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

IDFMODIFIER: APLICAÇÃO PARA PARAMETRIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE CONFIGURAÇÃO DO ENERGYPLUS[1]

LEITZKE, Rodrigo Karini (1); CUNHA, Eduardo Grala da (2); SCHRAMM, Fábio Kellermann (3); CORREA, Celina Maria Britto (4); FERRUGEM, Anderson Priebe(5)

(1) Universidade Federal de Pelotas, rodrigokarinileitzke@gmail.com
(2) Universidade Federal de Pelotas, eduardogralacunha@yahoo.com.br
(3) Universidade Federal de Pelotas, fkschramm@gmail.com
(4) Universidade Federal de Pelotas, celinab.sul@terra.com.br
(5) Universidade Federal de Pelotas, apferrugem@gmail.com

RESUMO

O consumo de energia em todos os setores da construção civil vem aumentando no Brasil, diante deste cenário, a pesquisa científica deve contribuir para estabelecer e definir um menor consumo de energia elétrica nos edifícios, sem desconsiderar o conforto térmico dos seus usuários. A avaliação do desempenho de um edifício é medida - dentre outras formas - por um processo de simulação computacional, levando em considerando um contexto climático previamente definido. Para realizar as simulações, o Departamento de Energia dos Estados Unidos desenvolveu o software EnergyPlus, que permite analisar os níveis de eficiência energética e de conforto térmico dos edifícios. Uma das limitações do EnergyPlus está no momento de configurar projetos que envolvam um grande número de simulações com variações entre as componentes configuradas nestes modelos, a ferramenta não apresenta funcionalidades adicionais que permitam a geração de cenários complexos em termos de representação amostral, variando ou parametrizando componentes. Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma ferramenta computacional chamada IDFModifier, capaz de otimizar, redefinir e facilitar a parametrização de simulações computacionais realizadas pelo EnergyPlus, apresentando ainda, alternativas visuais para os resultados das simulações realizadas de acordo com as saídas de interesse do usuário a partir de um estudo de caso.

Palavras-chave: *EnergyPlus. Simulação Computacional. Aplicação Computacional.*

ABSTRACT

Energy consumption of the residential building sector has been increasing in Brazil, faced with this scenario, scientific research must contribute to establish and define consumption without overlooking thermal comfort. The evaluation of the building performance is measured – among other forms – by a computer simulation process, according to a previously defined climatic context. In order to carry out the simulations, The Department of Energy of the United States of America developed the EnergyPlus software, which allows to analyze the levels of energy

[1]L EITZKE, Rodrigo Karini; CUNHA, Eduardo Grala da; SCHRAMM, Fábio Kellermann; CORREA, Celina Maria Britto; FERRUGEM, Anderson Priebe. Idfmodifier: Aplicação para parametrização das propriedades de configuração do EnergyPlus. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

efficiency and thermal comfort in buildings. The use of EnergyPlus must contribute to establish and define for projects involving a high number of simulations and manipulation of a great number of files by the tool, which does not present additional functionalities for generating large quantities of simulation files with differences in their settings. For example in the case of aiding optional design strategies. This work proposes the development of a tool IDFModifier capable of optimizing, redefining and facilitating the parametrization of computational simulations carried out by EnergyPlus, to present visual alternatives to the results of these simulations according to the user and designer's interests from a case study.

***Keywords**: EnergyPlus. Computer Simulation. Parametric Settings. Computer Application.*

1 INTRODUÇÃO

Para a análise da operação dos edifícios, seja por características construtivas ou especificações técnicas, como o uso de equipamentos para aumentar o conforto térmico dos usuários, o Departamento de Energia dos Estados Unidos, através da fusão das ferramentas BLAST e DOE-2, desenvolveu o software EnergyPlus (EP). A ferramenta realiza, por simulação computacional, um balanço térmico de um modelo tridimensional, possibilitando também a análise energética dos sistemas de climatização (CRAWLEY et. al., 2000). Um dos maiores desafios dos usuários do EP é parametrizar os dados que serão simulados. Considerar múltiplas combinações de soluções técnicas de construção para um estudo específico envolvendo o uso da ferramenta não é uma tarefa simples, muito por conta das simulações (mesmo realizadas de maneira eficiente pela ferramenta) não apresentarem uma interface capaz de mudar as informações inseridas no programa, fazendo com que cada simulação execute individualmente um objeto/estudo de caso, por exemplo. Quando diferentes características do edifício precisam ser alteradas para a aplicação de interesse, os usuários da ferramenta, realizam estudos de parametrização gerando novos casos manualmente, sem o uso de rotinas para alterar essas informações. A partir da condição limitante na modificação das entradas de um modelo apresentada pelo EP, uma biblioteca na linguagem de programação Python chamada Eppy foi desenvolvida em 2011 por Santosh Philip e sua equipe (PHILIP; TANJUATCO, 2011). Sua ideia central é proporcionar aos usuários de EP a possibilidade de usar múltiplas variações das características inicialmente adotadas para um estudo de projeto específico, facilitando o processo de parametrização para uma ampla gama de cenários (PHILIP; TANJUATCO, 2011). Embora a biblioteca Eppy facilite o processo de parametrização, a necessidade de realizar rotinas de programação sem uma interface pode resultar na manutenção dos métodos pouco funcionais para parametrizar as configurações dos modelos do EP. Atualmente, dentre as ferramentas que buscam parametrizar as informações de entrada da simulação computacional ou ajudar a otimizar modelos, destaca-se o JEPlus (ZHANG, 2009), software que permite a parametrização de todas as variáveis de um arquivo de entrada idf. No entanto, a programação usando a linguagem Java para o uso da ferramenta também pode ser um empecilho para parte dos usuários.

Usando os recursos da JEPlus, Zhang e Korolija (2010) propuseram uma análise paramétrica com recursos de paralelismo computacional. O trabalho apresenta uma solução em formato de árvore, onde o primeiro nó da árvore corresponde aos arquivos *.idf parametrizados, seguidos pelos arquivos climáticos. A combinação dos arquivos parametrizados e dos arquivos climáticos resulta nas ramificações da árvore, tendo o fluxo de trabalho dessas simulações distribuído para explorar da melhor forma os recursos de hardware do usuário. Como uma solução computacional externa para o universo de simulação com o EP, foi desenvolvido um software de decisão interativo

para modernização de edifícios chamado TOBUS. A ferramenta busca apontar sugestões com base nas características do projeto (FLOURENTZOU, 2002). Outro software foi implementado considerando seu potencial para análise de energia solar e os modelos matemáticos para avaliar os impactos da radiação solar. As características geométricas tridimensionais do edifício são informadas à ferramenta e as estratégias relativas ao potencial de energia solar do modelo são calculadas pelo usuário (KAYNAK, 2018). Este artigo tem por objetivo apresentar a utilização através de um estudo de caso de uma ferramenta de interface que realiza a parametrização de três componentes dos modelos do EP: o isolamento térmico de paredes, piso e teto, a variação da densidade de carga interna de equipamentos e também a variação da ocupação do edifício.

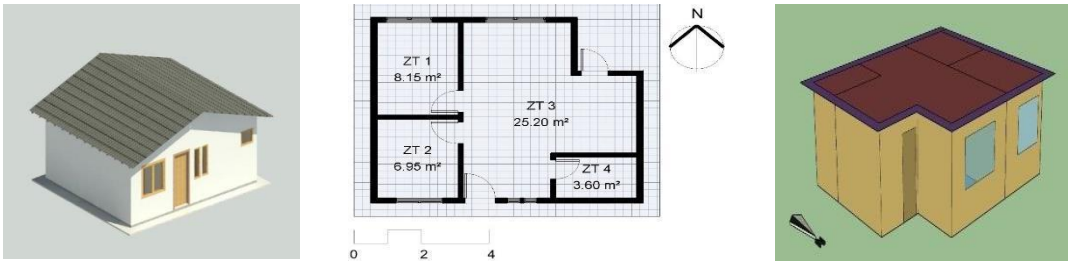
2 MÉTODO

O trabalho foi dividido em quatro principais etapas. Na primeira etapa foi realizada uma revisão dos trabalhos relacionados, suas funcionalidades e possíveis aplicações por meio dessas ferramentas (etapa apresentada ao longo da introdução). Na segunda etapa foi definido um projeto arquitetônico residencial de uma habitação para avaliar as funcionalidades do software proposto. Na terceira etapa foi estruturado e elaborado o design do software, assim como a implementação de suas funcionalidades. Por fim, na quarta etapa, foi desenvolvido um estudo de caso baseado no projeto definido na segunda etapa, utilizando as soluções oferecidas pela ferramenta.

2.1 Definição do modelo habitacional

Para aplicar as possibilidades da ferramenta proposta, foi escolhido um edifício residencial unifamiliar de um pavimento. Este projeto habitacional de baixa renda foi desenvolvido no trabalho de Oliveira (2012), atendendo às especificações mínimas da segunda fase do programa do governo brasileiro "Minha casa, minha vida" (MINCIDADES, 2009). A casa (Figura 1) possui 45,86 m², com dois quartos, espaços integrados para cozinha e banheiro. Cada compartimento foi definido como uma zona térmica (ZT). A ZT 1 corresponde ao quarto 1, a ZT 2 corresponde ao quarto 2, a ZT 3 corresponde às áreas da sala e da cozinha e a ZT 4 corresponde ao banheiro. Para modelagem tridimensional foi utilizado o software Sketchup 2015 junto ao plugin Legacy Open Studio 1.0.13.

Figura 1 – (a) Modelo 3D (b) Planta-baixa (c) Modelo 3D no Sketchup



(a) (b) (c)

Fonte: Os autores

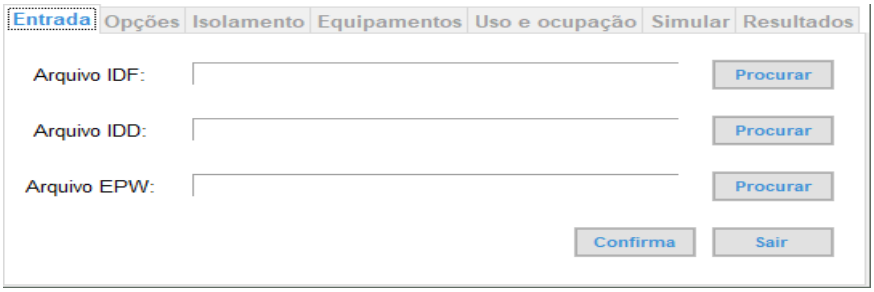
Para configuração do modelo no EP, as agendas de uso e ocupação e os valores de ganhos internos por iluminação e equipamentos, foram configurados de acordo com o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de

Edifícios Residenciais (RTQ-R) (INMETRO, 2012). Para o sistema de ar condicionado (também configurado de acordo com o RTQ-R), em ambientes de longa permanência (quartos e sala), as unidades individuais são ativadas à noite, a partir das 21:00 até as 08:00, com setpoint de 22 °C para aquecimento e 24 °C para resfriamento. O coeficiente de desempenho (COP) é de 2,75 para o sistema de aquecimento e 3,00 para o sistema de refrigeração. A vazão de ar por pessoa é de 0,00944 m³/s. A eficiência do motor e do ventilador são 0,90 e 0,70, respectivamente. Durante o dia, a casa é ventilada naturalmente (sem o uso de ar-condicionado) das 08:00 as 21:00. Para a simulação, foi escolhida a Zona Bioclimática Brasileira 2 (ZB2), representada pelo Município de Santa Maria - RS. A ZB2 é caracterizada pela alta amplitude térmica ao longo do ano, com verão e inverno muito rigorosos. De acordo com os dados obtidos no arquivo climático de Santa Maria, janeiro é o mês mais quente, com temperatura média mensal de 24,9 °C, e agosto é o mês mais frio, com temperatura média mensal de 13,4 °C. Para definição do envelope do caso base, foram utilizados os materiais tradicionais da construção de habitações de interesse social no Brasil, de modo a atender aos requisitos mínimos de transmitância e capacidade térmica exigidos para a zona bioclimática 2, conforme a NBR 15.575 (ABNT, 2013).

2.2 Estrutura do software IDFModifier

A ferramenta denominada IDFModifier propõe uma alternativa para realizar parametrizações no processo de simulação computacional envolvendo EP. O software foi desenvolvido na linguagem de programação Python, utilizando recursos da biblioteca Eppy (PHILIP; TANJUATCO, 2011). A interface proposta para ferramenta é dividida em abas, desta forma, existe a possibilidade de o usuário navegar pelas opções inicialmente utilizadas, podendo gerar casos de testes em diferentes arquivos ou contextos no mesmo ambiente, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 – Tela inicial com as possibilidades de entrada



Fonte: Os autores

A primeira aba (Entrada) contém as informações de entrada para a otimização de um modelo do EP, a segunda aba (Opções) apresenta as opções de parametrização, na terceira aba (Isolamento) estão as opções de parametrização para o isolamento dos fechamentos (paredes, piso e cobertura), assim como as duas seguintes (Equipamentos e Uso e ocupação), que apresentam as opções de parametrização para os equipamentos e uso e ocupação, respectivamente. A aba "Simular" apresenta as possibilidades de variáveis de saída e permite que seja executada a simulação, já a aba "Resultados" apresenta um gráfico de linhas com os resultados solicitados. A ferramenta está disponível no repositório do Github de forma gratuita, sendo possível a partir deste verificar a sua interface e os seus recursos (LEITZKE, 2019).

2.3 Definição do estudo de caso: Variando o isolamento térmico de um modelo habitacional

A partir da edificação escolhida, foi elaborado um estudo de parametrização das paredes externas, utilizando os recursos da ferramenta IDFModifier. As propriedades térmicas iniciais das paredes externas estão apresentadas na Tabela 1.

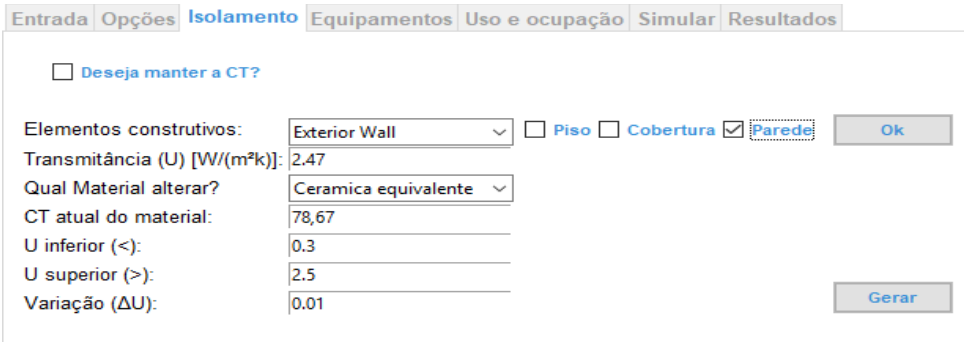
Tabela 1 – Ações e decisões

Propriedade	Resultado
Resistência Térmica total	0,40 (m².K)/W
Transmitância Térmica	2,47 W/(m².K)
Capacidade Térmica total	150,48 kJ/(m².K)

Fonte: Os autores

Para definição dos intervalos utilizados na parametrização e da problemática associada a escolha destes intervalos, o trabalho de Dalbem *et al.* (2016) busca propor uma adaptação do modelo alemão Passive House para edificações do sul do Brasil. Diante deste cenário de adaptação de um padrão europeu para o contexto climático do Brasil, este estudo de caso busca comparar o desempenho dos isolamentos térmicos definidos pelas normas, variando a transmitância dos fechamentos externos da edificação de 0,3 W/(m².K) até 2,5 W/(m².K), com o passo de 0,01, totalizando 221 casos de teste. A Figura 3 abaixo apresenta o preenchimento dos campos para parametrização dentro do ambiente da ferramenta, os dados precisam ser informados para que o IDFModifier gere os arquivos de teste que serão utilizados na análise. Para saída da simulação, foram solicitadas as variáveis de consumo de energia elétrica para aquecimento e resfriamento, já que o modelo base utilizado possui um ar condicionado configurado de acordo com o RTQ-R (INMETRO, 2012). As simulações foram realizadas de forma mensal e anual, ambas para Zona Bioclimática 2, utilizando o município e arquivo climático de Santa Maria - RS. Cabe salientar que a proposta de avaliação é global, não sendo possível nesta primeira versão da ferramenta considerar a parametrização dos componentes em zonas térmicas específicas.

Figura 3 – Configuração da parametrização no ambiente da ferramenta



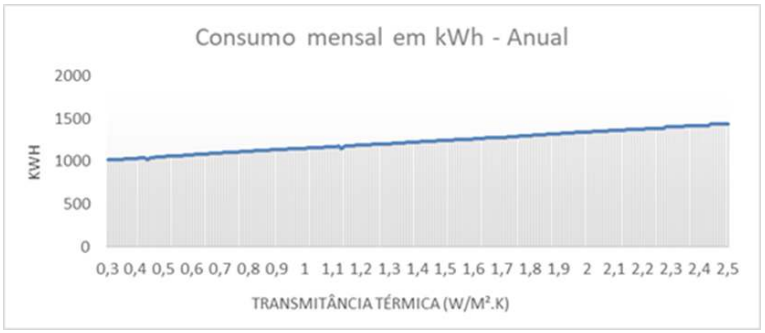
Fonte: Os autores

3 RESULTADOS

Para avaliar os resultados obtidos na análise paramétrica foram considerados três cenários: o comportamento anual do edifício a partir do consumo mensal de energia, o comportamento do mês mais rigoroso do inverno (Agosto) e o comportamento do mês mais rigoroso do verão (Janeiro). O gráfico da Figura 4 apresenta o consumo de energia elétrica em kWh ao longo do ano para os modelos com as 221 transmitâncias

térmicas de paredes externas avaliadas. É possível perceber que o isolamento da parede resultou em uma redução no consumo de energia elétrica nesta edificação, visto que existe uma inclinação em direção ao modelo com maior transmitância térmica (2,5 W/(m².K)), indicando um maior consumo de energia nestes casos.

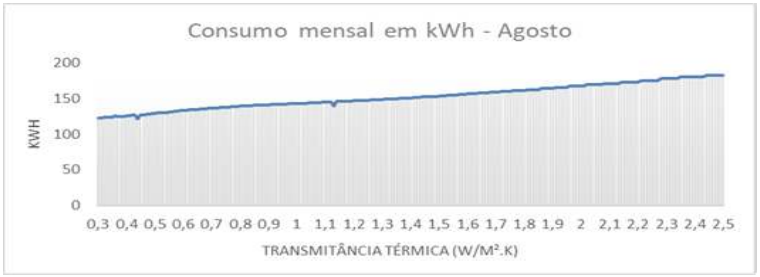
Figura 4 – Consumo de energia para os modelos parametrizados (Anual)



Fonte: Os autores

O mesmo padrão observado na análise anual é encontrado no gráfico da Figura 5, que apresenta o consumo de energia elétrica em kWh para o mês de Agosto (menor temperatura média mensal para ZB 2), considerando os casos de teste estudados. Conforme aumenta o nível de isolamento térmico das paredes externas, observa-se uma redução no consumo de energia elétrica. Como se trata da análise de um período frio, a manutenção do calor obtido pela edificação devido ao elevado nível de isolamento reduz a necessidade do uso do ar condicionado para aquecimento, implicando na redução do consumo energético.

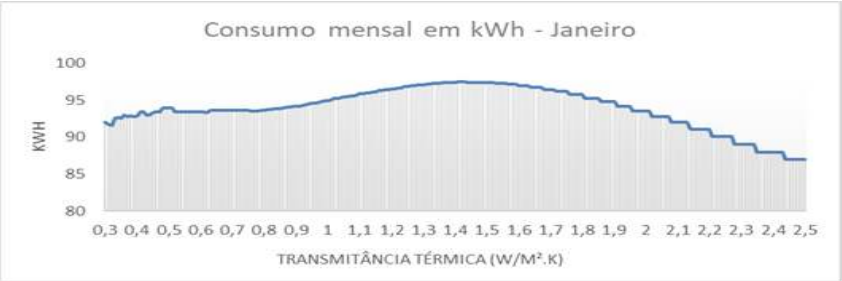
Figura 5 – Consumo de energia para os modelos parametrizados (Agosto)



Fonte: Os autores

A Figura 6 abaixo apresenta o consumo de energia elétrica em kWh do mês de Janeiro (mês que possui a maior temperatura média mensal para ZB2). Neste gráfico é possível observar uma variação dos resultados apresentados nas Figuras 4 e 5. Neste caso, o aumento do isolamento não resultou, necessariamente, na redução do consumo de energia. Por representar um período quente do ano, o acúmulo do calor obtido por conta do alto isolamento, impôs a necessidade de retirar este calor por meio da climatização artificial, aumentando o consumo. Desta forma, os modelos menos isolados, obtiveram os menores consumos para o mês de Janeiro.

Figura 6 – Consumo de energia para os modelos parametrizados (Janeiro)



Fonte: Os autores

4 CONCLUSÕES

Através da conclusão da ferramenta, foi possível realizar o estudo de caso apresentado e verificar o seu funcionamento diante de um problema de pesquisa real, constatando a aplicabilidade do software. Os arquivos no formato *.idf são gerados, simulados e armazenados, permitindo com que o usuário analise e avalie os resultados da parametrização em outras ferramentas de edição gráfica e/ou textual. Ainda sobre a ferramenta, é possível apontar uma limitação do trabalho no que diz respeito às possibilidades de variação dos resultados de saída. Em estudos mais aprofundados, onde o objetivo da análise requisite saídas específicas do processo de simulação termoenergética computacional, mesmo que as variações necessárias sejam realizadas, o conjunto de variáveis de saída disponibilizados pelo IDFModifier não representa o conjunto total de possibilidades oferecidas pelo EnergyPlus, sendo necessário, portanto, readequar a ferramenta para englobar um conjunto maior ou total de variáveis possíveis nas simulações. Para trabalhos futuros é possível apontar novas aplicações envolvendo a ferramenta para outros trabalhos e contextos, variando por exemplo, o isolamento da cobertura e do piso, combinados com a variação da transmitância das paredes, tudo isso para diferentes agendas de uso e ocupação e equipamentos. Atualizações devem ser realizadas a fim de ampliar a usabilidade da ferramenta, como o uso de um servidor para armazenar e simular os casos gerados pelos usuários, proporcionando a possibilidade de que uma análise possa ser compartilhada entre todo um grupo de colaboradores(as) que utilizam os recursos do servidor onde a ferramenta estará alocada. Também é passível de implementação, a utilização da aplicação em dispositivos móveis, uma vez que o servidor será o responsável por armazenar e executar os dados da simulação.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 15.220-2**. Desempenho Térmico de Edificações – Parte 2: Métodos de cálculos da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações). [S.l.]: Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15.575**. Edificações Habitacionais - Desempenho. [S.l.]: Rio de Janeiro, 2013.

CRAWLEY, D. B.; PEDERSEN, C. O.; LAWRIE, L. K.; WINKELMANN, F. C. EnergyPlus: energy simulation program. **ASHRAE journal**, [S.l.], v.42, n.4, p.49, 2000.

DALBEM, R. et al. Verification of the Passive House Concept to the South of Brazil Climate. **Journal of Civil Engineering and Architecture**, [S.l.], v.10, p.937–945, 2016.

DALBEM, R. et al. Atender às normas de desempenho é indicativo de conforto térmico na edificação de uso habitacional? Arquitextos, **Vitruvius**. Acessado em: maio de 2020. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/ arquitextos/18.211/6828>.

INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética Edificações Residenciais (RTQ-R)**. n. 18, 16 de janeiro de 2012. Acessado em maio de 2020. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001788.pdf>.

FLOURENTZOU, F.; GENRE, J. L.; ROULET, C.-A. TOBUS software—An interactive decision aid tool for building retrofit studies. **Energy and buildings**, v. 34, n. 2, p. 193-202, 2002.

KAYNAK, S.; KAYNAK, B.; ÖZMEN, A. A software tool development study for solar energy potential analysis. **Energy and Buildings**, v. 162, p. 134-143, 2018.

MINCIDADES, G. F. Programa Minha casa, minha vida. Brazilian Federal Government, SL, [S.l.], 2009.

OLIVEIRA, L. d. S. **Avaliação dos Limites das Propriedades Térmicas dos Fechamentos Opacos da NBR 15220-3 Para Habitações de Interesse Social, da Zona Bioclimática 2**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PROGRAU/ UFPel).

ORDENES, M.; PEDRINI, A.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. **Metodologia utilizada na elaboração da biblioteca de materiais e componentes construtivos brasileiros para simulações no visualdoe-3.1**. UFSC. Florianópolis, Setembro, [S.l.], 2003.

PHILIP, S.; TANJUATCO, L. eppy: scripting language for E+. EnergyPlus (version 0.46). Acessado em: maio de 2020. Disponível em: https://pypi. python. org/pypi/eppy/0.4, [S.l.], v.6, 2011.

WEBER, F. d. S. W. et al. Desenvolvimento de um modelo equivalente de avaliação de propriedades térmicas para a elaboração de uma biblioteca de componentes construtivos brasileiros para o uso no programa EnergyPlus. **Relatório de Pesquisa LABEEE**, [S.l.], 2017.

ZHANG, Y. Parallel EnergyPlus and the development of a parametric analysis tool. In: IBPSA CONFERENCE, 2009. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2009. p.1382–1388.

ZHANG, Y.; KOROLIJA, I. Performing complex parametric simulations with jEPlus. In: SET2010-9TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE ENERGY TECHNOLOGIES, 2010. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2010. p.24–27.