



DETERMINAÇÃO DE MODELOS DE REFERÊNCIA PARA SIMULAÇÃO TERMOENERGÉTICA DE HABITAÇÕES POPULARES PARA PELOTAS ATRAVÉS DE ANÁLISE DE AGRUPAMENTO

CAROLINA DE MESQUITA DUARTE¹; ALINE DE MESQUITA DUARTE²; EDUARDO GRALA DA CUNHA³

¹PROGRAU-UFPEL – carolinademesquitaduarte@hotmail.com

² UCPEL – alinemesqd@hotmail.com

³ PROGRAU-UFPEL – eduardogralacunha@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

A demanda energética de consumo final vem crescendo a cada ano no Brasil, e as edificações representam mais de 40% dessa demanda, o setor residencial representa 10,3% do consumo total de energia, sendo a energia elétrica responsável por 46,0% desse consumo das residências no país (EPE, 2020). O crescimento econômico possibilitou maior investimento no setor da construção civil e o crescimento populacional intensificou a crise habitacional no país, o que contribuiu de forma significativa para o aumento do consumo.

Na busca por atenuar o déficit habitacional no Brasil, surgem políticas públicas, como o Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), que através de investimentos na construção de empreendimentos de Habitação de Interesse Social (HIS) promove o acesso à moradia (BRASIL, 2020). No entanto, devido as limitações financeiras desses programas, o baixo investimento na fase de projeto e na especificação de materiais adequados é recorrente, e acaba gerando habitações com um alto consumo de energia elétrica e baixo conforto térmico dos usuários.

Nesse contexto, estudos como os desenvolvidos por (BROWN et al., 2014, CICELSKY; MEIR, 2014; ALAIDROOS; KRARTI, 2015; CHARISI, 2017), buscam compreender o comportamento termoenergético das edificações, a fim de identificar os principais parâmetros que impactam no desempenho das edificações e estabelecer medidas que minimizem os impactos ambientais causados pela crescente demanda de energia.

A simulação computacional, é uma ferramenta muito utilizada para avaliar o desempenho das edificações. E a determinação de modelos de referência é uma estratégia que vem sendo utilizada para facilitar esse processo. Baseado em análise estatística, considerando as características reais de um grupo de edificações, o modelo de referência representa de forma aproximada as edificações de um estoque edificado. Estudos como os de Ballarini et al. (2014) e Kragh e Wittchen (2014) buscaram determinar e avaliar modelos de referência baseados no estoque edificado da região de Piemonte e Dinamarca, respectivamente.

Embora ainda não exista nenhuma norma específica para a determinação de modelos de referência, existem vários métodos para alcançá-lo, todos complexos e que dependem do grau de detalhamento na descrição das características das edificações (ROSA, 2014). A análise de agrupamento é um dos métodos utilizados para obtenção desses modelos, é uma técnica utilizada para agrupar objetos similares com base em técnicas de estatística exploratória.

Considerando a importância das avaliações termo-energéticas para possíveis sugestões de melhorias nos materiais e técnicas construtivas aplicadas às habitações de interesse social, este trabalho pretende, através da análise de



agrupamento das edificações levantadas, determinar um modelo de referência de habitações populares unifamiliares para a cidade de Pelotas, RS.

2. METODOLOGIA

A metodologia divide-se em 4 etapas principais: levantamento dos dados, determinação dos modelos de referência, simulação dos modelos e resultados e discussão. Os dados serão tratados em dois blocos de informações distintos (forma e materiais).

2.1. LEVANTAMENTO DOS DADOS

O levantamento dos dados está sendo realizado com base no banco de dados da Caixa Econômica Federal (CEF), no arquivo de projetos da Secretaria de Gestão da Cidade e Mobilidade Urbana de Pelotas (SGCMU) e observações in loco. Seguindo a classificação do programa MCMV (BRASIL, 2020), primeiramente estão sendo levantados os dados referentes aos projetos enquadrados na modalidade Nível 1, através da solicitação dos projetos destes empreendimentos à SGCMU de Pelotas.

2.1.1. DELIMITAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

As habitações que serão analisadas neste trabalho são os grandes empreendimentos unifamiliares e multifamiliares localizados na cidade de Pelotas. Para se enquadrarem no estudo os empreendimentos devem atender aos critérios estabelecidos para financiamento pelo programa MCMV.

2.1.2. LEVANTAMENTO DOS DADOS REFERENTES À FORMA DAS EDIFICAÇÕES

Os dados referentes à forma das edificações foram levantados através dos projetos solicitados à SGCMU de Pelotas. As informações levantadas dizem respeito a geometria das edificações: dimensões gerais, distribuição espacial dos ambientes, implantação no terreno, orientação das fachadas e dimensões, manobra de abertura, área de iluminação, ventilação e existência de proteção solar nas portas e janelas.

2.1.3. LEVANTAMENTO DOS DADOS REFERENTES AOS MATERIAIS QUE COMPÕEM AS EDIFICAÇÕES

Os dados dos materiais que compõem a edificação foram levantados com base nos projetos da SGCMU de Pelotas, no Manual do Proprietário correspondente e observação visual in loco. Sendo levantados os dados de composição (espessura, materiais, pintura e cor) de parede, piso, cobertura e esquadrias.

2.2. DETERMINAÇÃO DOS MODELOS DE REFERÊNCIA

O objetivo desta etapa é utilizar a análise de agrupamento para identificar modelos de referência que possuam características similares dentro de cada grupo e diferentes das amostras dos demais grupos. As análises estatísticas serão realizadas no software PSPP. Os procedimentos hierárquico e não hierárquico



serão utilizados de forma conjunta neste estudo como abordagem para a formação dos agrupamentos. O hierárquico será responsável por determinar o número de agrupamentos a partir da definição da matriz de similaridade e do algoritmo de partição, utilizando a distância euclidiana quadrada e o Método de Ward, respectivamente. E o não hierárquico, pela formação final de cada agrupamento, onde os objetos são distribuídos de acordo com a proximidade do centroide de cada grupo (pontos sementes). Ao final, para verificar se as características das variáveis diferem entre os grupos, serão aplicados testes de hipótese. Definindo assim, modelos de referência para cada bloco de informações (forma e material).

2.3. SIMULAÇÃO DOS MODELOS

Esta etapa busca verificar a aplicabilidade dos modelos encontrados em avaliações termo-energéticas realizadas através de simulações computacionais. Para isto, tanto os modelos encontrados quanto as habitações levantadas durante o trabalho serão modelados no software *SketchUp* 2017 com o auxílio do plugin *Legacy Open Studio 1.0.14* e simulados no *EnergyPlus* 9.0.1.

As simulações serão rodadas para a Zona Bioclimática 2, representada pelo arquivo climático de Pelotas elaborado por Leitzke *et al.* (2018). As configurações de uso e ocupação, serão configurados de acordo com o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R, 2010). Será adotado o sistema de ventilação natural com temperatura de setpoint de 25°C, baseada em Martins *et al.* (2009). O piso e as paredes de encontro entre habitações ou circulação dos edifícios de apartamento, serão configurados como adiabáticos.

A variável de saída solicitada será a temperatura operativa interna (°C), para cada um dos ambientes de permanência prolongada (sala e dormitórios), a fim de obter o valor de graus hora de resfriamento e aquecimento. Os resultados serão submetidos a análises estatísticas através do software PSPP, onde serão realizados testes de hipótese para comparar as amostras de graus horas entre os agrupamentos e os valores de graus hora do modelo de referência com o seu agrupamento, para verificar se as médias amostrais são iguais ou não. E, por fim, será analisada a distribuição amostral para cada variável de cada agrupamento, para confirmar se o modelo representa bem a amostra.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa está no estágio de levantamento de dados. Ao final, serão gerados, para o bloco da forma, uma planta baixa com a configuração espacial da habitação, dimensões e orientação solar, além do modelo computacional para simulação no software EnergyPlus e, para o bloco dos materiais uma lista dos materiais que compõem as paredes, piso, cobertura e esquadrias.

Os resultados obtidos até o momento apontam que até agosto de 2020 foram construídos 75 empreendimentos do programa MCMV na cidade de Pelotas, 16 enquadrados na modalidade Faixa 1 e 1,5, 51 Faixa 2 e 8 Faixa 3. A tipologia mais recorrente corresponde ao edifício de apartamentos multifamiliar e, em seguida, a residência térrea, e por fim, ao sobrado, com 2 quartos e sala e cozinha integradas, tendo como técnica construtiva mais utilizada as paredes em concreto, laje sem forro, piso cerâmico, telha de fibrocimento e portas em madeira compensada e janela em alumínio ou PVC.



4. CONCLUSÕES

Considerando a importância das avaliações termo-energéticas para possíveis sugestões de melhorias nos materiais e técnicas construtivas aplicadas às habitações de interesse social, estudos relacionados ao tema são muito pertinentes. Com isso, o uso de modelos de referência que consideram as características mais recorrentes em um grupo de edificações reais para determinada região, pode ser um importante aliado para estes estudos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAIDROOS, A.; KRARTI, M. Optimal design of residential building envelope systems in the Kingdom of Saudi Arabia. **Energy and Buildings**, v. 86, p. 104-117, 2015.
- BALLARINI, I.; CORGNATI, S.; CORRADO, V. Use of reference buildings to assess the energy saving potentials of the residential building stock: the experience of TABULA project. **Energy Policy**, v. 66, p. 273-284, mai. 2014.
- BRASIL, Ministério do Desenvolvimento Regional. **Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV)**. 2020. Acessado em 12 fev. 2021. Online. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/habitacao/minha-casa-minha-vida/programa-minha-casa-minha-vida-mcmv>.
- BROWN, N.; UBBELOHDE, M. S.; LOISOS, G.; PHILIP, S. Quick Design Analysis for Improving Building Energy Performance. **Energy Procedia**, v. 57, p. 1868–1877, 2014.
- CHARISI, S. The role of the building envelope in achieving nearly-zero energy buildings (nZEBs). **Procedia Environmental Science**, v. 38, p; 115-120, 2017.
- CICELSKY, A.; MEIR, I. A. Parametric analysis of environmentally responsive strategies for building envelopes specific for hot hyperarid regions. **Sustainable Cities and Society**, 2014.
- EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanço Energético Nacional 2020**: Ano Base 2019. Rio de Janeiro, 2020. Acesso em: jan. 2021. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>>.
- INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, RTQ-R**. Eletrobrás, 2010.
- KRAGH, J.; WITTCHEN, K. Development of two Danish building typologies for residential buildings. **Energy and Buildings**, v. 68, p. 79-86, jan. 2014.
- LEITZKE, R. K. et al. Optimization of the Traditional Method for Creating a Weather Simulation File: The Pelotas.epw Case. **Journal of Civil Engineering and Architecture**, v. 12, p. 741-756, 2018.
- MARTINS, D. J. et al. Ensaio sobre a Utilização da Automação de Aberturas na Simulação do Desempenho Térmico de Edificações. In: **X ENCAC**. Anais do evento. Natal 2009.
- ROSA, A. S. **Determinação de modelos de referência de habitações populares unifamiliares para Florianópolis através de análise de agrupamento**. 2014. 198 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- SILVA, A. S.; GHISI, E. Análise de sensibilidade global dos parâmetros termofísicos de uma edificação residencial de acordo com o método de simulação do RTQ-R. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.13, n.4, p. 135-148, 2013.