ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Impactos das alterações climáticas no desempenho termoenergético de edifícios de escritórios de modo misto

Impacts of climate change on the thermal and energy performance of mixed-mode office buildings

Rachel Moraes Herling
Universidade Estadual de Campinas | Campinas | Brasil | r264173@dac.unicamp.br
Letícia de Oliveira Neves
Universidade Estadual de Campinas | Campinas| Brasil | leticia@fec.unicamp.br

Resumo

É fundamental considerar as alterações climáticas na avaliação da resiliência termoenergética de edificações, o que pode ser estimado por meio de simulações computacionais. Ferramentas específicas, baseadas no método *Morphing*, têm sido usadas para gerar arquivos climáticos futuros, usados em simulações preditivas. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é analisar os efeitos das mudanças climáticas sobre o desempenho termoenergético de um edifício de escritórios em modo misto de ventilação localizado em São Paulo. Quatro cenários climáticos futuros foram gerados por meio da ferramenta Future Weather Generator, baseados no 6º relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima, de 2022. O desempenho do edifício foi analisado em termos de taxa de renovação de ar, horas de uso do ar-condicionado e carga térmica de resfriamento. Observou-se, para os cenários futuros, um aumento da carga térmica da ordem de 80% a 199%, sendo a orientação solar da sala de escritórios o parâmetro de maior interferência nos resultados. As alterações climáticas futuras tendem a reduzir o potencial do edifício em garantir boas condições de desempenho térmico com o uso da ventilação natural.

Palavras-chave: Desempenho termoenergético. Mudanças climáticas. Edifício de escritórios. Modo misto.

Abstract

It is essential to consider climate change when assessing the thermal resilience of buildings, which can be estimated through computer simulations. Specific tools, based on the Morphing method, have been used to generate future climate files, used in predictive simulations. In this context, the objective of this work is to analyze the effects of climate change on the thermal performance of an office building with mixed-mode ventilation located in São Paulo. Four future climate scenarios were generated using the Future Weather Generator tool, based on the 6th report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, from 2022. The building's performance was analyzed in terms of air renewal rate, hours of air conditioning use, and cooling thermal load. For the future scenarios, an increase in the thermal load of around 80% to 199% was observed, with the solar orientation of the office space being the parameter with

Como citar:
HERLING, R. M.; NEVES, L. O. Impactos das alterações climáticas no desempenho termoenergético de edifícios de escritórios de modo misto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

the greatest impact on the results. Future climate change tends to reduce the building's potential to ensure good thermal performance conditions with the use of natural ventilation.

Keywords: Thermal and energy performance. Office buildings. Mixed-mode. Climate change.

INTRODUÇÃO

É inequívoco que o aumento do consumo de energia mundial, estimulado pela ação antropogênica, no que tange qualidade de vida e rápido crescimento econômico, contribuiu para o aumento na temperatura média da Terra, especialmente a partir do século XVII, em relação aos níveis pré-industriais [1]. Assim, sucedendo a uma maior produção de energia a partir de fontes não renováveis para suprir o aumento no consumo de energia em diferentes setores, resultou-se em um aumento acelerado e irreversível de emissões de gases de efeito estufa (GEE), principal responsável pela degradação do meio ambiente. Isso é apontado como uma das principais causas do aquecimento global, que se refere às alterações nos padrões do sistema climático mundial, resultando no aumento das temperaturas médias globais e em eventos climáticos extremos [2].

O projeto de Intercomparação de Modelos Climáticos Versão 5 (CMIP5) do quinto relatório (AR5) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) introduziu os cenários denominados Caminhos de Concentração Representativos (RCPs) identificados por sua forçante radiativa total (aquecimento devido aos GEE na atmosfera, expresso em W/m²), a ser atingida durante ou próximo ao final do século XXI [3]. Os principais cenários são: RCP 2.6 (cenário de mitigação, nível muito baixo da forçante), RCPs 4.5 e 6.0 (cenários de estabilização) e RCP 8.5 (cenário com emissões muito altas de GEE). A última versão do relatório (AR6) do IPCC mantém o escalonamento de cenários de previsões, porém em uma nova versão, que inclui emissões líquidas (GEE removidos da atmosfera pela vegetação), trazendo, assim, cinco novos cenários de emissões, para os períodos de 2015 a 2100, identificados por Caminhos Socioeconômicos Compartilhados (SSPs), sendo eles: SSP1-1.9 (mais otimista, que considera que as emissões de CO_2 decairão aceleradamente nas próximas décadas, atingindo emissões líquidas em 2050), SSP1-2.6 (atingindo emissões líquidas em 2080), SSP2-4.5 (cenário intermediário, em que as emissões aumentariam nos próximos anos e reduziriam em meados do século XXI, mas não o suficiente para chegar a zero antes do ano de 2100), SSP3-7.0 e SSP3-8.5 (mais pessimistas, em que as emissões continuariam aumentando nas próximas décadas, mas em intensidades distintas) [1].

O aquecimento global tem se mostrado um fator crítico para a demanda futura de energia à humanidade, com possível aumento das frequências de ondas de calor no verão. Em vista disso, haverá um aumento da demanda de energia para sistemas de resfriamento em zonas climáticas mais quentes [4-14]. Em 2021, a operação de edifícios foi responsável por 30% do consumo final global de energia e 27% das emissões totais do setor de energia (8% sendo emissões diretas de edifícios e 19% emissões indiretas da produção de eletricidade e calor usados em edifícios) [15]. Se incluirmos o consumo final de energia associado à produção de cimento, aço e

alumínio, a participação sobe para 34%. Após as restrições da COVID-19, a demanda de energia em edifícios aumentou em quase 4% em 2021, em comparação com 2020, e 3% em relação a 2019, sendo este o maior aumento da última década [15]. Torna-se imperativo, portanto, melhorar o desempenho energético das edificações, como forma de conter o aquecimento global [16].

Uma importante estratégia para redução de energia com resfriamento de edificações é o uso de estratégias passivas, como a ventilação natural (VN), que tem sido amplamente estudada na literatura como potencial de economia de energia em edifícios de modo misto de ventilação. O sistema de operação de modo misto de ventilação, ou ventilação híbrida, consiste na disponibilidade de uso de um sistema mecânico de climatização e da ventilação natural em um mesmo espaço, sendo o funcionamento de cada sistema determinado em função das condições de conforto térmico do ambiente interno [17]. Gilani e O´Brien [9] avaliaram o desempenho da ventilação natural de um edifício de escritórios de modo misto de ventilação, sob os efeitos das mudanças climáticas previstas para os anos de 2050 e 2080, quando implantado em diferentes climas para as cidades dos Estados Unidos e Canadá. Conclui-se que o maior uso de energia de resfriamento pode ser reduzido consideravelmente incorporando ventilação natural com modelagem baseada em padrões de uso da janela. No entanto, o desempenho da ventilação natural é altamente afetado pelas condições externas, especialmente no futuro, devido às mudanças climáticas. Um outro estudo [8] concentraram-se em aplicar um modelo de controle de conforto adaptativo utilizando temperaturas de *setpoints* diárias, em edifícios de escritórios que operam em modo misto de ventilação. O experimento foi simulado para a cidade de Sevilha, Espanha, para o cenário atual (2019) e cenários futuros (2020, 2050 e 2080). Os autores concluíram que a demanda energética para resfriamento com o passar dos anos aumentaria, se fazendo mais necessária, já que a demanda de horas de ventilação natural anual decairia até 2080.

As simulações computacionais têm sido amplamente utilizadas para avaliação termoenergética de edificações em cenários climáticos futuros. Em função disso, ferramentas de modificação de arquivos climáticos foram desenvolvidas para integrar previsões de mudanças climáticas a arquivos climáticos, a maioria delas com base no método Morphing [18]. O Quadro 1 caracteriza as principais diferenças entre tais ferramentas.

Quadro 1: Principais características das ferramentas de geração de arquivos climáticos futuros

Ferramentas	**CCWorldWeatherGen**	**WeatherShift**	**Future Weather Generator**
Relatório IPCC	AR3 (2001)	AR5 (2014)	AR6 (2021)
Conjunto de modelos globais utilizado	CMIP2	CMIP5	CMIP6
Resolução	2,5° de latitude e 3,75° de longitude	Não informada	Resolução atmosférica de T255 (~80 km) e 1,0° para o oceano

Método de interpolação de dados	Média dos quatro pontos mais próximos	Interpolação bilinear dos quatro pontos mais próximos	Interpolação bilinear, o ponto mais próximo ou uma média dos quatro pontos mais próximos
Modelo Climático Global e Regional (GCM)/(RCM)	HadCM3	BCC-CSM1.1 BCC-CSM1.1(m) CanESM2 CSRIO-Mk3.6.0 GFDL-CM3 GFDL-ESM2G GFDL-ESM2M GISS-E2-H GISS-E2-R HadGEM-ES IPSL-CM5A-LR IPSL-CM5A-MR IPSL-CM5B-LR NorESM1-M	BCC-CSM2-MR CanESM5-CanOE CNRM-CM6.1-HR EC-Earth3-Veg GISS-ES2H MIROC-ES2H MRI-ESM2.0 Can-ESMS Cas-ESM2.0 CNRM-ESM2.1 FGOALS-g3 GISS-E2.2-G MIROC-ES2L UKESM1.0-LL CanESMS.1 CMCC-ESM2 EC-Earth3 GISS-E2.1-G IPSL-CM6A-LR MIROC6
Período de linha de base	(1961-1990)	(1976-2005)	(1985-2014)
Períodos projetados	2020 (2010-2039)	2035 (2026-2045)	2050 (2036-2065)
	2050 (2040-2069)	2065 (2056-2075)	-
	2080 (2070-2099)	2090 (2081-2100)	2080 (2066-2095)
Cenários climáticos	A2	RCP-4.5/RCP-8.5	SSP1-1.9; SSP1-2.6; SSP2-4.5; SSP3-7.0 e SSP5-8.5
Vantagens/ Desvantagens	A linha de base não aceita os dados meteorológicos mais recentes. Nem todas as variáveis climáticas estão disponíveis para os três intervalos de tempo. Limitado a sistemas operacionais Windows.	Disponibiliza de forma gratuita dados resumidos de 259 cidades. Código fechado (não é possível fazer uma avaliação precisa da ferramenta).	Permite adicionar outros modelos climáticos. Modelo numérico atualizado.

Fonte: [19-21].

Tendo em conta os impactos das alterações climáticas no futuro, junto ao atual e crescente estoque de edifícios, cujo tempo de vida útil médio é de 50 anos, torna-se inevitável que as edificações tenham baixo consumo de energia. A ventilação natural é uma estratégia que melhora o desempenho termoenergético, diminuindo a dependência de sistemas mecânicos de condicionamento. Em vista disso, ressalta-se aqui a relevância da possíveis impactos decorrentes das mudanças climáticas no desempenho dessas edificações em cenários futuros, por meio do acoplamento de estudos climatológicos, a fim de viabilizar a proposição de ações mitigatórias.

OBJETIVO

Este artigo tem por objetivo analisar os efeitos das mudanças climáticas globais sobre o desempenho termoenergético de um edifício de escritórios em modo misto de ventilação.

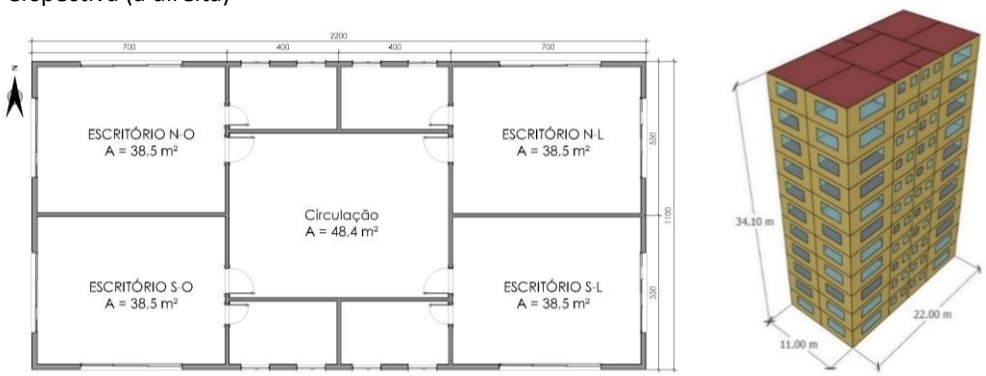
MÉTODO

Esta pesquisa é explicativa e quantitativa, sendo o delineamento do método dedutivo. O procedimento técnico utilizado é classificado como uma pesquisa experimental, por meio de simulações computacionais. Os procedimentos metodológicos foram estruturados em três principais etapas, detalhadas a seguir.

DEFINIÇÃO DE UM MODELO DE REFERÊNCIA

Pereira e Neves [22] efetuaram um levantamento de 2.870 edifícios de escritórios que operam em modo misto de ventilação, construídos entre 1995 e 2016 e localizados na cidade de São Paulo, a fim de detalhar parâmetros da envoltória capazes de caracterizar o desempenho termoenergético dessas edificações. Do total da amostragem inicial, 153 edifícios foram selecionados para a criação de um banco de dados, contendo informações gerais da construção, dados geométricos da envoltória e de seus componentes construtivos. Esse banco de dados foi utilizado como referência para elaboração de um modelo de referência que represente a amostra, a ser utilizado neste trabalho. As dimensões da geometria e as propriedades térmicas da envoltória do modelo de referência foram extraídos dos valores médios das variáveis contínuas e dos valores de maior ocorrência das variáveis categóricas do banco de dados (Figura 1). O funcionamento em modo misto de ventilação se dá por meio da ventilação cruzada em fachadas adjacentes e pelo uso de sistemas de ar-condicionado individuais do tipo Split, instalados em cada sala de escritório. Valores para as cargas internas de ocupação, iluminação elétrica e equipamentos foram estabelecidos conforme a Tabela 1.

Figura 1: Modelo representativo do edifício. Planta do modelo de referência (à esquerda). Perspectiva (à direita)



Fonte: adaptado de [23].

Tabela 1: Parâmetros do modelo de referência

Parâmetros	**Valores**	**Referência**
Orientação solar do eixo longitudinal	0° (N-S) e 90° (L-O)	
Formato do edifício	Retangular	
Razão entre a largura e o comprimento do edifício em planta	0,5	
Área do pavimento tipo	242 m²	
Área de circulação por pavimento	48,4 m²	
Área das salas de escritório	38,5 m²/sala	
Largura x comprimento da sala	5,5 m x 7 m	
Pé-direito (piso a piso)	3,10 m	
Altura do peitoril das janelas (salas)	1,00 m	
Elemento de proteção nas esquadrias	Sem proteção solar	
Percentual de abertura nas fachadas (PAF)	25%	
Número de pavimentos	11	
Esquadria da janela	Maxim-ar com 41% de abertura para ventilação	
Estratégia de ventilação	Cruzada em fachadas adjacentes	
Tipo de ar-condicionado (AC)	Split	
Acabamento da parede externa	Branco gelo ou cinza	
	Absortância solar = 0,6%	
Componente construtivo da parede	Bloco de concreto com argamassa dos dois lados (espessura = 0,28 m)	
	Transmitância Térmica (U) = 2,38 W/m². K	
	Capacidade Térmica (CT) = 258,6 KJ/m². K	
Componente Construtivo da laje	Bloco de concreto com argamassa em um lado (espessura = 0,175 m)	
	Transmitância Térmica (U) = 4,43 W/m². K	
	Capacidade Térmica (CT) = 410,00 KJ/m². K	
Tipo de vidro	Vidro incolor comum	
	Fator Solar (FS) = 0,87	
	Transmitância Térmica (U) = 5,7 W/m². K	
Período de ocupação	Segunda a sexta-feira 8 às 18 h	INMETRO [24]
Atividade metabólica	65 W/m	ASHRAE [25]
Cargas internas (ocupação, iluminação elétrica e equipamentos)	10m²/pessoa, 14,1 W/m², 15 W/m²	INMETRO [24]
Setpoint resfriamento	24 °C	
Setpoint aquecimento	20 °C	

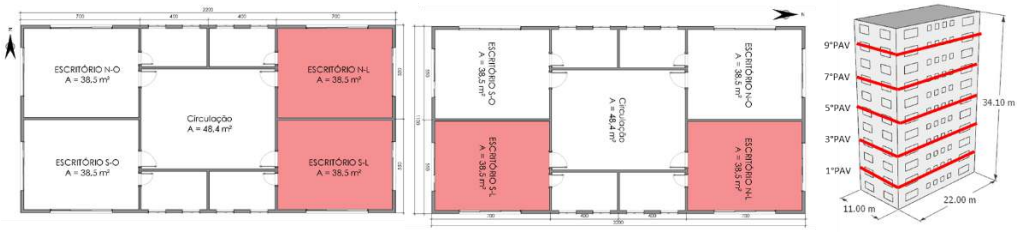
Fonte: as autoras.

SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS DE DESEMPENHO TERMOENERGÉTICO

O software EnergyPlus foi utilizado para as simulações computacionais de desempenho termoenergético. A modelagem da ventilação natural foi feita por meio do grupo Airflow Network, que realiza cálculos de pressão, fluxo de ar, temperatura e umidade dos nós, e cálculos das trocas de calor sensível e latente [26]. A determinação dos coeficientes de pressão (Cp) das aberturas do edifício de referência, considerado isolado (sem entorno construído) foi realizada com base em simulações de dinâmica de fluidos computacional (CFD), por meio da ferramenta online CpSimulator. O controle de abertura das janelas e o funcionamento do ar-condicionado foram estruturados por meio do Energy Management System (EMS), conforme as recomendações do modelo de conforto adaptativo da ASHRAE 55 [25], considerando 80% de aceitabilidade. O modo misto de ventilação foi programado para funcionar da seguinte forma: quando a zona térmica está ocupada e a temperatura operativa está fora dos limites de conforto, as janelas são fechadas e o sistema de ar-condicionado é ligado; quando está dentro da zona de conforto, o ar-condicionado é desligado e as janelas são abertas; quando a zona está desocupada, as janelas são fechadas e o sistema de ar-condicionado é desligado.

As simulações foram realizadas para duas orientações solares do eixo Norte 0° (N-S) e 90° (L-O) (Figura 2). Foram realizadas simulações anuais do edifício, considerando as características climáticas da cidade de São Paulo, que está localizada à latitude 23° 32' Sul e à longitude 46° 38' Oeste, a uma altitude de 800 m. Seu clima é classificado como subtropical úmido (Cfa), segundo a classificação climática de Köppen-Geiger [27]. A direção predominante do vento é Sul/Sul-Sudeste (S/SSE). Foram selecionados para apresentação das análises cinco pavimentos e dois escritórios por pavimento, sendo o escritório a Norte-Leste (N-L) a sotavento e o escritório a Sul-Leste (S-L) a barlavento (Figura 2). O arquivo climático base utilizado para a simulação do cenário atual é proveniente de dados coletados do aeroporto de Congonhas, São Paulo, medidos entre o período de 2007 a 2021, do tipo Typical Meteorological Year (TMY) [28]. Os arquivos dos cenários futuros são detalhados no item a seguir.

Figura 2: Planta baixa com orientação do eixo Norte a 0° (à esquerda); planta baixa com orientação do eixo Norte a 90° (ao centro) e perspectiva (à direita). Destaques para os ambientes/ pavimentos analisados.



Fonte: as autoras.

ARQUIVOS CLIMÁTICOS FUTUROS PARA OS CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A ferramenta Future Weather Generator foi escolhida para a criação dos arquivos climáticos futuros, pelo fato de empregar os cenários atualizados do sexto relatório (AR6) do IPCC [1]. Simularam-se os cenários SSP2-4.5, devido à sua maiorrobabilidade

de ocorrência, e SSP5-8.5, por representar o pior cenário. A aplicação da ferramenta gerou arquivos climáticos futuros para o período entre 2036 e 2065 (2050) e entre 2066 e 2095 (2080). Os cenários simulados são apresentados na Figura 3.

Figura 3: Fluxograma dos cenários simulados



Fonte: as autoras.

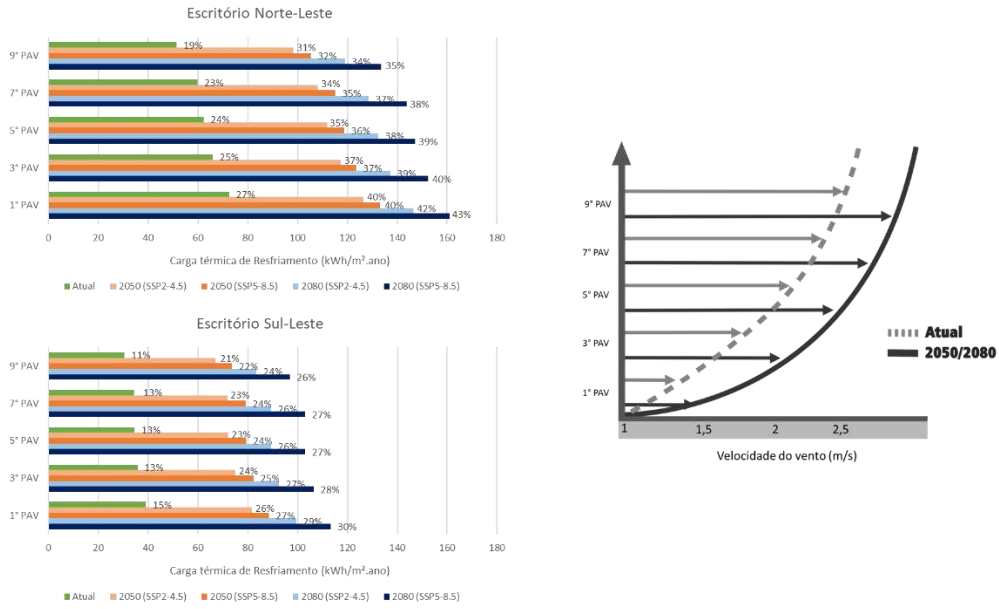
ANÁLISE DE RESULTADOS

As seguintes variáveis de saída foram analisadas: taxa de renovação de ar (renovações/h), razão entre horas de funcionamento do ar-condicionado e as horas ocupadas em um ano (%) e carga térmica de resfriamento (kWh/m^2.ano). A carga térmica de aquecimento foi desconsiderada, pela irrelevância de seu resultado. Dado que o edifício funciona com ventilação de modo misto, a carga térmica de resfriamento foi considerada uma métrica representativa tanto para o desempenho térmico como energético, uma vez que sua redução implica em melhores condições térmicas das salas de escritórios.

RESULTADOS

As Figuras 4 e 5 apresentam a variação na carga térmica de resfriamento e nas horas de funcionamento do ar-condicionado para as orientações solares 0° (N-S) e 90° (L-O).

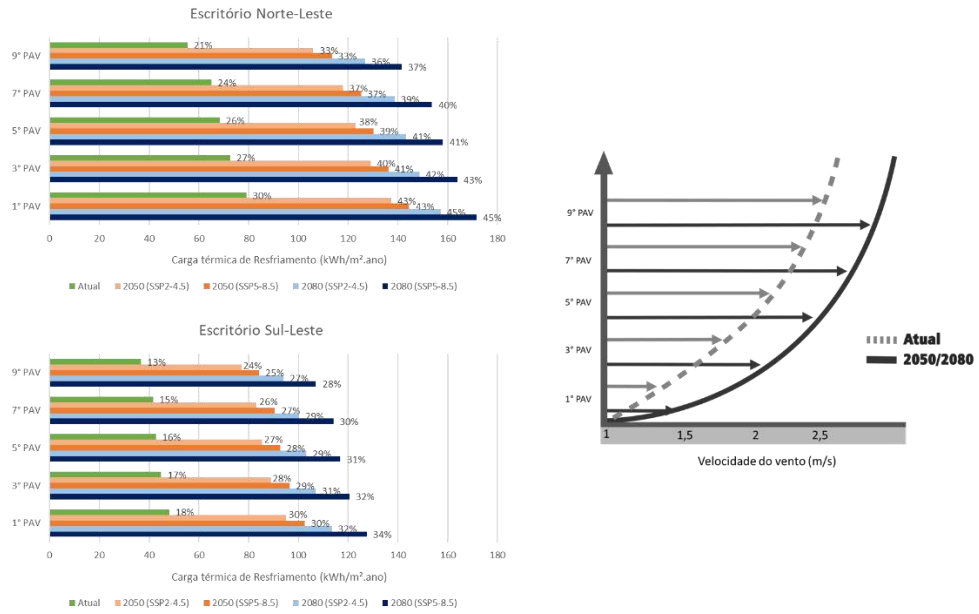
Figura 4: Carga térmica de resfriamento para os escritórios Norte-Leste (à esquerda) e Sul-Leste (à direita) – orientação do edifício 0° (N-S).



* O valor percentil ao lado do gráfico de barras é referente à razão entre as horas de funcionamento do ar-condicionado e o total de horas ocupadas do ambiente.

Fonte: as autoras.

Figura 5: Carga térmica de resfriamento para os escritórios Norte-Leste (à esquerda) e Sul-Leste (à direita) – orientação do edifício 90° (L-O).



* O valor percentil ao lado do gráfico de barras é referente à razão entre as horas de funcionamento do ar-condicionado e o total de horas ocupadas do ambiente.
Fonte: as autoras.

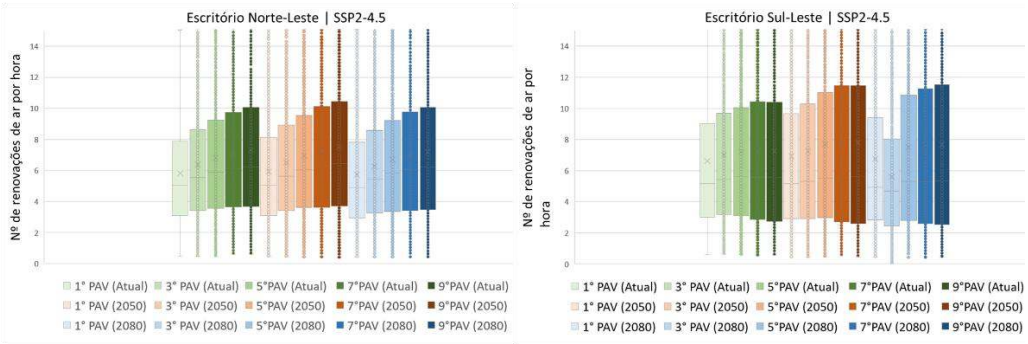
As simulações com os arquivos climáticos futuros de 2050 e 2080 para o cenário intermediário (SSP2-4.5) e para o cenário mais pessimista (SSP5-8.5) apresentaram um aumento progressivo na carga térmica de resfriamento e na razão entre as horas de funcionamento do sistema de ar-condicionado e o total de horas ocupadas do ambiente, quando comparadas com a simulação com o arquivo climático atual. Tais aumentos ocorrem independentemente da orientação solar da edificação.

A orientação solar do edifício mostrou influência nos resultados, sendo que a orientação 90° (L-O) apresentou maiores valores de carga térmica de resfriamento e horas de funcionamento do ar-condicionado. A diferenças de carga térmica de resfriamento entre os cenários atual e futuros foram de 80,07% e 80,04% para o cenário SSP2-4.5 (2050) orientado a 0° (N-S) e 90° (L-O) e de 136,42% e 131,63% para o cenário SSP5-8.5 (2080) orientado a 0° (N-S) e 90° (L-O), para o escritório voltado para as fachadas Norte-Leste. Para o escritório voltado para as fachadas Sul-Leste, a diferença foi de 110,77 % e 100,42% para o cenário SSP2-4.5 (2050) orientado a 0° (N-S) e 90° (L-O) e de 199,49% e 173,60% para o cenário SSP5-8.5 (2080) orientado a 0° (N-S) e 90° (L-O).

A altura do pavimento também foi identificada como um parâmetro de influência, pois quanto mais alto o pavimento maior a velocidade do vento e, consequentemente, melhor o desempenho térmico do ambiente em função da ventilação natural, acarretando uma redução das horas de uso do ar-condicionado e da carga térmica. Considerando que o edifício de referência opera em modo misto de ventilação, a ventilação natural foi analisada a partir da taxa de renovação de ar para os horários em que a ventilação natural está operando. As Figuras 6 e 7 apresentam os resultados

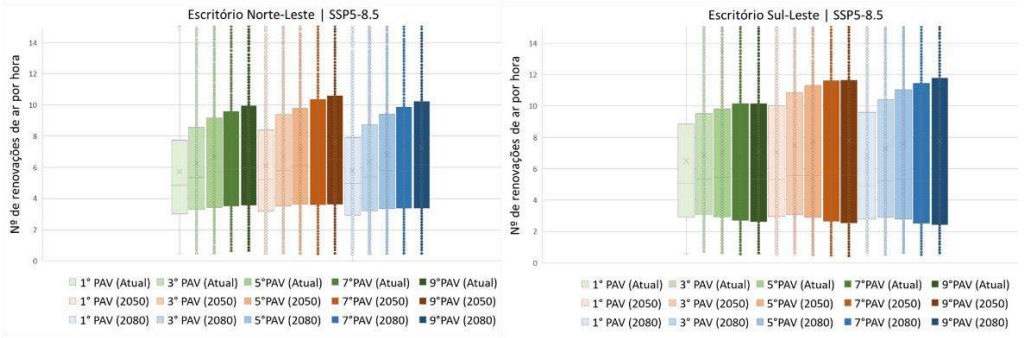
referentes à orientação solar a 0°. Vale ressaltar que orientação a 90° obteve valores similares (diferenças na ordem de -3% a 3%), o que pode ser atribuído ao fato de a ventilação cruzada ocorrer em fachadas adjacentes, garantindo que, para a maior parte das direções do vento, uma janela sempre esteja localizada a barlavento e outra a sotavento. Como a direção predominante dos ventos em São Paulo é Sul/Sul-Sudeste (S/SSE), os escritórios Sul-Leste apresentaram taxa de renovação de ar ligeiramente superiores, por estarem a barlavento na maior parte do tempo. As taxas de renovação de ar apresentam pouquíssima alteração entre os cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5.

Figura 6: Taxa de renovação do ar para o cenário SSP2-4.5 para orientação solar 0° (N-S) - escritório Norte-Leste (à esquerda) e Sul-Leste (à direita).



Fonte: as autoras.

Figura 7: Taxa de renovação do ar para o cenário SSP5-8.5 para orientação solar 0° (N-S) - escritório Norte-Leste (à esquerda) e Sul-Leste (à direita).



Fonte: as autoras.

CONCLUSÕES

Este trabalho avaliou os impactos das alterações climáticas no desempenho termoenergético de um edifício de escritórios em modo misto de ventilação, localizado na cidade de São Paulo. Baseando-se em modelos climáticos futuros provenientes do sexto relatório do IPCC, para um cenário intermediário (SSP2-4.5) e outro pessimista (SSP5-8.5), a análise empreendida permite afirmar que nos cenários futuros (2050 e 2080) haverá um aumento da carga térmica da ordem de 80% (SSP2-4.5 (2050)) a 199% (SSP5-8.5 (2080)). Em decorrência disso, observou-se um aumento no uso de ar-condicionado da ordem de 32% a 54%, para o modelo de referência, em função dos cenários futuros aqui analisados. Os parâmetros orientação solar da edificação,

orientação solar da sala de escritórios e altura do pavimento mostraram impactos nos resultados, sendo o a orientação solar da sala de escritórios o de maior interferência e a orientação solar da edificação o de menor interferência.

Considerando o ciclo de vida útil de uma edificação entre 50 e 75 anos, as edificações construídas atualmente devem manter um bom desempenho frente às mudanças climáticas. Torna-se relevante, portanto, estimular o uso de estratégias de melhor desempenho termoenergético, como a ventilação natural ou o modo misto de ventilação, diminuindo a dependência única de sistemas de ar-condicionado. No entanto, como a ventilação natural tende a perder seu potencial de garantir boas condições de desempenho térmico no futuro, em função do aquecimento global, estratégias de projeto que potencializem seu funcionamento se fazem necessárias. Nessa perspectiva, esse estudo traz uma contribuição para essa discussão, visando fomentar tal temática.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi apoiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código do financiamento 001.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] IPCC AR6 (Intergovernmental Panel on Climate Change). Summary for Policymakers. In: MASSON-DELMOTTE, V., P. ZHAI, A. PIRANI, S. L. CONNORS, C. PÉAN, S. BERGER, N. CAUD, Y. CHEN, L. GOLDFARB, M. I. GOMIS, M. HUANG, K. LEITZELL, E. LONNOY, J.B.R. MATTHEWS, T. K. MAYCOCK, T. WATERFIELD, O. YELEKÇI, R. YU AND B. ZHOU (Eds). **Climate Change 2021:** The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2021, 41 pp.

[2] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **World Energy Outlook 2013: Summary**. International Energy Agency, Paris, 2017. Acesso em 02 mar. 2023.

[3] IPCC AR5 (Intergovernmental Panel on Climate Change). Summary for Policymakers. In: STOCKER, T.F.; QIN, D.; PLATTNER, G.K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S.K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P.M. (Eds). **Climate Change 2013:** The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, U.K. and New York, USA: Cambridge University Press, 2013, 27 pp.

[4] BELL, N. O. et al. Impacts of climate change upon cooling and heating, ventilation and air-conditioning system design and performance for commercial buildings for 2050. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 162, 1 jul. 2022.

[5] BERGER, T. et al. Impacts of climate change upon cooling and heating energy demand of office buildings in Vienna, Austria. **Energy and Buildings**, v. 80, p. 517-530, 2014.

[6] KOLOKOTRONI, M. et al. London's urban heat island: Impacts on current and future energy consumption in office buildings. **Energy and Buildings**, v. 47, p. 302-311, 1 abr. 2012.

[7] BIENVENIDO-HUERTAS, D. et al. Influence of adaptative energy saving techniques on office buildings located in cities of the Iberian Peninsula. **Sustainable Cities and Society**, v. 53, 1 fev, 2020.

[8] SÁNCHEZ-GARCÍA, D. et al. Towards the quantification of energy demand and consumption through the adaptive comfort approach in mixed mode office buildings considering climate change. **Energy and Buildings**, v. 187, p. 173-185, 15 mar. 2019.

[9] GILIANI, S.; O´BRIEN, W. Natural ventilation usability under climate change in Canada and the United States, **Building Research & Information**, 49 (4), 367-386 ,2021.
[10] CASAGRANDE, B. G.; ALVAREZ, C. E. DE. Preparação de arquivos climáticos futuros para avaliação dos impactos das mudanças climáticas no desempenho termoenergético de edificações. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 4, p 173-87, dez. 2013.
[11] TRIANA, M. A.; LAMBERTS, R.; SASSI, P. Characterisation of representative building typologies for social housing projects in Brazil and its energy performance. **Energy Policy**, v. 87, 9. 524-541, 2015.
[12] TRIANA, M.A.; LAMBERTS, R., SASSI, P. Desempenho de habitações de interesse social frente às mudanças climáticas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., São Paulo, 2016. **Anais** [...] São Paulo: ANTAC, 2016.
[13] TRIANA, M.A., LAMBERTS, R., SASSI, P. Should we consider climate change for Brazilian social housing? Assessment of energy efficiency adaptation measures. **Energy and Buildings**, v. 158, p. 1379-1392, 2018.
[14] ALVES, C.A., DUARTE, D.H.S., GONÇALVES, F.L.T. The recent residential apartment buildings' thermal performance under the combined effect of the global and the local warming, **Energy and Buildings**, v 238, 2021.
[15] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Buildings**. IEA, Paris, 2022. Disponível em: https://origin.iea.org/reports/buildings. Acesso em 02 mar. 2023.
[16] KINI, P.; GARG, N. K.; KAMATH, K. Exploring Energy Conservation in Office Buildings with Thermal Comfort Criterion Towards Sustainable New Developments in Warm and Humid Climate. Energy Procedia. **Anais** [...] Elsevier Ltd, 1 mar. 2017.
[17] SALCIDO, J. C.; RAHEEM, A. A.; ISSA, R. R. A. From simulation to monitoring: Evaluating the potential of mixed-mode ventilation (MMV) systems for integrating natural ventilation in office buildings through a comprehensive literature review. **Energy and Buildings**, v. 127, p. 1008–1018, 1 set. 2016.
[18] TROUP, L.; FANNON, D. Morphing climate data to simulate building energy consumption. **Proceedings**... Building Performance Modeling Conference: Salt Lake City, 2016.
[19] WEATHER Shift. [S. l.]. Disponível em: https://weathershift.com/ . Acesso em: 20 out. 2023.
[20] RODRIGUES, E.; FERNANDES, M.; CAARVALHO, D. Future weather Generator for building performance research: An open-source morphing tool an application. **Building and Environment**, v. 233. 1 abr. 2023.
[21] NUNES, G. H.; ZARA, R. B.; RIBEIRO, J. G.; GIGLIO, T. G. F. Eficácia da ferramenta de progressão de arquivos climáticos CCWorldWeatherGen: análise para São Paulo-SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2023. **Anais [...].** *[S. l.]*, 2023. p. 1–10.
[22] PEREIRA, Fernanda; NEVES, Leticia. DESENVOLVIMENTO DE UM BANCO DE DADOS CONTENDO ESTRATÉGIAS DE PROJETO DE EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS DE MODO MISTO. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2018. p. 957–964.
[23] LOCHE, I.; BREC, F.; GÍMENEZ, J. M.; LOONEN, R.; NEVES, L. Balcony design to improve natural ventilation and energy performance in high-rise mixed-mode office buildings, **Building and Environment,** v. 258, 2024.
[24] NSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **PORTARIA 42, 24 DE FEVEREIRO DE 2021**. Instituição Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas. Rio de Janeiro, 2021.
[25] ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. ASHRAE 55 – 2023 – Thermal environmental conditions for human occupancy. EUA, 2023.
[26] ENERGYPLUS. Disponível em: https://energyplus.net/. Acesso em: 12 jan. 2022.
[27] BECK, H.E. et al. Present and future köppen-geiger climate classification maps at 1-km resolution, Sci Data 5, 2018. https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214.
[28] Climate OneBuilding, Org – Repository of Free Climate Data for Building Performance Simulation,2021.https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_3_South_America/BRA_Brazil/index.html. Acesso em 18 set. 2022.