



XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído

XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído

JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO COMPORTAMENTO DO USUÁRIO E OPERAÇÃO DO EDIFÍCIO NO CONFORTO TÉRMICO DE USUÁRIOS DE ESCRITÓRIOS

Graciele Gregorio (1); Luciana Oliveira Fernandes (2)

(1) Engenheira Civil, Mestranda do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Civil, gregoriograciele@gmail.com

(2) Dra. Professora do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Civil, luciana.fernandes@imed.edu.br, Faculdade Meridional – IMED

RESUMO

As preocupações com o consumo energético amplamente discutidas no nosso contexto atual trouxeram novos campos de pesquisa para a construção civil. O consumo energético relaciona-se diretamente com o conforto térmico, uma vez que, quando os usuários não se sentem confortáveis termicamente, buscam alternativas energéticas para suprir sua necessidade de conforto. Vários estudos tem utilizado a simulação computacional para encontrar soluções de projeto que favoreçam o conforto térmico, entretanto, observa-se uma imprecisão nos dados de comportamento dos usuários e do modo de operação das edificações. Em virtude disso, este estudo objetiva investigar a influência do comportamento do usuário e da operação da edificação na percepção de conforto térmico de usuários de edificações de escritório com climatização artificial. Para isso foi realizado um projeto piloto no qual foram aplicados questionários aos usuários simultaneamente a medições térmicas em um escritório de contabilidade na cidade de Ijuí/RS. Como resultados obteve-se que todos os usuários estavam em condições de conforto, entre levemente frio, neutro e levemente quente, e que os usuários aceitaram uma média de temperatura um pouco maior do que o proposto pelo modelo analítico da ASHRAE. Obteve-se também indicativos de que a posição do usuário em relação ao ar condicionado afeta a sua sensação de conforto, assim como a influência do histórico térmico. Observou-se a existência de um comportamento ativo na operação do ar condicionado, uma vez que as sensações térmicas relatadas possuíam relação com as operações realizadas pelos usuários.

Palavras-chave: conforto térmico, comportamento do usuário, operação da edificação.

ABSTRACT

The concerns about energy consumption widely discussed in our current context have brought out news research fields for civil construction. Energy consumption is directly related to thermal comfort since when users do not feel thermally comfortable, they seek alternatives powered with energy to supply their needs for comfort. Several studies have used computational simulation to find design solutions that favor thermal comfort. However, there are inaccuracies observed in the user behavior data and in the building operation. Therefore, this study aims to investigate the influence of user behavior and the building operation in the perception of thermal comfort users of offices with artificial climatization in the city of Ijuí/RS. The results showed us that users were in conditions of comfort between slightly cold, neutral and slightly warm and that users accepted a slightly higher average temperature than that proposed by the analytical model of ASHRAE. In addition, we have obtained indicators that a user's position in relation to the air conditioning unit affects their sense of comfort, just like the thermal history. We observed the existence of the active behavior in the air conditioning operation since the thermal sensations reported had a relation with the user operation.

Keywords: thermal comfort, user behavior, building operation.

1. INTRODUÇÃO

Os edifícios comerciais contribuem com 18,90% da energia elétrica total consumida no Brasil, de acordo com o Anuário Estatístico de Energia Elétrica – EPE (2018), e desse consumo aproximadamente 69% é referente ao consumo de energia elétrica com condicionamento artificial e iluminação (ELETROBRAS, 2009). Muitos estudos focam na relação dos materiais construtivos com o desempenho térmico e consumo energético das edificações e utilizam a simulação computacional como ferramenta auxiliar na tomada de decisões projetuais. Entretanto, Delzendeh *et al.* (2017) realizaram uma revisão sistemática de literatura para identificar as principais lacunas de pesquisa na análise energética dos edifícios e os autores verificaram que em vários estudos há uma diferença entre a energia consumida prevista e o real consumo dos edifícios.

Uma das principais causas identificadas é a imprecisão na determinação de como o edifício será operado, resultando em dados de entrada incompatíveis com a realidade nos *softwares* de simulação. Page *et al.* (2008) expõem que o consumo total de energia dos edifícios não é apenas influenciado pelo calor metabólico produzido pelos ocupantes passivamente, como majoritariamente é considerado em *softwares* de simulação de energia, mas também pelo seu uso de energia ativa. Quando os usuários não se sentem confortáveis termicamente em um ambiente, podem realizar ações comportamentais para retomar sua condição de conforto. Esses comportamentos podem ser alterações na vestimenta, ingestão de uma bebida quente ou fria, mudança na posição do ambiente; ou então ações operacionais na edificação, como a abertura ou fechamento de uma janela ou porta, ajuste de persianas e ajustes no ar condicionado.

O modo como o ar condicionado é utilizado pode causar grandes impactos no consumo de energia elétrica, sendo que um mesmo edifício pode ter consumos energéticos bastantes divergentes, pois depende da maneira como é operado por seus usuários. Li *et al.* (2014, apud Yan *et al.* 2015) investigaram o consumo da energia elétrica em 25 residências com envelope idêntico em Pequim, na China. Obteve-se valores discrepantes do consumo de energia elétrica para o ar condicionado, enfatizando o impacto do modo de operação do sistema de ar condicionado, já que as edificações eram idênticas. Além disso, estudos têm demonstrado que quanto mais uma pessoa é exposta ao condicionamento artificial, maior é o seu desejo de permanecer nestes espaços e menor é a sua tolerância às temperaturas mais altas. Esse fenômeno tem sido descrito pelos pesquisadores como memória térmica dos usuários, a qual pode ocasionar uma espécie de vício pelo ar condicionado (DE VECCHI; CÂNDIDO; LAMBERTS, 2012, ROAF *et al.*, 2010).

Noda *et al.* (2016) realizaram um estudo de caso com 13 escritórios localizados em João Pessoa, no Nordeste brasileiro, cinco deles ventilados naturalmente e oito deles condicionados artificialmente. Foram realizadas medições térmicas e aplicados questionários sobre o conforto térmico aos ocupantes simultaneamente. Como resultado obteve-se que 50% dos usuários dos ambientes condicionados artificialmente se sentiam desconfortáveis termicamente, sendo 38,89% com desconforto por frio e 11,11% com desconforto por calor. Estes dados apontam dissonância entre as necessidades dos trabalhadores e o ajuste no sistema de climatização, uma vez que o desconforto por frio possui valor expressivo.

Langevin, Gurian e Wen (2015) realizaram um estudo de caso longitudinal de um ano em um edifício de escritórios climatizados artificialmente localizado na Filadélfia nos Estados Unidos. O objetivo do estudo era de analisar o comportamento dos usuários e sua relação com o conforto térmico. Medições ambientais foram coletadas e aplicados questionários diários aos usuários dos escritórios. Como resultado da pesquisa os autores observaram que de manhã a sensação térmica e as ações associadas derivaram predominantemente de experiências anteriores no ambiente externo, enquanto as ações subsequentes estavam mais associadas ao ambiente interno. Além disso, os autores encontraram associações entre temperaturas mais quentes e a probabilidade da ingestão de bebida gelada e abertura de porta. Entretanto, bebidas mais quentes, como o café, não mantinham uma relação direta com temperaturas mais frias, configurando-se mais propriamente como um hábito alimentar.

Conforme a literatura, podemos observar que o conforto térmico e o consumo energético estão diretamente relacionados com o comportamento dos usuários e a operação dos edifícios. Entretanto, a abrangência dessas ações dificulta estimar a real condição de conforto térmico dos usuários de um dado ambiente. Além disso, a imprecisão dessas informações causa estimativas errôneas do consumo energético das edificações e subestima o aproveitamento de estratégias de projeto eficazes para proporcionar conforto térmico aos usuários.

2. OBJETIVO

O objetivo do estudo é investigar a influência do comportamento do usuário e da operação da edificação na percepção de conforto térmico de usuários de edificações de escritório com climatização artificial na cidade de Ijuí/RS.

3. MÉTODO

Este estudo faz parte de um projeto piloto de dissertação, no qual foram aplicados questionários aos usuários simultaneamente a medições térmicas em um escritório de contabilidade localizado no terceiro andar de uma edificação comercial na cidade de Ijuí/RS. Os questionários foram aplicados no dia 29 de janeiro de 2019, em um dia com temperatura externa variando entre 21°C e 31°C entre 9:00 à 16:30 horas, conforme dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019) da cidade de Cruz Alta, que possui estação meteorológica mais próxima da cidade em que a pesquisa foi realizada. A temperatura interna foi monitorada com 3 *Data Loggers*, cada um posicionado em uma das salas analisadas. Foram escolhidas 3 salas, com 5 usuários participantes da pesquisa. O escritório possuía condicionamento artificial, com climatizadores de ar do tipo *split*, posicionados 1 em cada uma das salas analisadas. Na figura 01 tem-se uma planta baixa das salas pesquisadas com a marcação da posição dos climatizadores e posição dos usuários. As janelas eram operáveis, com vidros *float* com película verde. Todos os usuários do escritório tinham a possibilidade de operar as janelas e o *setpoint* do ar condicionado.

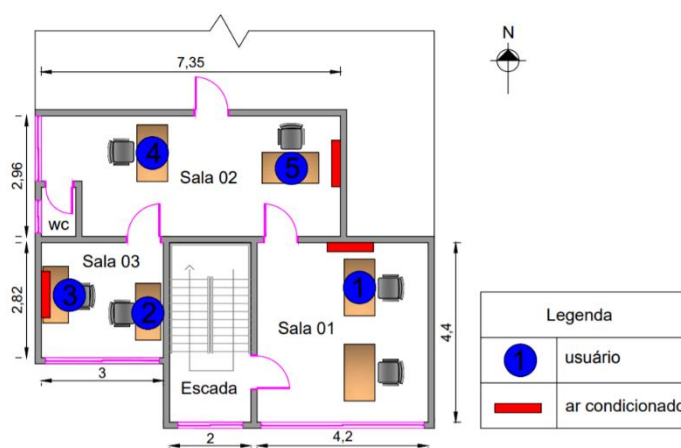


Figura 1 – Planta baixa das salas analisadas.

Para coleta de dados subjetivos foi utilizado o *Google Forms*, cujo link foi colocado em uma plataforma online adaptada de um código de programação utilizado por Tamura (2017) envolvendo questionários sobre conforto térmico. O objetivo da plataforma era programar os questionários para que fossem executados nos horários pré-determinados, soando um alarme para lembrar os usuários de respondê-los. Os questionários foram preenchidos 2 vezes pela manhã, próximo das 9 horas e das 11 horas, e 2 vezes pela tarde, próximo das 14 horas e 30 minutos e próximo das 16 horas e 30 minutos.

As perguntas do questionário foram baseadas no apêndice k da ASHRAE 55 (2013), o qual utiliza o conceito “point-in-time”, que avalia a resposta térmica dos ocupantes no momento da entrevista; e também no questionário eletrônico utilizado nas pesquisas de De Vecchi (2015) e Rupp (2018). As perguntas foram ajustadas aos interesses desta pesquisa. Investigou-se variáveis comportamentais, como a utilização do ar condicionado fora do ambiente de trabalho, ingestão de bebidas quentes ou frias e a localização do usuário na sala, e aspectos operacionais no ambiente, como operação do ar condicionado e de janelas, persianas e portas. A sensação térmica era obtida por votos de sensação térmica dos ocupantes, utilizando-se da escala de 7 pontos da ASHRAE, que varia de (+3) muito calor a (-3) muito frio, tendo 0 como neutro (ASHRAE, 2013).

4. RESULTADOS PRELIMINARES

Foram obtidos 18 votos de sensação térmica provenientes dos 5 usuários entrevistados. Os votos de sensação térmica foram correlacionados com outras variáveis obtidas por meio dos questionários. Na figura 2 tem-se a relação percentual dos votos de sensação térmica e pode-se observar que todos os usuários se encontravam em situação de conforto térmico (variando de +1 a -1), com a maioria dos votos relatados como neutro. Conforme esse resultado, a porcentagem estimada de pessoas insatisfeitas termicamente (PPD) é de 0%. De acordo com a ferramenta CBE Thermal Comfort Tool (2019), utilizando o método analítico PMV (voto médio predito) e inserindo os dados obtidos na pesquisa de temperatura operativa média resultante de 25,28°C, velocidade do ar de 0,1 m/s, umidade relativa média de 34,84%, taxa metabólica de 1,2 met e nível de vestimentas de 0,36 clo, obteve-se que 6% das pessoas estariam em desconforto térmico (votos de +2, +3 e -2, -3), sugerindo como um *setpoint* para sensação térmica neutra de 24,1°C. Com esse resultado pode-se

concluir que em média os usuários aceitaram uma temperatura 1,18°C mais elevada que a prevista pelo método analítico da ASHRAE (2013).

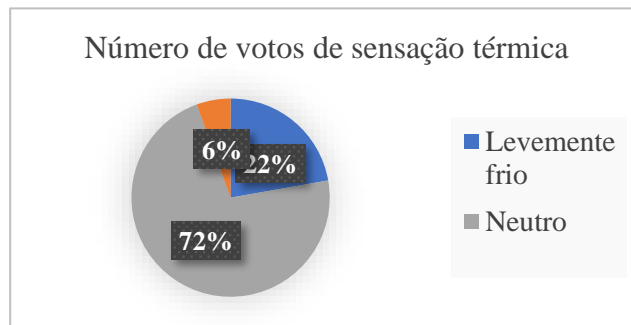


Figura 2– Relação percentual dos votos de sensação térmica.

Na figura 3 relacionou-se a média dos votos de sensação térmica dos usuários conforme a posição do usuário em relação ao ar condicionado e obteve-se que o usuário que se reportou sensação de levemente frio estava situado na direção do ar condicionado. Os demais usuários que estavam na direção do ar condicionado relataram sensação térmica neutra e o usuário que estava fora da direção do ar condicionado também estava neutro.

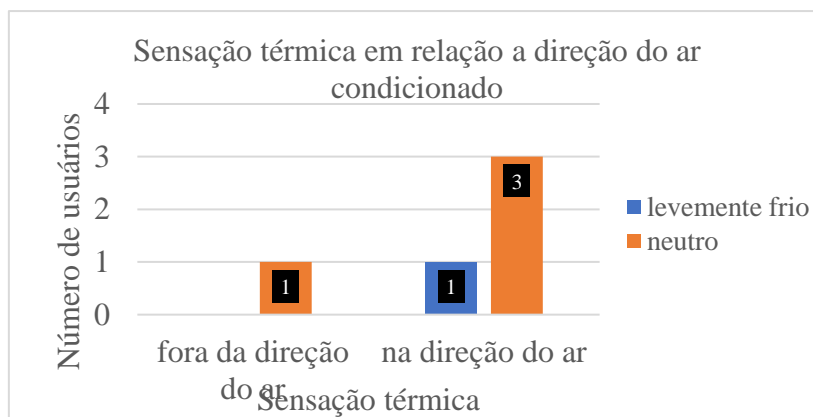


Figura 3 – Sensação térmica dos usuários conforme posição em relação a direção do ar condicionado.

Na figura 4 relacionou-se a utilização do ar condicionado fora do ambiente de trabalho com a sensação térmica dos usuários. Obteve-se 2 votos de levemente frio e 2 votos de neutro dos usuários que não utilizavam ar condicionado fora do trabalho. Os votos dos usuários que utilizavam ar condicionado fora do trabalho foram de neutro (11 votos), levemente frio (2 votos) e levemente calor (1 voto).

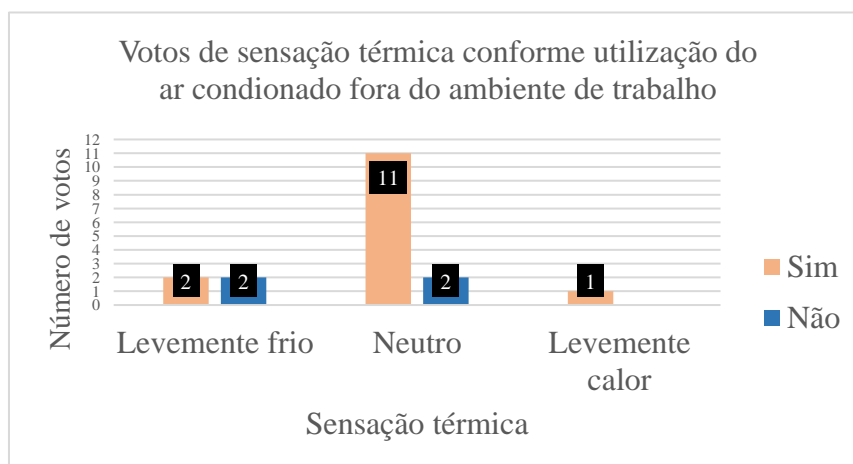


Figura 4 – Sensação térmica dos usuários conforme a utilização do ar condicionado fora do trabalho.

Em relação a operação do ar condicionado, dos 4 votos obtidos como levemente frio, 2 usuários responderam que realizaram o aumento da temperatura do ar condicionado. O usuário que respondeu levemente calor respondeu ter ligado o ar condicionado. Dentre os votos de neutro, 9 dos 13 votos obtidos

correspondem aos votos dos usuários que realizaram alguma ação em relação a operação do ar condicionado, como por exemplo ligando ou desligando e/ou aumentando ou diminuindo a temperatura.

Esses resultados apontam que na maioria das vezes em que os usuários responderam sensação de neutralidade térmica foram realizadas interferências no ambiente por meio da operação do ar condicionado. Na metade das vezes que foram relatadas sensações de levemente frio e na totalidade dos votos de levemente calor foram realizadas operações no ar condicionado para aprimorar sua condição de conforto térmico. A respeito das outras medidas operacionais, como abertura ou fechamento de porta e janela ou ajuste de persianas, não houveram respostas de comportamentos relacionados. Em relação a ingestão de bebidas, 7 dos 13 votos de neutro foram respondidos após os usuários terem ingerido água. Apenas 1 voto de neutro e 1 voto de levemente frio foram relatados após a ingestão de café.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho relaciona o conforto térmico dos usuários de escritórios com suas ações comportamentais e operacionais no ambiente de trabalho. O número limitado da amostra do projeto piloto realizado impossibilita conclusões aprofundadas sobre o tema, entretanto, observa-se indicativos da influência do histórico térmico dos usuários na sua sensação de conforto térmico e da existência de comportamento ativo na operação dos ambientes analisados. Além disso, observou-se pequenas divergências entre os resultados do método analítico proposto pela ASHRAE e os resultados do estudo de campo, apontando que os usuários aceitam em média temperaturas um pouco acima das calculas pelo método. Após a realização deste projeto piloto e estudo de outras pesquisas realizadas sobre o tema, optou-se por reconfigurar os questionários focando em 3 ações operacionais: ajustes no ar condicionado, ajustes em persianas e ajustes em janelas, em virtude de que essas 3 ações indicam alto impacto no desempenho térmico e energético dos ambientes. Para atender ao proposto na pesquisa, será dada a continuidade na aplicação destes questionários em busca de uma amostra significativa que possibilite encontrar indicativos da relação do comportamento do usuário e operação do edifício com o conforto térmico. Também pretende-se acrescentar na pesquisa o comparativo de relatórios de consumo energético dos ambientes analisados para verificar a relação dessas operações com o consumo energético.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHRAE 55 - AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **Thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta, 2013.
- CBE Thermal Comfort. PMV method – ASHRAE 55. Disponível em: <http://comfort.cbe.berkeley.edu> . Acesso em: 26 Jun. 2019.
- DELZENDEH, Elham et al. The impact of occupants' behaviours on building energy analysis: A research review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 80, p. 1061-1071, 2017.
- DE VECCHI, Renata; CÂNDIDO, Christina; LAMBERTS, Roberto. Thermal history and its influence on occupants' thermal acceptability and cooling preferences in warm humid climates: A new desire for comfort? In: Proceedings of the 7th Windsor Conference: **The Changing Context of Comfort in an Unpredictable World** Cumberland Lodge, Windsor, UK. 2012.
- DE VECCHI, Renata. **Avaliação do conforto térmico em edificações comerciais que operam sob sistemas mistos de condicionamento ambiental em clima temperado e úmido**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.
- RUPP, Ricardo Forgiarini. **Conforto térmico humano em edificações de escritórios localizadas no clima subtropical úmido de Florianópolis/SC**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.
- ELETROBRÁS. **Avaliação do mercado de eficiência energética do Brasil**. Rio de Janeiro: PROCEL, 2009.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2018 - ano base 2017**. Rio de Janeiro, 2018.
- INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Climatologia, 2019. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/> . Acesso em: 29 mar. 2019.
- LANGEVIN, Jared; GURIAN, Patrick L.; WEN, Jin. Tracking the human-building interaction: A longitudinal field study of occupant behavior in air-conditioned offices. *Journal of Environmental Psychology*, v. 42, p. 94-115, 2015.
- NODA, Lumy; LIMA, Amanda V.P.; LUNA, Natália; BRAGA, Milena Sá. Condições ambientais e percepção do conforto térmico: estudo de caso com trabalhadores de escritórios. **XVI ENTAC**. São Paulo, 2016.
- PAGE, J. et al. A generalised stochastic model for the simulation of occupant presence. *Energy and Buildings* v. 40, n. 2, p. 83–98, 2008.
- ROAF, Sue et al. Comfort: promoting high energy buildings Twentieth century standards for thermal comfort. *Energy and Buildings*. p. 37–41, 2010.
- TAMURA, Cintia Akemi. **Avaliação das relações entre iluminação ambiente e a saúde e bem estar de usuários: proposta metodológica utilizando câmera climática**. Tese (Doutorado em Tecnologia e Sociedade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.
- YAN, D. et al. Occupant behavior modeling for building performance simulation: current state and future challenges. *Energy and Buildings*, v. 107, p. 264–278, ago. 2015.