 602-627, 2017.

HERRERA, M, et al. SAX-quantile based multiresolution approach for finding heatwave events in summer temperature time series. **AI Commun**, v. 29: 725–732, 2016.

HOLMES, M. J; HACKER, J. N. Climate change, thermal comfort and energy: meeting the design challenges of the 21st century. **Energy and Buildings**, v. 39, 802–814, 2007.

KALAMEES T., et al. Development of weighting factors for climate variables for selecting the energy reference year according to the EN ISO 15927-4 standard. **Energy and Buildings**, v. 47: 53–60, 2012.

OLSEN, A. R., MORENO, S., DERINGER, J., WHATSON, C. R. **Weather data for Simplyfied Energy Calculation Methods**. U.S. Department of Energy. 281 p. 1984

PERNIGOTTO G., et al. Analysis and improvement of the representativeness of EN ISO 15927-4 reference years for building energy simulation. **Building Performance Simulation**, v. 7, 391–410, 2014.

UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY – USDOE. Energy Simulation Software EnergyPlus – Energy Efficiency and Renewable Energy – Building Technologies Program. Disponível em: <http://www.eere.energy.gov/buildings/energyplus/documentation.html>. Acesso em 15/06/19.