XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Efeitos de ondas de calor e mudanças climáticas na resiliência térmica de salas de aula naturalmente ventiladas

Efectos de las olas de calor y el cambio climático en la resiliencia térmica de aulas naturalmente ventiladas

Effects of heat waves and climate change on the thermal resilience of naturally ventilated classrooms

Desempenho térmico do ambiente construído / *Desempeño térmico del ambiente construido/ Thermal performance of the built environment*

Chaga, Eduarda Gonçalves
Mestranda em Arquitetura, Tecnologia e Cidade, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil, e197770@dac.unicamp.br

Balzan, Daniela Eleonora Carregã

Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil, d249899@dac.unicamp.br

Neves, Leticia de Oliveira
Professora Doutora do Departamento de Arquitetura e Construção da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil, lneves@unicamp.br

Resumo

Este artigo avalia a resiliência térmica de salas de aula naturalmente ventiladas de uma escola de ensino fundamental em Campinas-SP, considerando os impactos de ondas de calor e mudanças climáticas. A metodologia incluiu monitoramento *in loco*, calibração de modelo computacional, análise de ondas de calor de um período de 10 anos e simulações de cenários climáticos atuais e futuros. Utilizaram-se os indicadores IOD (Indoor Overheating Degree), tempo de recuperação, PHFT (Percentual de Horas na Faixa de Temperatura) e carga térmica de resfriamento. A onda de calor de novembro de 2023 registrou 100% do tempo ocupado fora da zona de conforto, com tempo de recuperação de 52 horas. Cenários futuros indicaram redução de até 50% no PHFT e aumento de até 121% na carga de resfriamento, chegando a 269 kWh/m².ano. Os resultados reforçam a urgência de adaptações dos edifícios escolares para enfrentar cenários futuros mais extremos.

Palavras-chave: Resiliência térmica. Mudanças climáticas. Ondas de calor. Salas de aula. Ventilação natural.

Resumen

Este artículo analiza la resiliencia térmica de aulas ventiladas naturalmente en una escuela primaria pública de Campinas, Brasil, considerando impactos de olas de calor y cambio climático. La metodología incluyó monitoreo in situ, calibración de un modelo computacional, análisis de 10 años de datos de olas de calor y simulaciones de escenarios climáticos actuales y futuros. Se utilizaron indicadores como IOD (Grado de Sobrecalentamiento Interior), tiempo de recuperación, PHFT (Porcentaje de Horas en el Rango de Temperatura) y carga térmica de enfriamiento. La ola de calor de noviembre de 2023 mostró 100% del tiempo ocupado fuera de la zona de confort, con un tiempo de recuperación de 52 horas. Los escenarios futuros indicaron una reducción de hasta 50% en el PHFT y un aumento de hasta 121% en la carga de enfriamiento, alcanzando 269 kWh/m².año. Los resultados refuerzan la urgencia de adaptar escuelas ante condiciones climáticas más extremas.

Palabras clave: Resiliencia térmica. Cambio climático. Olas de calor. Aulas. Ventilación natural.

Abstract

This paper evaluates the thermal resilience of naturally ventilated classrooms in a public elementary school in Campinas, Brazil, considering the impacts of heatwaves and climate change. The methodology included on-site monitoring, computational model calibration, analysis of 10 years of heatwave data, and simulations of current and future climate scenarios. The indicators used were IOD (Indoor Overheating Degree), recovery time, PHFT (Percentage of Hours in the Temperature Range), and cooling load. The November 2023 heatwave resulted in 100% of occupied time outside the comfort zone, with a recovery time of 52 hours. Future scenarios indicated a reduction of up to 50% in PHFT and an increase of up to 121% in cooling load, reaching 269 kWh/m².year. The results highlight the urgent need to adapt school buildings to withstand more extreme future conditions.

Keywords: Thermal resilience. Climate change. Heat waves. Classrooms. Natural ventilation.

Introdução

O aumento contínuo das temperaturas globais é um dos principais indicadores das mudanças climáticas, conforme destacado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM, 2023), sendo os meses entre junho e dezembro de 2023 os mais quentes já registrados para seus respectivos períodos. A temperatura média global em 2023 foi 1,45 °C acima da média do período entre 1850 e 1900, tornando este o ano mais quente em 174 anos de medições meteorológicas.

Ondas de calor - definidas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022) como períodos anormais de calor extremo que podem durar de alguns dias a meses - são um reflexo das mudanças climáticas. Para identificar períodos de ondas de calor, Ouzeau *et al.* (2016) propõem cálculos baseados em percentis de temperatura, considerando a duração, intensidade e severidade de cada evento. Essa abordagem auxilia em análises climáticas e projeções futuras, pois permite detectar ondas de calor históricas e futuras em diferentes regiões. A literatura ressalta a vulnerabilidade de grupos específicos, como crianças, frente a eventos de calor extremo, destacando a necessidade de avaliar e mitigar os riscos de superaquecimento em escolas, dado que muitas edificações escolares não foram projetadas para enfrentar temperaturas elevadas, fato que compromete o conforto térmico e pode afetar o desempenho acadêmico dos alunos. Para reduzir esses impactos, é essencial adotar estratégias de mitigação passiva, garantindo melhores condições térmicas sem aumentar o consumo de energia (Baba *et al.*, 2023).

Nesse contexto, a taxa de renovação do ar no interior das salas de aula também é um aspecto fundamental, pois relaciona-se diretamente com a temperatura. Pesquisas recentes, como a de Rizzo *et al*. (2024), constataram que a ventilação natural, embora eficaz em algumas condições, pode resultar em perdas de energia e insuficiência na renovação do ar, o que pode elevar a concentração de CO_2 no ambiente e prejudicar a saúde e o desempenho dos alunos. O dimensionamento adequado de um sistema de ventilação natural auxilia na melhoria da qualidade do ar e proporciona um ambiente de aprendizado mais saudável, reduzindo problemas de saúde e promovendo um melhor desempenho acadêmico (Rizzo *et al.*, 2024).

Diante disso, torna-se relevante elaborar critérios mais precisos para avaliar o risco de superaquecimento em ambientes escolares. Flores-Larsen *et al.* (2022) utilizaram simulações no

EnergyPlus para quantificar o superaquecimento por meio do indicador *Indoor Overheating Degree* (IOD, Grau de Sobreaquecimento Interno), calculado com base nas temperaturas internas que excedem os limites de conforto. Os autores classificam o impacto do superaquecimento em níveis moderado, forte e extremo, oferecendo uma avaliação detalhada do desconforto térmico e ajudando a compreender as necessidades de resiliência e mitigação frente ao aquecimento global.

O aumento da temperatura global, impulsionado pelas mudanças climáticas, torna crucial a análise de projeções futuras do clima, especialmente em edificações situadas em regiões de clima tropical e subtropical e em casos onde predominam estratégias passivas de climatização. O Sexto Relatório de Avaliação (AR6) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022) apresenta cenários de mudanças climáticas projetados até o ano 2100, denominados *Shared Socioeconomic Pathways* (SSPs) ou Caminhos Socioeconômicos Compartilhados, que se baseiam em diferentes trajetórias socioeconômicas globais. Esses cenários são utilizados por diversas ferramentas para gerar arquivos climáticos futuros a partir de dados climáticos atuais, permitindo a quantificação dos riscos térmicos em diferentes cenários de mudanças climáticas. Dentre essas ferramentas, destaca-se o Future Weather Generator (FWG), desenvolvido por Rodrigues, Fernandes e Carvalho (2023), que se mostra como uma ferramenta promissora para gerar dados climáticos futuros e auxiliar na avaliação de riscos e impactos relacionados ao clima.

Tendo em vista o exposto acima, o objetivo deste artigo é quantificar a resiliência térmica de salas de aula naturalmente ventiladas de uma escola de ensino fundamental, sob os efeitos de ondas de calor e de mudanças climáticas.

Método

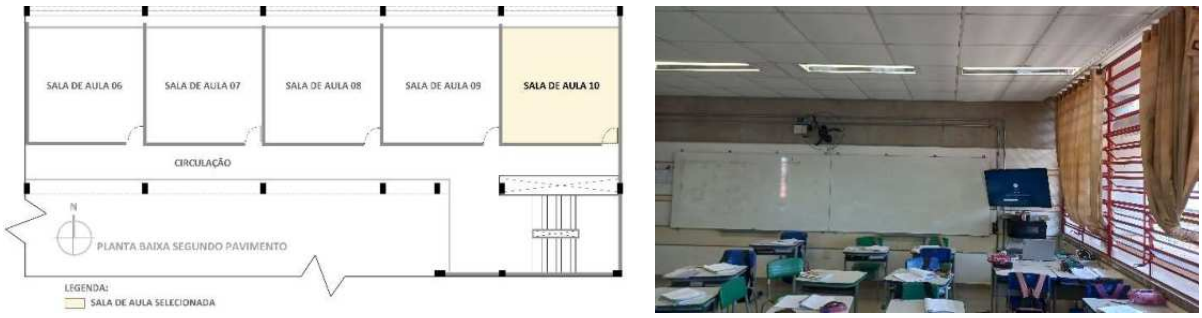
Esta pesquisa adota uma abordagem experimental, envolvendo a análise de dados climáticos e simulações computacionais para explorar o conforto térmico em ambientes escolares. O delineamento da pesquisa divide-se em cinco etapas, descritas a seguir.

Etapa 1: Monitoramento *in loco*

O monitoramento de temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa do ar,

concentração de CO_2 e operação de janelas (aberto/ fechado) foi realizado em uma sala de aula de uma escola de ensino fundamental em Campinas-SP, em intervalos de 15 minutos (Figura 1). O monitoramento ocorreu de 24 de outubro a 20 de novembro de 2023. Os horários de ocupação consistem em: das 7h30 às 9h00, das 9h15 às 10h45, das 11h45 às 14h45 e das 15h às 15h30. Os dados climáticos externos (temperatura do ar, umidade relativa do ar, direção e velocidade do vento) foram obtidos a partir dos registros da estação meteorológica 'Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura' (CEPAGRI, 2024), localizada a 6 km da escola.

Figura 1: Planta do segundo pavimento e foto da sala de aula monitorada



Fonte: Autoras (2024).

Etapa 2: Calibração do modelo de simulação

A calibração de um modelo de simulação computacional da escola foi realizada por meio do *software* EnergyPlus.

Tabela 1: Propriedades térmicas construtivas.

Item	Transmitância térmica (W/m².K)	Capacidade térmica (kJ/m². K)	Absortância solar externa	Fator solar
Bloco de concreto 19x19x39cm	2,8	202,2	0,19	-
Laje 150 mm + argamassa + piso cerâmico	2,7	243	-	-
Cobertura de telha de aço galvanizado	1250	140,40	0,70	-
Vidro simples	5,7	-	-	0,87

Fonte: Adaptado de Franceschini *et al.* (2022), pelas autoras (2024).

Tabela 2: Propriedades de esquadrias.

Item	Descrição	Área útil de ventilação
Porta	Porta de giro simples – 0,90 x 2,10 m	1,0
Janela interna (corredor)	20 folhas pivotantes e 8 fixas -1,80 x 2,10m / 0,80m (4 unidades)	0,40
Janela externa (fachada)	4 folhas pivotantes - 1,80 x 0,80m / 2,20m (4 unidades)	0,60

Fonte: Adaptado de Franceschini *et al.* (2022), pelas autoras (2024).

Tabela 3: Cargas internas.

Item	Descrição	Carga térmica
Ocupação	Atividade metabólica de 25 estudantes – em posição sentada (108 W cada)	2700 W
Equipamentos	2 ventiladores (150 W cada) e 1 televisão (200 W)	500 W
Iluminação	6 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes (40 W cada)	480 W

Fonte: Autoras (2024).

O projeto arquitetônico da escola, previamente disponibilizado pela Fundação para Desenvolvimento da Educação (FDE), foi utilizado para modelar a geometria e os materiais construtivos. As propriedades térmicas dos componentes do edifício (Tabela 1), as caraterísticas das esquadrias (Tabela 2) e as cargas internas (Tabela 3) foram determinadas através de visitas de campo e informações do projeto arquitetônico. Para modelar a ventilação natural, utilizou-se o módulo AirflowNetwork (AFN), adotando um coeficiente de descarga de 0,6 (Flourentzou; Van der Maas; Roulet, 1998). O número de ocupantes foi estimado com base no número médio de alunos por sala de aula. A ferramenta *CpSimulator* (CpSimulator, 2021), baseada em dinâmica de fluídos computacional (CFD), foi aplicada para prever os coeficientes de pressão do vento, considerando o entorno construído imediato (Figura 2).

Figura 2: Distribuição dos coeficientes de pressão na envoltória da edificação e entorno.



Fonte: CpSimulator (2024).

Para o processo de calibração, elaborou-se um arquivo climático a partir de dados climáticos fornecidos pelo CEPAGRI (2024), correspondentes ao mesmo período das medições. O *software* Weather Converter foi utilizado para converter esses dados para o formato 'epw' (EnergyPlus *weather file*). Para verificar a precisão do modelo calibrado foram adotadas as métricas Erro Médio Absoluto (EMA), Erro Médio Normalizado (EMN) e Coeficiente de Variação da Raiz do Erro Quadrático Médio (CV REQM). Segundo a ASHRAE Guideline 14 (ASHRAE, 2002), os limites máximos aceitáveis para essas métricas são 1 °C para o EMA, 10% para o EMN e 30% para o CV REQM.

Etapa 3: Análise de períodos de ondas de calor

A identificação das ondas de calor seguiu a metodologia proposta por Ouzeau *et al.* (2016), que utiliza percentis diários para caracterizar eventos extremos. O percentil 99,5 foi aplicado para identificar os picos de temperatura, o percentil 97,5 para avaliar a duração e severidade, e o percentil 95 para determinar o término das ondas, considerando a redução da temperatura abaixo desse limite por três dias consecutivos. Dados climáticos de Campinas para período de dez anos (2014 a 2023), obtidos por meio do *OikoLab Weather Downloader* (Oikolab, 2024), foram utilizados para verificar se o período de medições (Etapa 1) correspondeu a uma de onda de calor e para identificar as demais ondas de calor do período.

Etapa 4: Análise de cenários climáticos futuros

Os arquivos climáticos de cenários futuros foram gerados utilizando a ferramenta Future Weather Generator, desenvolvida por Rodrigues, Fernandes e Carvalho (2023). Essa plataforma de código aberto gera arquivos meteorológicos horários para simulações de desempenho de edifícios no formato EnergyPlus *Weather File* (epw). O arquivo climático do tipo *Typical Meteorological Year* (TMY) de Campinas, referente aos anos de 2004 a 2018, foi utilizado como base para gerar os arquivos futuros. As simulações do modelo calibrado foram realizadas para os cenários de menor e maior intensidade (SSP2-4.5 e SSP5-8.5), para os anos de 2050 e 2080.

Etapa 5: Análise de resultados

A presente pesquisa adota os critérios para avaliar o superaquecimento interno em edifícios

propostos por Flores-Larsen *et al.* (2022), de forma a permitir uma análise mais precisa da resiliência térmica das escolas, especialmente em cenários de maior vulnerabilidade. Os autores utilizam valores máximos de IOD para classificar o superaquecimento em moderado (IOD≤0.5 °C), forte (0.5 °C<IOD<2.0 °C) e extremo (IOD≥2.0 °C), relacionando-os à severidade e temperatura máxima das ondas de calor.

Tabela 4: Indicadores de desempenho utilizados na análise.

Indicador	Descrição	Cálculo
IOD [°C]	*Indoor Overheating Degree* ou Grau de sobreaquecimento interno. Quantifica o risco de sobreaquecimento considerando a intensidade e a frequência do sobreaquecimento interno.	$$\mathrm{IOD} = \frac{\sum_{i=1}^{Noc} \left(T_{fr,i-TL_{conf,i}}\right)^{+} \cdot t_i}{\sum_{i=1}^{Noc} t_i}$$ Sendo: t: intervalo de tempo (1h) i: horas ocupadas N_{OC}: quantidade de horas ocupadas no período T_{fr}:temperatura operativa no intervalo de tempo i TL_{conf}: temperatura limite de conforto no intervalo i
tR [h]	Tempo de recuperação. Avalia o tempo necessário para restaurar uma condição de temperatura interna extrema.	Quantidade de tempo entre o momento de ocorrência da temperatura operativa máxima no ambiente e o momento em que atinge uma temperatura operativa aceitável.
PHFT [%]	Percentual de horas ocupadas dentro de uma faixa de temperatura operativa.	$$\mathrm{PHFT} = \frac{\mathrm{N_{oc;intervalo}}}{\mathrm{N_{oc;total}}} \cdot 100$$ Sendo: $N_{OC;intervalo}$: quantidade de horas ocupadas ao longo do ano $N_{OC;total}$: quantidade de horas ocupadas ao longo do ano dentro da temperatura operativa pré-definida.
CgTR [kWh/m².ano]	Carga térmica de resfriamento.	$$\mathrm{CgTR} = \sum_{\mathrm{n=1}}^{\mathrm{N_{oc;total}}} \mathrm{Q_{cool;n}} \cdot \mathrm{f_{TO}(n)}$$ Sendo: $N_{OC;total}$: quantidade de horas ocupadas ao longo do ano dentro da temperatura operativa pré-definida $Q_{cool;n}$: carga horária de resfriamento na hora "n" n: intervalo de tempo horário dentro das horas ocupadas $f_{TO^{(n)}}$: determina se a carga de resfriamento dessa hora deve ser somada na equação $$f_{TO^{(n)}} = \begin{cases} 0 \text{ se } To_{occ;n} \text{ se estiver dentro do intervalo PHFT} \\ 1 \text{ se } To_{occ;n} \text{ se estiver fora do intervalo PHFT} \end{cases}$$

Fonte: Adaptado de Krelling *et al.* (2023).

Resultados e discussão

Da análise de ondas de calor da sala de aula em questão, foram identificadas quatro ocorrências para o período entre 2014 e 2023 (Tabela 5). A Figura 3 ilustra a relação entre a duração das ondas de calor e a temperatura máxima diária, considerando o grau de sobreaquecimento interno (IOD). Eventos com maior duração nem sempre correspondem às temperaturas mais extremas, mas ainda assim podem apresentar valores elevados de IOD, indicando sobreaquecimento prolongado.

A última onda de calor, correspondente ao período de monitoramento da sala de aula realizado em 2023 (Etapa 1), é a que apresenta maior valor de IOD. De fato, pelo monitoramento foram identificados picos de temperatura entre 33,9 °C e 37,4 °C e em 100% do tempo do horário ocupado as temperaturas operativas estavam acima do valor máximo da zona de conforto calculada pelo modelo adaptativo (ASHRAE, 2023). O tempo de recuperação desta onda de calor, dentro do período da medição, foi de 52 horas, correspondendo ao intervalo necessário para que a temperatura interna retornasse ao limite aceitável de 28,8 °C. O pico térmico foi registrado em 17/11/2023 às 16:00 h, com 35,6 °C, enquanto a recuperação ocorreu em 19/11/2023 às 20:00h.

Tabela 5: Períodos de ondas de calor.

Data	Duração (dias)	Severidade (°C)	Intensidade (°C)
26/01 a 13/02/2014	19	16,16	30,17
09/01 a 21/01/2015	13	8,15	30,96
29/01 a 03/02/2019	6	3,15	29,90
11/11 a 18/11/2023	8	4,15	29,74

Fonte: Autoras (2025).

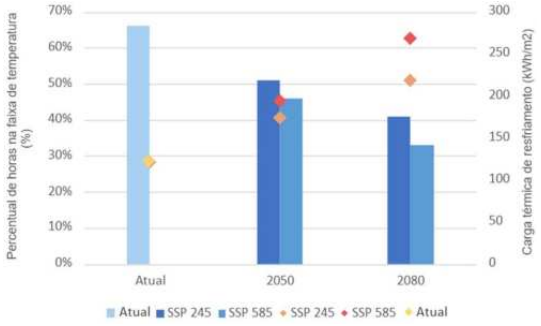
A Figura 4 apresenta a variação no percentual de horas dentro de uma faixa de temperatura (PHFT) e na carga térmica de resfriamento (CgTR) da sala de aula para o cenário climático atual e cenários futuros. O PHFT, que atualmente corresponde a 66%, reduz entre 22% e 30% em 2050 (a depender do cenário climático, SSP2-4.5 ou SSP5-8.5) e entre 37% e 50% em 2080, chegando a valores extremamente baixos, de 33% do tempo ocupado. Isso mostra que, considerando o projeto atual, a resiliência térmica da edificação escolar não é adequada, o que é reforçado pelos dados monitorados no período de ondas de calor. As tendências futuras indicam um aumento na demanda por resfriamento à medida que as condições ambientais se tornam mais extremas, que

varia entre 43% e 121,2% de aumento. A carga térmica para o pior cenário futuro atinge 268,7 kWh/m².ano, mostrando um significativo potencial de consumo de energia, caso a sala de aula venha a ser condicionada artificialmente.

Figura 3: Grau de sobreaquecimento interno durante períodos de ondas de calor.



Figura 4: Variação da carga térmica de resfriamento e do percentual de horas na faixa de temperatura.



Fonte: Autoras (2025).

Conclusões

Os resultados evidenciam a intensificação das ondas de calor ao longo do período analisado, com impacto direto na demanda por resfriamento e no tempo necessário para a recuperação térmica dos ambientes. Durante o monitoramento, que coincidiu com uma onda de calor, observou-se que a temperatura operativa interna esteve acima do limite superior de conforto térmico (28,8 °C) em todo o período de ocupação, com registros que ultrapassaram 37 °C. Além disso, nos cenários futuros o PHFT reduziu em até 50% e carga térmica de resfriamento aumentou em mais de 120%. A análise demonstrou que eventos prolongados, mesmo sem temperaturas máximas extremas, podem gerar condições de sobreaquecimento interno, ressaltando desafios na dissipação do calor acumulado. O tempo de recuperação em 2023, que superou 50 horas, indica limitações nas estratégias atuais de controle térmico, sugerindo a necessidade de abordagens mais eficazes, como a implementação de medidas passivas de resfriamento. As análises reforçam, portanto, a urgência de adaptações dos edifícios escolares para enfrentar cenários futuros mais extremos e garantir condições adequadas de conforto térmico. Como a escola monitorada representa um exemplo dos projetos padrão adotados pela Fundação pelo Desenvolvimento da Educação (FDE) do estado de São Paulo, o desafio mostra maior escala e relevância no contexto

regional e nacional. Este trabalho contribui, portanto, no debate sobre resiliência térmica de edificações escolares, mostrando a necessidade de medidas de *retrofit* com foco em soluções que promovam melhor desempenho térmico a tais edificações.

Agradecimentos

Esta pesquisa é financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, nº 2024/06743-0), e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica.

Referências

ASHRAE. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. ASHRAE Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: ASHRAE, 2020. Disponível em: https://www.ashrae.org/technical-resources/standards-and-guidelines/read-only-versions-of-ashrae-standards. Acesso em: 10 set. 2024 .

ASHRAE. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. Guideline 14: Measurement of energy and demand savings. Technical report ISSN 1049-894X. ASHRAE Standards Committee, 2002.

BABA, Fuad Mutasim; GE, Hua; WANG, Liangzhu (Leon); ZMEUREANU, Radu. Assessing and mitigating overheating risk in existing Canadian school buildings under extreme current and future climates**. Energy and Buildings**, v. 279, p. 112710, 2023. DOI: 10.1016/j.enbuild.2022.112710.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA – CEPAGRI. Dados meteorológicos. Campinas, 2024.

CPSIMULATOR. CPSimulator. 2021. Disponível em: https://cpsimulator.cimec.org.ar/home.html. Acesso em: 18 out. 2024.

FLORES-LARSEN, S.; BRE, F.; HONGN, M. A performance-based method to detect and characterize heatwaves for building resilience analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 167, p. 112795, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112795. Acesso em: 02 dez. 2024.

FLOURENTZOU, F.; VAN DER MAAS, J.; ROULET, C.-A. Natural ventilation for passive cooling: measurement of discharge coefficients. **Energy and Buildings**, v. 27, n. 3, p. 283-292, 1998. DOI: https://doi.org/10.1016/S0378-7788(97)00043-1.

FRANCESCHINI, Paula Brumer; LIGUORI, Iara Nogueira; NEVES, Leticia de Oliveira. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR INTERIOR DURANTE A PANDEMIA DE COVID-19 EM SALAS DE AULA NATURALMENTE VENTILADAS. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2021. **Anais [...].** *[S. l.]*, 2021. p. 658–667. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/4449. Acesso em: 22 abr. 2025.

IPCC. Glossary. Disponível em: https://apps.ipcc.ch/glossary/. Acesso em: 15 dez. 2024.

IPCC. Mudanças Climáticas 2022: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (orgs.). Cambridge University Press, 2022. 3056 p. DOI: 10.1017/9781009325844.

KRELLING, A. F.; ELI, L. G.; OLINGER, M. S.; MACHADO, R. M. E. S.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. A thermal performance standard for residential buildings in warm climates: Lessons learned in Brazil. **Energy and Buildings**, v. 281, p. 112770, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112770. Acesso em: 21 nov. 2024.

OIKOLAB. Weather Downloader. Disponível em: https://weatherdownloader.oikolab.com/app. Acesso em: 02 dez. 2024.

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL (OMM). Heatwave. Disponível em: https://wmo-int.translate.goog/topics/heatwave?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt&_x_tr_pto=wa. Acesso em: 12 dez. 2024.

OUZEAU, J.-M.; SOUBEYROUX, M.; SCHNEIDER, M.; VAUTARD, R.; PLANTON, S. Heat waves analysis over France in present and future climate: Application of a new method on the EURO-CORDEX ensemble. **Climate Services**, v. 4, p. 1-12, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cliser.2016.09.002. Acesso em: 10 dez. 2024.

RODRIGUES, E.; FERNANDES, M. S.; CARVALHO, D. Future weather generator for building performance research: an open-source morphing tool and an application. **Building and Environment**, v. 233, p. 110104, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110104. Acesso em: 05 ago. 2024.

RIZZO, Krista; CAMILLERI, Mark; GATT, Damien; YOUSIF, Charles. Optimising mechanical ventilation for indoor air quality and thermal comfort in a Mediterranean school building. **Sustainability**, v. 16, p. 766, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su16020766. Acesso em: 05 dez. 2024.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). State of the Global Climate 2023. Geneva: WMO, 2024. Disponível em: https://library.wmo.int/idurl/4/68576. Acesso em: 19 dez. 2024.