

## UMIDADE E O CONSUMO DE CLIMATIZAÇÃO ARTIFICIAL

JULIA DA CRUZ LOPES<sup>1</sup>; EDUARDO GRALA DA CUNHA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – ju-0-9@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – eduardogralacunha@yahoo.com.br

### 1. INTRODUÇÃO

A presença de umidade nos materiais de uma edificação pode afetar o conforto e consumo de energia elétrica. Estudar umidade é crucial para estimar o consumo elétrico e dimensionar sistemas de ar condicionado. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), 30% dos edifícios sofrem da Síndrome do Edifício Doente, ligada a poluição do ar e falhas em climatização. Este artigo foca no consumo de desumidificação em edifícios bem isolados, analisando 7 estratégias.

O processo de desumidificação impacta o consumo de resfriamento, enfatizando o calor latente no verão. Cada edifício possui características únicas que podem afetar negativamente o consumo de energia (ZINA, 2020). Hoje, a construção civil enfrenta o desafio de criar edifícios que proporcionem conforto térmico com baixo consumo de energia elétrica, dado seu impacto nos custos e no meio ambiente (FREIRE; OLIVEIRA; MENDES, 2008). Ao estudar a relação entre calor e umidade nas edificações, podemos entender seu comportamento e consequências. O desempenho higrotérmico das edificações envolve o estudo combinado do calor e da umidade nos elementos construtivos, analisando como eles reagem sob condições específicas de temperatura e umidade do ar. É essencial considerar as propriedades higrotérmicas dos materiais utilizados na construção (CIB WA4A, 2012; ZANONI, 2015; NASCIMENTO, 2016). Consequências da umidade, conforme Mendes (1997), incluem a deterioração dos elementos construtivos, sendo mais comum em edifícios de baixa qualidade ou com problemas construtivos (GONZALES; OLIVEIRA; AMARANTE, 2020). A Síndrome do Edifício Doente (SED) pode estar presente em dois tipos de edifícios: os temporários, construídos recentemente em que apresentam irregularidades que desaparecem com o tempo, e os permanentes, que possuem erros de projeto e falta de manutenção. Ambos consomem alta energia elétrica com condicionamento de ar, e a manutenção dos equipamentos muitas vezes é precária, levando ao aumento da poluição do ambiente interno por microrganismos que se desenvolvem dentro do sistema de refrigeração e umidificação. Em regiões quentes e úmidas, resfriar e desumidificar demanda alta energia, impulsionada pelas cargas sensíveis e latentes. Assim, reduzir o consumo energético em sistemas de ar condicionado é um contínuo objetivo de pesquisa, dada a crescente utilização desses equipamentos pelo país (AZEVEDO, 2013; CRUZ; GALVEZ, 2013; CAMARGO, 2003). O sistema de ventilação mecânica com recuperação de calor, conforme a Standard Passive House, possibilita a renovação do ar interno e a transferência de calor sensível com o ar externo. O componente interno do recuperador de calor troca calor sensível através de suas paredes metálicas, resfriando o ar no verão e aquecendo-o no inverno. O fluxo de ar de entrada segue normas para manter a qualidade do ar, com a recomendação de 30m³/h por pessoa. O cálculo combina o fluxo de entrada com extração (45m³/h para cozinha e 20m³/h para banheiros) (PASSIPEDIA, 2023). De acordo com Mendes (1997), a relação entre calor e umidade afeta o balanço energético do edifício. A condensação/evaporação da água envolve calor latente, enquanto a diferença de temperatura entre ar e superfície da parede está ligada ao

calor sensível. Essas propriedades influenciam a carga total e evidenciam a diferença entre modelos de simulação considerando ou não umidade. Dada a importância da umidade no desempenho energético, projetar um sistema de ar condicionado bem dimensionado, considerando calor latente e sensível, é essencial para manter a qualidade do ar interno, evitando o crescimento de fungos e bactérias prejudiciais à saúde.

## 2. METODOLOGIA

A análise realizada foi desenvolvida com o uso da ferramenta *Passive House Planning Package* (PHPP), desenvolvida através do software Microsoft Excel™ e baseada no método do balanço térmico mensal de aquecimento e resfriamento da norma DIN ISO 52016 (ISO, 2017). Ela também calcula o balanço anual baseado na norma EN ISO 13790 (ISO, 2004) e possibilita a criação de alguns cenários para avaliar o balanço energético dos edifícios. O software considera alguns pressupostos básicos os quais estão relacionados com os indicadores de uma *Passive House* acordando com a *Standard*, embora possam ser modificados, ou seja, inputs editáveis. Os cenários de análise utilizados na pesquisa foram os de ventilação mecânica noturna, ventilação natural noturna e variação natural da ventilação noturna. O sistema discutido na pesquisa é composto por um ventilador mecânico com recuperação de calor, com pré-aquecimento indireto por água quente e, também, um sistema de refrigeração com expansão direta, Split, utilizado quando o ar de insuflamento entra com mais de 26°C. No inverno o ar exterior é pré-aquecido passando pelo trocador de calor e aquece o ar interior à temperatura próxima de 20°C. Já no verão o ar exterior é resfriado no trocador de calor e o ar interior de menor temperatura resfria o ar exterior. Ainda no verão, quando o ar exterior é insuflado com temperatura superior a 26°C, o sistema auxiliar Split é acionado para resfriar a temperatura para o intervalo de 20 a 26°C.

A edificação estudada consiste em uma edificação unifamiliar, com área total de 144,43m<sup>2</sup>, contando com três quartos, sendo um suíte, três banheiros, sala e cozinha integrados, escritório, lavanderia e a sala técnica do sistema de ventilação mecânica. A análise do desempenho da edificação foi realizada através do programa PHPP. Para o dimensionamento da vazão da renovação de ar por intermédio do sistema de ventilação mecânica com recuperação de calor partiu-se do ponto de que a vazão por pessoa é de 30m<sup>3</sup>/h, considerando 2 pessoas por dormitório, e considerando também vazões de extração de ar da cozinha de 45m<sup>3</sup>/h e 20m<sup>3</sup>/h para cada banheiro. A partir da vazão de insuflamento e vazão de extração é realizado um balanço total do sistema. O índice de renovação do ar dos ambientes por hora varia entre 0,3 1/h e 0,6 1/h. É importante contextualizar também o clima de Pelotas, RS, local de desenvolvimento do projeto residencial em análise. Tanto a utilização da estratégia de ventilação natural quanto o aumento da ventilação mecânica e diminuição da vazão de ar, impactam diretamente no consumo de resfriamento como desumidificação. A cidade está localizada no extremo sul do Rio Grande do Sul, e caracteriza-se por apresentar um clima temperado subtropical úmido, com temperaturas médias anuais de 17,6 °C e umidade relativa do ar em torno dos 80,7%.

Contextualizando a ventilação mecânica com recuperação de calor de uma *Passive House*, temos que a elevada estanqueidade caracterizada por esquadrias de alto desempenho juntamente com o envelope selado faz com que o índice de renovação do ar interior não seja superior a 0,6 renovações por hora, observando o

sistema de ventilação mecânica. Uma das estratégias para minimizar as cargas de resfriamento é a ventilação noturna. Neste caso, a partir da abertura de janelas observa-se níveis de vazão do ar maiores que 0,6 1/h. Observando os resultados para as alterações da vazão do sistema de ventilação mecânica, o menor consumo de resfriamento foi observado com a menor vazão 0,38 1/h, e 22,1 kWh (m<sup>2</sup> ano), no cenário 2. É justamente neste cenário que encontramos o menor impacto do consumo de desumidificação no consumo total de resfriamento. As maiores vazões com a utilização da abertura de janelas durante a ventilação noturna também podem minimizar o impacto da desumidificação no consumo total de resfriamento, já que o ar exterior com menores temperaturas possibilita a entrada de ar com menor razão de umidade (gramas de vapor d'água/Kg de ar seco).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa buscou observar o impacto do consumo de desumidificação no consumo total de resfriamento e verificar o desempenho de possíveis estratégias para mitigar os efeitos do ar exterior úmido. Usando o PHPP para realizar a simulação computacional, foi possível analisar 7 cenários com características específicas quanto à vazão de ar como também o tipo de renovação do ar interior. Foram testadas a ventilação natural noturna e a alteração da vazão do sistema de ventilação mecânica. O índice de renovação mínima preconizado no *Passive House* é  $0,3h^{-1}$ , e as menores vazões testadas na simulação obtiveram os melhores resultados em termos de consumo de resfriamento, possibilitando a manutenção da qualidade do ar interior. Outro aspecto importante sobre a desumidificação no contexto geral do consumo de energia de climatização artificial no verão foi que, na melhor hipótese, a desumidificação impactou em 54,3% o consumo total de resfriamento. Como trabalho futuro destaca-se a possibilidade de desenvolver e simular estratégias de desumidificar o ar exterior antes de resfriá-lo e verificar a eficiência destas possibilidades.

### 4. CONCLUSÕES

É evidente a importância do estudo higrotérmico e do impacto que a umidade tem nas construções, sobretudo aquelas com baixos recursos. Ela pode ser a principal responsável por diversas enfermidades. Através de simulações é possível reparar, também, como ignorar estes estudos em um projeto pode resultar em grandes custos através do consumo de desumidificação nos aparelhos de climatização artificial.

### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, J. D. L. **Sistemas dedicados ao tratamento do ar de renovação no condicionamento de ar**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

BOGO, A.; PIETROBON, C. E.; BARBOSA, M. J.; GOULART, S.; PITTA, T.; LAMBERTS, R. **Bioclimatologia Aplicada ao Projeto de Edificações**. 1994. Núcleo de Pesquisa em Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

CAMARGO, J.R. **Sistemas de Resfriamento Evaporativo e evaporativo-adsorativo aplicados ao condicionamento de ar**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Campus de Guaratinguetá.

CIB W040. **Heat, air and moisture transfer terminology: Parameters and concepts**. CIB - W040, 2012. Disponível em: <https://research.tuni.fi/uploads/2018/12/40adc367-x264983.pdf>.

CRUZ, A. M. J., GALVEZ, J. M. Modelagem, Simulação e Controle de um Processo Desumidificador Dessecante Multimalha. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics**. Online, v. 1, n. 1, 2013.

DIN - Deutsches Institut Für Normung, ISO – International Organization for Standardization, **DIN ISO 5016-1**. Energetische bewertung von gebauden – Energiebedarf für Heizung und Kühlung, IOnnentemperaturen sowie fühlbare und latent Heizlasten – Teil 1: Berechnungsverfahren. Ausgabe 2018-4, DIN, Berlin, 2018.

EN ISO INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **EN ISO 13790. Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung des Haizzenergiebedarfs**. Deutsch Fassung EN ISO 13790: 2004.

FREIRE, R. Z.; OLIVEIRA, G. H. C.; MENDES, N. Predictive Controllers for Thermal Comfort Optimization and Energy Savings. **Energy and Buildings**. Online, v.40, p. 1353-1365, 2008.

GONZALES, F. D.; OLIVEIRA, D. L.; AMARANTE, M. S. Patologias na construção civil. **Revista Pesquisa e Ação**. Online, v. 6, n. 1, 2020.

HENS, H. L. S. C. Combined heat, air, moisture modelling: A look back, how, of help? **Building and Environment**. Online, v. 91, p. 138-151, 2015.

HENS, H. L. S. C. EBC. **Annex 41 - Whole Building Heat-Air-Moisture Response**. United Kingdom, 2013

MENDES, N. **Modelos para Previsão da Transferência de Calor e de Umidade em Elementos Porosos de Edificações**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, p. 1–219, 1997.

MENDES, N.; WINKELMANN, F. C.; LAMBERTS, R.; PHILIPPI, P. C. Moisture effects on conduction loads. **Energy and Buildings**, v. 35, n. 7, p. 631–644, 2003.

NASCIMENTO, M. L. M. **Aplicação da simulação higrotérmica na investigação da degradação de fachadas de edifícios**. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil). Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, 2016.

PASSIVE HOUSE INSTITUT. **PHPP - Passive House Planning Package**. Version 10. Germany, 2021.

PASSIPEDIA. **Passipedia – The Passive House Resource**. Disponível em: <https://passipedia.org/>. Acesso: dia 19 de abril de 2023.

STERLING, T. D.; COLLETT, C.; RUMEL, D. A epidemiologia dos "edifícios doentes". **Revista de Saúde Pública**, v. 25, n. 1. p. 56-63. São Paulo, 1991.

ZANONI, V. A. G. **Influência dos agentes climáticos de degradação no comportamento higrotérmico de fachadas em Brasília**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Brasília, 2015.

ZINA, C. M. **Atributos de Desempenho Ambiental: Uma ferramenta de apoio para Projetos Residenciais**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 2020.