XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

Relação entre produtividade e temperatura operativa em edifícios híbridos e com sistema de ar-condicionado central em Florianópolis-SC

Relationship between productivity and operative temperature in mixed-mode and fully air-conditioned offices in Florianópolis-Brazil

João Pedro Gemelli Reali
Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis | Brasil | joao.reali97@gmail.com
Enedir Ghisi
Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis | Brasil | enedir.ghisi@ufsc.br
Ricardo Forgiarini Rupp
Technical University of Denmark | Kgs. Lyngby | Denmark | rrifo@dtu.dk

Resumo
Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a relação entre produtividade autoavaliada e a temperatura operativa em edifícios híbridos e com sistema de ar-condicionado central na cidade de Florianópolis-SC. Os resultados mostraram diferentes comportamentos de usuários em cada edificação. Na edificação com sistema de ar-condicionado central, a produtividade foi melhor avaliada na faixa de temperatura entre 24°C e 25°C, enquanto durante o uso de ar-condicionado em edificações híbridas os resultados variaram para cada edificação. Nas edificações híbridas durante o uso de ventilação natural, a produtividade foi similar em comparação aos períodos de operação do ar-condicionado.

Palavras-chave: Produtividade. Conforto Térmico. Ventilação natural. Ar-condicionado.

Como citar:
REALI, João Pedro Gemelli; GHISI, Enedir; RUPP, Ricardo Forgiarini. Relação entre produtividade e temperatura operativa em edifícios híbridos e com sistema de ar-condicionado central em Florianópolis-SC. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. XXX-XXX.

Abstract

This research aimed to evaluate the association between self-assessed productivity and the calculated operative temperature in mixed-mode and fully air-conditioned office buildings in Florianópolis-Brazil. The results showed different user behavior in each building. In the fully air-conditioned building, productivity was best evaluated for a temperature range between 24°C and 25°C, while the results varied for each building during the use of air-conditioning in mixed-mode buildings. During natural ventilation operation in mixed-mode buildings, productivity was similar in comparison to the air-conditioning operation.

Keywords: Productivity. Thermal Comfort. Mixed-mode ventilation. HVAC.

INTRODUÇÃO

A produtividade, em termos econômicos, se refere à eficiência na produção de bens e serviços, geralmente avaliada de acordo com o número de pessoas e quantidade de material empregada na atividade [1]. Desenvolver um ambiente de trabalho no qual a produtividade é estimulada e favorecida é crucial para o alto rendimento e competitividade de qualquer empreendimento.

Ao estimular a produtividade de forma sistemática, pode-se observar redução no nível de desemprego [2], porém, uma busca desenfreada pelo aumento da produtividade pode implicar em redução do bem-estar do trabalhador [3]. A redução do bem-estar, paradoxalmente implica na redução da produtividade [3], portanto, é importante que as condições ambientais do local de trabalho sejam priorizadas de modo a garantir que o aumento da produtividade não resulte em impactos negativos.

A Qualidade do Ambiente Interno associada ao ambiente psicossocial e à natureza do trabalho possuem impacto direto nas condições físicas e psicológicas do ocupante, que por sua vez, implicam na percepção de satisfação e conforto do trabalhador [4]. Desse modo, o estudo das condições ambientais e seu efeito nos ocupantes é imprescindível para a configuração de um ambiente de trabalho saudável e otimizado.

JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

A justificativa do estudo é amparada na necessidade de compreender como os recursos podem ser utilizados de modo a otimizar a produtividade frente às questões ambientais e, consequentemente, a competitividade do empreendimento.

Dentro das características ambientais, grande parte dos estudos relacionando a produtividade ao conforto térmico utilizam a temperatura como fator de análise [5] [6] aliada à concentração de dióxido de carbono, tipo de ventilação, e concentração de compostos orgânicos voláteis.

A faixa de temperatura ideal, segundo os autores, varia em um intervalo que é determinado a partir da atividade a ser realizada e de características pessoais dos ocupantes, como gênero, idade, vestimenta, local de nascimento e atividade [7] [8].

Levando em conta os estudos e métodos previamente utilizados, foi considerada a adaptação destes para o contexto da cidade de Florianópolis com o intuito de contribuir com a produção literária referente à eficiência energética da região e subsidiar tomadas de decisões em edificações que buscam melhor desempenho.

OBJETIVO

O objetivo geral deste estudo é entender como a produtividade dos usuários é afetada a partir de condições ambientais, especificamente a temperatura operativa, em edifícios comerciais na cidade de Florianópolis, localizada no clima subtropical úmido do sul do Brasil.

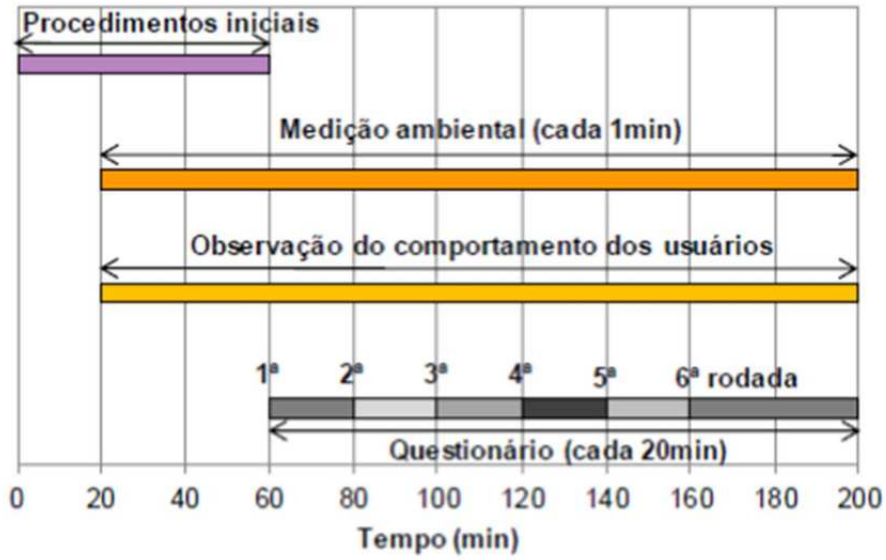
MÉTODO

CONTEXTUALIZAÇÃO DO ESTUDO

O trabalho foi realizado na cidade de Florianópolis-SC, caracterizada pelo clima subtropical úmido [9], correspondente à Zona Bioclimática 3 [10]. A faixa de temperatura média varia de 16,40°C a 24,90°C, enquanto a temperatura máxima mensal varia de 19,60°C a 27,70°C e a mínima mensal varia de 13,80°C a 22,70°C. O índice pluviométrico anual médio é de 1506 mm, com chuvas distribuídas ao longo do ano, sem estações de seca, e com maior precipitação durante os meses quentes [11].
Os dados utilizados neste trabalho correspondem à coleta feita entre 2014 e 2016 por Rupp [12] e são referentes a quatro edificações: uma com sistema de ar-condicionado central e três com ventilação híbrida. Informações adicionais sobre as empresas foram consideradas sigilosas, sendo consideradas as nomenclaturas H1, H2 e H3 para as edificações com ventilação híbrida e CC para a edificação com sistema de ar-condicionado central. Em todas as edificações foram considerados critérios gerais, como atividades predominantemente de escritório (1,0 – 1,2 met), liberdade de escolha da vestimenta e desconsideração de ambientes de acesso e deslocamento.
Para a edificação com sistema de ar-condicionado central, foi definido que os ambientes pesquisados utilizassem o modo de climatização durante o ano todo e não possuíssem janelas operáveis.
Para as edificações com ventilação híbrida foi definido que os ambientes deveriam possuir sistema de ar-condicionado controlado pelos usuários e dispor de janelas acessíveis e operáveis pelos ocupantes. O período de ar-condicionado foi definido conforme o sistema era utilizado nas edificações e registrado a partir de observações.
A coleta de dados das variáveis ambientais contou com a medição da temperatura do ar externo, levantados a partir da estação meteorológica do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, localizada na porção continental do município de Florianópolis. A coleta contemplou todas as estações do ano.
Para a coleta dos dados ambientais internos, a pesquisa contou com o emprego de cinco estações microclimáticas SENSU (confortímetros) desenvolvidas pelo Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas da Universidade Federal de Santa Catarina. As estações são capazes de medir a temperatura de globo, a temperatura do ar, a umidade relativa e a velocidade do ar.
A coleta de dados referentes às avaliações dos ocupantes foi efetuada por meio de questionários eletrônicos disponibilizados para os ocupantes apenas durante a duração do experimento de campo.
Os procedimentos experimentais foram realizados durante o período da manhã, a partir das 9h, e durante o período da tarde, a partir das 14h. Os questionários aplicados

eram compostos de três etapas, inicialmente os voluntários responderam dois questionários: referentes aos seus dados pessoais e características gerais. Em seguida foi realizada a etapa de avaliação em tempo real, onde a cada vinte minutos, em cinco momentos distintos, os ocupantes julgavam condições ambientais. Ao final da última rodada das avaliações em tempo real, foram computadas as questões sobre a produtividade autoavaliada, sintoma do edifício doente e sugestões para a melhora do ambiente térmico. Este trabalho se limita a analisar a relação entre a produtividade autoavaliada e a temperatura operativa.
Resumidamente, o protocolo experimental contou com quatro etapas, sintetizadas na Figura 1.

Figura 1: Síntese do procedimento experimental em cada sessão



Fonte: [12]

DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS COMPLEMENTARES

De forma a facilitar a análise do ambiente medido, foram utilizados parâmetros complementares calculados em função dos dados coletados.
A temperatura média radiante é definida como “a temperatura uniforme de um invólucro imaginário no qual a transferência de calor radiante do corpo humano é igual à transferência de calor radiante no invólucro não uniforme real” [20]. Seu cálculo é efetuado a partir da temperatura de globo, da temperatura do ar e da velocidade do ar, de acordo com a Equação 1.

$$T_r = \left[\left(T_g + 273\right)^4 + 2{,}5 \times 10^8 . {V_a}^{0{,}6} . \left(T_g - T_a\right)\right]^{1/4} - 273 \quad (1)$$

Onde:
T_r é a temperatura média radiante (°C);
T_g é a temperatura de globo (°C);
V_a é a velocidade do ar (m/s);
T_a é a temperatura do ar (°C).

A temperatura operativa é calculada a partir da temperatura do ar e da temperatura média radiante. Por levar em consideração a transferência de calor por radiação entre o corpo do ocupante e o ambiente no qual ele está inserido, é utilizada para determinar a aceitabilidade das condições internas do ambiente. É obtida por meio da Equação 2.

$$T_o = A.T_a + (1 - A).T_r \quad (2)$$

Onde:
T_o é a temperatura operativa (°C);
T_a é a temperatura do ar (°C);
T_r é a temperatura média radiante (°C);
A = 0,5 para V_a menor que 0,2 m/s;
A = 0,6 para V_a entre 0,2 e 0,6 m/s;
A = 0,7 para V_a entre 0,6 e 1,0 m/s.

As relações entre a produtividade e a temperatura operativa foram analisadas a partir de gráficos tipo diagrama de caixa. Nos diagramas de caixa, a representação dos dados é dividida em cinco informações primárias: o valor mínimo, o primeiro quartil, a mediana, o terceiro quartil e o valor máximo. A dispersão dos dados é representada pela amplitude do gráfico, observada por meio dos valores mínimo e máximo. O retângulo central é onde estão concentrados 50% dos valores do conjunto de dados, e a posição da linha mediana no retângulo representa a simetria ou assimetria da distribuição. Pontos mostrados fora do intervalo definido pelos valores mínimos e máximos são chamados de valores espúrios e são limitados inferiormente e superiormente, respectivamente, pelas Equações 3 e 4.

$$L_i = Q_1 - 1{,}5 \times (Q_3 - Q_1) \quad (3)$$

$$L_s = Q_1 + 1{,}5 \times (Q_3 - Q_1) \quad (4)$$

Onde:
L_i é o limite inferior;
L_s é o limite superior;
Q_1 é o valor do primeiro quartil;
Q_3 é o valor do terceiro quartil.

Quando no diagrama não são representadas as linhas verticais que delimitam os valores espúrios, interpreta-se que os valores mínimos e máximos registrados coincidem com os limites do primeiro e terceiro quartis, respectivamente. Quando no gráfico não são mostradas as caixas, apenas linhas horizontais mais espessas, interpreta-se que todos os registros coletados foram concentrados no voto respectivo à linha horizontal.

RESULTADOS

Ao total, foram avaliadas 1241 respostas, distribuídas da seguinte forma: 247 na edificação H1, 96 na H2, 588 na H3 e 310 na CC. Na Tabela 1, é feita a contextualização da população que participou da pesquisa:

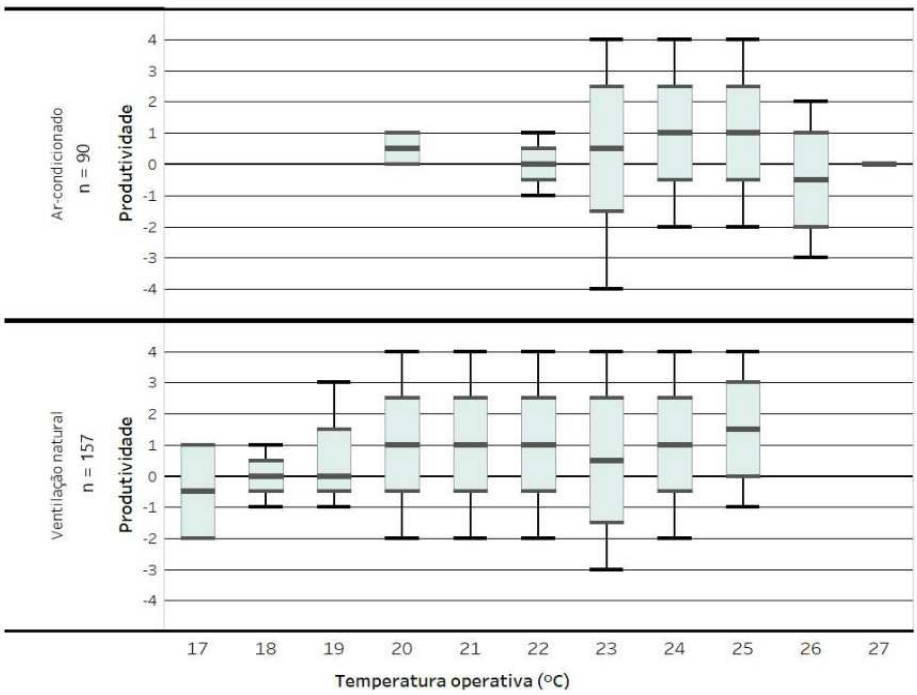
Tabela 1: Informações pessoais fornecidas pelos voluntários e parâmetros estatísticos

Gênero	Parâmetros Pessoais	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Masculino (n=677)	Idade (ano)	39,25	11,13	15	74
	Peso (kg)	83,29	13,05	54	130
	Altura (m)	1,77	0,07	1,58	1,96
	Índice de massa corporal	26,61	3,45	19,20	40,10
	Roupas (clo)	0,67	0,15	0,41	1,47
	Metabolismo (met)	1,13	0,14	1,00	1,40
Feminino (n=564)	Idade (ano)	36,62	10,53	17	62
	Peso (kg)	64,32	11,88	45	102
	Altura (m)	1,63	0,06	1,50	1,79
	Índice de massa corporal	24,17	4,35	17,30	39,80
	Roupas (clo)	0,70	0,21	0,41	1,42
	Metabolismo (met)	1,14	0,15	1,00	1,40

Fonte: os Autores.

Nas Figuras 2 a 5, são mostrados os histogramas relacionando a produtividade e a temperatura operativa nas edificações H1, H2, H3 e CC, respectivamente.

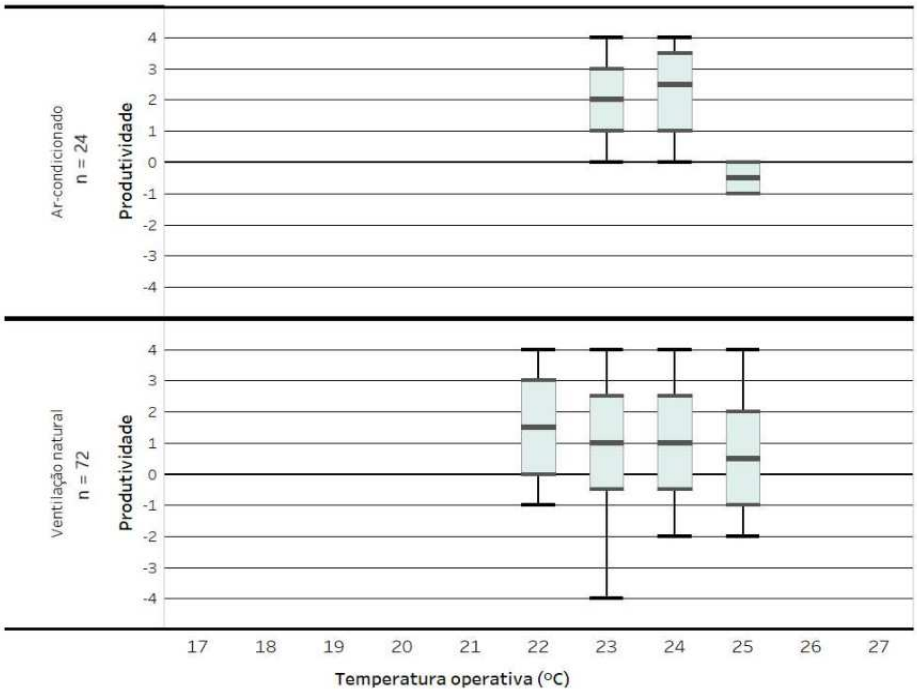
Figura 2: Diagrama de caixas dos votos de produtividade de acordo com a temperatura operativa na edificação H1



Fonte: os Autores.

Na edificação H1, durante o uso de ar-condicionado, a temperatura externa, durante o verão, variou de 24°C a 25°C. Durante a primavera, a temperatura do ar externo se concentrou em 21°C e no outono houve registros de temperaturas na faixa de 21°C a 24°C. Não houve registros durante o inverno. As melhores avaliações de produtividade ocorreram durante as temperaturas operativas de 24 e 25°C. Na temperatura de 23°C foi observada grande dispersão dos votos de produtividade, englobando todo o espectro de aumento e redução de produtividade, com leve tendência para o aumento da mesma. A temperatura de 26°C foi a única que apresentou predominância de votos de redução da produtividade. Pelo padrão dos resultados, não é possível indicar tendência que justifique a associação direta entre produtividade e a temperatura operativa. As altas temperaturas registradas durante o uso de ar-condicionado indicam que a capacidade instalada não foi suficiente para resfriar o ambiente ou que os usuários determinaram a temperatura neste *setpoint*. Durante o uso de ventilação natural, a temperatura do ar externo variou de 14°C a 21°C. Durante esse modo operativo, que englobou praticamente todo intervalo de temperatura operativa registrado, as piores avaliações de produtividade se deram na faixa inferior da temperatura, entre 17°C e 19°C. A partir de 20°C, a tendência é estabilização das avaliações predominantemente positivas, com leve desvio para redução da produtividade a 23°C e leve aumento para 25°C. Comparando os dois modos de operação é possível verificar que para todas as temperaturas observadas em ambas as situações, a avaliação de produtividade foi melhor durante a ventilação natural, exceto para 24°C, cuja distribuição foi idêntica nos dois casos.

Figura 3: Diagrama de caixas dos votos de produtividade de acordo com a temperatura operativa na edificação H2

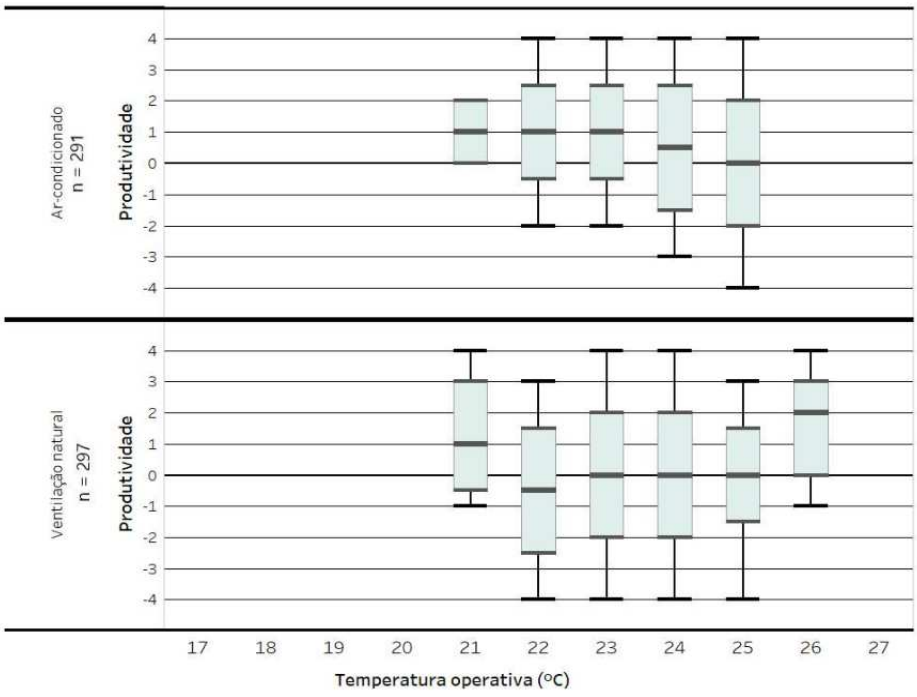


Fonte: os Autores.

Na edificação H2, o uso do ar-condicionado foi bastante limitado, dada a baixa amostragem e limitação de registros durante o inverno, com temperatura do ar externo registrada entre 18°C e 20°C. Das três temperaturas operativas registradas, 23°C e 24°C apresentaram bons resultados de produtividade, com medianas equivalentes a aumento de 20% da produtividade e a cima de 20%, respectivamente. Durante a temperatura operativa de 25°C, a avaliação de produtividade foi inferior, com votos variando entre “0” e “1”.

Durante o uso de ventilação natural, que foi utilizada durante temperaturas do ar externo equivalentes ao intervalo de 17°C a 20°C, todos os registros de temperatura operativa apresentaram tendência para o aumento de produtividade. A melhor avaliação foi à temperatura de 22°C e a pior à temperatura de 25°C, sendo a avaliação de produtividade decrescente com o aumento da temperatura.

Figura 4: Diagrama de caixas dos votos de produtividade de acordo com a temperatura operativa na edificação H3

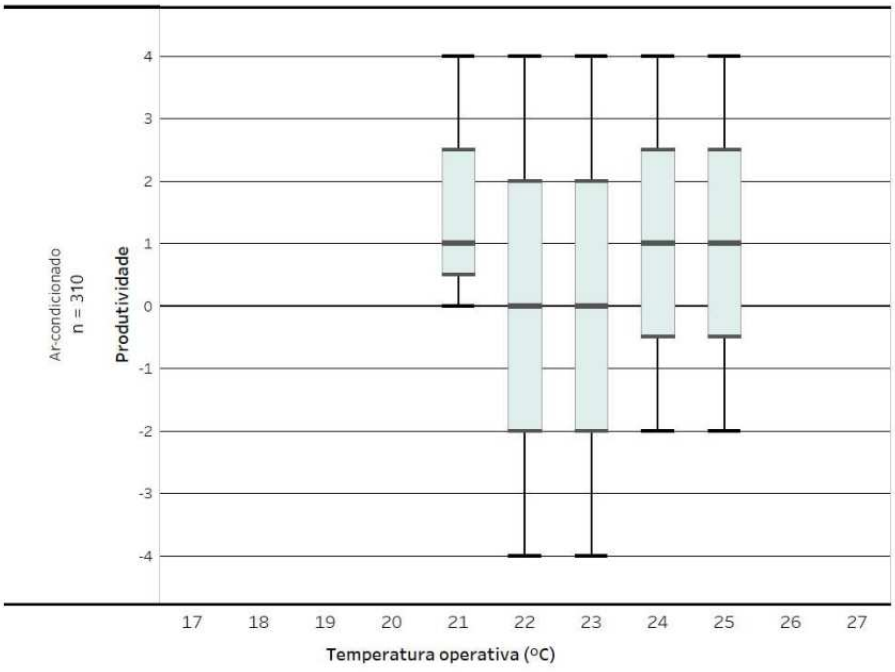


Fonte: os Autores.

Na edificação H3, durante o uso do ar-condicionado, a temperatura do ar externo variou entre 17°C e 26°C, e a produtividade foi avaliada positivamente em todas as temperaturas operativas registradas, exceto para 25°C, que apresentou equilíbrio entre redução e aumento de produtividade, com mediana no voto "0". A temperatura de 21°C foi a única em que houve registros apenas de votos de produtividade equivalente à neutralidade e positiva. As temperaturas de 22°C e 23°C mantiveram a mesma mediana que 21°C, porém, com maior dispersão dos votos, englobando até o espectro de redução da produtividade. A partir disso, é possível ver uma tendência de redução da produtividade ao exceder a temperatura operativa de 23°C.

Por outro lado, durante o uso da ventilação natural, onde não houve registros durante o verão, a temperatura do ar externo foi registrada entre 17°C e 22°C. Durante esse modo de operação, nas temperaturas intermediárias do intervalo registrado, a produtividade foi reduzida. As únicas temperaturas que representaram aumento da produtividade foram justamente as que limitavam o intervalo, sendo 21°C e 26°C. As avaliações positivas de produtividade durante temperaturas menores podem ser atribuídas ao fato de serem registradas durante o inverno, quando a temperatura do ar externo foi de aproximadamente 17°C. As maiores produtividades associadas à temperatura de 26°C também podem ser atribuídas ao clima externo, visto que foram registradas durante a primavera, quando a temperatura externa foi aproximadamente de 21°C e a temperatura de conforto [13] calculada em 24,4°C. Por meio da temperatura de conforto calculada pelo método de Griffiths [14], pode-se entender mais precisamente as melhores avaliações positivas durante a temperatura operativa de 26°C. Em onze dos dezessete votos registrados durante esta temperatura, a temperatura de neutralidade de Griffiths esteve na faixa dos 26°C, explicando a maior aceitabilidade dos usuários nessa condição. Enquanto durante o uso de ar-condicionado a maior temperatura foi associada à pior avaliação de produtividade, no uso de ventilação natural o contrário foi verificado, sendo a temperatura operativa de 26°C condizente com a melhor avaliação de produtividade. Para o intervalo de temperatura de 22°C até 25°C, durante o uso do ar-condicionado a produtividade foi avaliada mais positivamente em comparação ao uso da ventilação natural. Porém, de modo geral, a produtividade não foi afetada negativamente pela temperatura. Durante os registros do uso de ventilação natural, a temperatura do ar externo variou de 17°C a 25°C, sendo que durante o verão a temperatura externa esteve entre o intervalo de 25,1°C a 25,6°C.

Figura 5: Diagrama de caixas dos votos de produtividade de acordo com a temperatura operativa na edificação CC



Fonte: os Autores.

Na edificação CC, onde a temperatura do ar externo foi registrada entre 16°C e 25°C, a produtividade foi melhor avaliada na menor temperatura, igual a 21°C, o que ocorreu durante as estações mais frias, com mediana equivalente a um aumento de produtividade de 10%. As temperaturas de 22°C e 23°C apresentaram equilíbrio entre avaliações positivas e negativas de produtividade, enquanto as duas temperaturas mais elevadas do intervalo, 24°C e 25°C, tenderam ao aumento de produtividade. Pode-se perceber que, com exceção da temperatura mínima observada no intervalo, o aumento de temperatura acarretou no aumento da produtividade.

Quanto ao uso de ar-condicionado, em cada edificação os usuários apresentaram comportamentos distintos em relação à produtividade relacionada à temperatura operativa. Na edificação H1, a produtividade foi melhor avaliada durante valores intermediários de temperatura (24°C e 25°C). Em H3, a produtividade se mostrou inversa ao aumento de temperatura, e na edificação CC, as temperaturas 22°C e 23°C representaram as piores avaliações de produtividade. Em H2, devido à baixa amostragem, não é possível traçar uma tendência do comportamento referente à temperatura operativa.

Em um estudo realizado em ambiente controlado, foi verificado que para cada variação de 1°C acima de 25°C, a produtividade era reduzida em até 2% [15], indicando tendência similar ao observado durante o uso de ar-condicionado em H1 e H3. Essa tendência também foi observada em uma pesquisa realizada em ambiente controlado, que estabeleceu 23,79°C como a temperatura ideal para o ambiente de trabalho [16]. Ao comparar o desempenho de ocupantes em duas situações distintas de temperatura controlada (22°C e 30°C), foi verificado que dentre as atividades avaliadas (digitação, operações matemáticas, raciocínio gramatical, memória visual, tempo de reação), apenas durante a execução de digitação a produtividade foi semelhante durante as duas condições, sendo à temperatura de 22°C o melhor desempenho observado nas demais atividades [17]. Por outro lado, em um estudo com temperatura ambiente controlada em três situações diferentes (23°C, 26°C e 27°C), os autores não notaram diferenças entre as respostas dos voluntários, concluindo que, ao fornecer controle compartilhado de dispositivos de resfriamento, a temperatura ambiente pode ser aumentada sem redução de produtividade [18]. Os resultados desse estudo podem ser relacionados aos resultados obtidos durante as avaliações de produtividade nas edificações H1 e H3 durante o uso de ventilação natural, onde mesmo nas temperaturas mais elevadas, não foi observada queda de desempenho autoavaliado. Também foi estimado que, ao prover controle individual, a produtividade pode ser aumentada para intervalos de temperatura de $\pm$ 3°C [19].

CONCLUSÕES

O estudo verificou, por meio de questionários subjetivos, o comportamento da produtividade de usuários de acordo com a temperatura operativa do ambiente em três edificações híbridas e uma com sistema de ar-condicionado central na cidade de Florianópolis/SC.

A partir dos resultados e da discussão apresentada, verificou-se que, nas edificações híbridas, durante o uso de ar-condicionado, usuários apresentam tendência de manter níveis de produtividade constantes, e a partir de determinada temperatura operativa, diminuem seu desempenho. Na edificação H1, a tendência de redução ocorreu para temperaturas maiores que 25°C, enquanto na edificação H3, essa tendência ocorreu para temperaturas maiores que 23°C. Por outro lado, o estudo constatou comportamento contrário na edificação com sistema de ar-condicionado central: usuários apresentaram tendência de melhor produtividade nas maiores temperaturas registradas.

Durante o uso da ventilação natural, não foi possível estabelecer um padrão da produtividade a partir da temperatura devido à possibilidade de adaptações e adequações das condições ambientais pelos usuários. Isso é um indicativo de que as pessoas mantiveram seu desempenho laboral apesar das maiores variações de temperatura interna durante o uso da ventilação natural, destacando a importância do controle sobre as condições do ambiente.

O estudo contou com algumas limitações, como a não diferenciação da estação do ano em que os dados foram coletados e, especificamente na edificação H2, o baixo número de registros e a limitação da coleta, realizada apenas durante o inverno.

Recomenda-se, para estudos futuros, a separação de dados de acordo com a estação do ano, além da inclusão de características antropométricas na análise, de forma a compreender mais especificamente o comportamento dos ocupantes frente à variação de temperatura do ambiente.

REFERÊNCIAS

[1] KALISKI, Burton S. **Encyclopedia of Busine$$ and Finance**. 2ª Edição. Macmillan Reference USA, 2001. p. 612. Volume 2.

[2] STOCKER, Andrea; GEROLD, Stefanie; HINTERBERGER, Friedrich. The interaction between resource and labour productivity. **Sustainable Europe Research Institute**, 1 dez. 2016.

[3] ISHAM, Amy; MAIR, Simon; JACKSON, Tim. Worker Wellbeing and productivity in advanced economies: Re-examining the link. **Ecological Economics**, v. 184, p. 106989, 24 fev. 2021.

[4] MAHBOB, Naziatul Syima; KAMARUZZAMAN, Syahrul Nizam; SALLEH, Naziah; SULAIMAN, Raha. A correlation studies of Indoor Environmental Quality (IEQ) towards productive workplace. **IPCBEE**, v. 6, p. 434-438, 1 jan. 2011.

[5] SILVA, Luiz Bueno da. **Análise da Relação Entre Produtividade e Conforto Térmico**: O Caso dos Digitadores do Centro de Processamento de Dados e Cobrança da Caixa Econômica Federal do Estado de Pernambuco. Orientador: Francisco Antonio Pereira Fialho. 2001. Dissertação (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

[6] GENG, Yang; JI, Wenjie; LIN, Borong; ZHU, Yingxin. The impact of thermal environment on occupant IEQ perception and productivity. **Building and Environment**, v. 121, p. 158-167, 12 maio 2017.

[7] YEOM, Dongwoo Jason; DELOGU, Franco. Local Body Skin Temperature-Driven Thermal Sensation Predictive Model for the Occupant‘s Optimum Productivity. **Building and Environment**, v. 204, p. 108196, 8 ago. 2021.

[8] KANG, Shengxian; OU, Dayi; MAK, Cheuk Ming. The impact of indoor environmental quality on work productivity in university open-plan research offices. **Building and Environment**, v. 124, p. 78-89, 4 jul. 2017.

[9] GEIGER, Rudolf (1954). "Klassikation der Klimate nach W. Koppen". *Landolt-Bornstein – Zahlenwerte und Funktionen aus Physik Chemie Astronomie Geophysik und Technik, alte Serie.* Berlin: Springer, 3. p. 603-607.

[10] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações, Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005.

[11] **Clima Florianópolis**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/santa-catarina/florianopolis-1235/>. Acesso em 25 out. 2021.

[12] RUPP, R.F. **Conforto térmico humano em edificações de escritórios localizados no clima subtropical úmido de Florianópolis/SC**. 2018. 289f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

[13] AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. ANSI-ASHRAE Standard 55 -2017. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, 2017.

[14] GRIFFITHS, I.D. Thermal Comfort Studies in Buildings with Passive Solar Features: Field Studies, 1990, Report to the Comission of the European Community, ENS35 090 UK.

[15] SEPPANEN, Olli; FISK, William J.; FAULKNER, David. Control of temperature for health and productivity in offices. 2004. 9 f. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. 2004. vol. 1.

[16] SUBRAMANIAN, Anand; COUTINHO, Antonio Souto; SILVA, Luiz Bueno da. Aplicação de método e técnica multivariados para previsão de variáveis termoambientais e perceptivas. **Produção**, v.17, n.1, p. 52-70, 2007.

[17] LIPCZYNSKA, Aleksandra; SCHIAVON, Stefano; GRAHAM, Lindsay T. Thermal comfort and self-reported productivity in an office with ceiling fans in the tropics. **Building and Environment**, v. 135, p. 202-212, 12 mar. 2018.

[18] LAN, Li; WARGOCKI, Pawel; LIAN, Zhiwei. Quantitative measurement of productivity loss due to thermal discomfort. **Energy and Buildings**, v. 43, p. 1057-1062, 2011.

[19] WYON, David P. Indoor environmental effects of productivity. **Proceedings of IAQ**, v. 96, p. 5-15., 1996.

[20] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726:** Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities. 2. ed. Geneva: ISO, 1998. 11 p.