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

Gestão de espaços museológicos em clima subtropical: a busca por um ambiente térmico adequado às pessoas e à preservação do acervo

Gestión de espacios museísticos en clima subtropical: la búsqueda de um ambiente térmico adecuado para las personas y la preservación de las coleciones

Museum spaces management in the subtropical climate: the search for a thermal environment suitable for users and the preservation of collections

Qualidade ambiental / *Calidad ambiental / Environmental quality*

Rosário da Silva, Marcus Vinicius
Doutorando, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e de Design da Universidade de São Paulo (FAU-USP), São Paulo, Brasil, marcusrosario@usp.br

Walbe Ornstein, Sheila
Professora Titular, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e de Design da Universidade de São Paulo (FAU-USP), São Paulo, Brasil, sheilawo@usp.br

Resumo

O ambiente térmico adequado é relevante para a operação de museus, garantindo o conforto do público e da equipe, além da preservação dos artefatos que compõem o acervo. No caso do Museu Paulista da USP, para avaliar as condições atuais, foram coletados dados de temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa e/ou velocidade do ar nos imóveis temporários e que abrigam tanto as reservas técnicas como seus respectivos funcionários, nos períodos de 18 de julho a 14 de agosto (mais frio) de 2023 e de 18 de dezembro de 2023 a 14 de janeiro de 2024 (mais quente). Os resultados indicam tendência positiva para a adequabilidade dos espaços para abrigar as pessoas e o acervo, salvo exceções que necessitam de medidas proativas para minimizar a alta umidade relativa e que possam comprometer a preservação dos itens do acervo, principalmente papéis e têxteis.

Palavras-chave: Condições térmicas. Microclima interno. Museus. Reservas técnicas. Gestão.

Resumen

Un ambiente térmico adecuado es importante para el funcionamiento de los museos, asegurando tanto la comodidad del público y el personal, además de la preservación de los artefactos que componen la colección. Em caso Museo Paulista de la USP, para evaluar las condiciones actuales, se recolectaron datos sobre temperatura del aire, temperatura del globo, humedad relativa y/o velocidad del aire en las propiedades temporales que albergan las Instalaciones de almacenamiento del 18 de julio al 14 de agosto de 2023 (más frio) y del 18 de diciembre, 2023 al 14 de enero de 2024 (más cálido). Los resultados indican una tendencia positiva hacia la adecuación de los espacios para albergar a las personas y la colección, salvo excepciones que requieran medidas proactivas para minimizar la humedad relativa alta que puedan comprometer la conservación de los elementos de la colección, especialmente el papel y los textiles.

Palabras clave: Condiciones térmicas. Microclima interior. Museos. Almacenamiento. Gestión.

Abstract

An adequate thermal environment is important for the operation of museums, ensuring both the comfort of the visitors and staff, in addition to the preservation of the artifacts that make up the collection. In the case of the Paulista Museum - USP in order to evaluate current conditions, data on air temperature, globe temperature, relative humidity and/or air speed were collected in temporary properties that house the storages facilities, from July 18 to August 14, 2023 (coldest) and from December 18, 2023 to January 14, 2024 (warmest). The results indicate a positive trend towards the adequacy of spaces to house people and the collection, except for exceptions that require proactive measures to minimize high relative humidity that may compromise the preservation of the items in the collection, especially paper and textiles.

Keywords: Thermal conditions. Indoor microclimate. Museums. Storage Facilities. Management.

Introdução

A busca por ambientes térmicos adequados é uma importante função na operação dos museus (Elkadi *et al*., 2021). Seus requisitos devem levar em consideração o conforto das pessoas bem como a preservação do patrimônio cultural (Luo *et al.,* 2016). A qualidade ambiental inadequada no interior dos museus influencia o estado de conservação dos artefatos (Ilies *et al.,* 2021), a experiência dos visitantes (Elkadi *et al*., 2021) e o trabalho dos funcionários e dos colaboradores (ISO, 2017) sendo que mudanças expressivas na umidade relativa (UR) e na temperatura do ar (t_a) podem levar à deterioração das coleções.

Sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) eficientes são amplamente utilizados em museus para controlar as condições higrotérmicas. No entanto, sua implementação nem sempre é viável devido a diversas restrições: limitações orçamentárias (Ferdyn-Grygierek; Grygierek, 2019), as dimensões dos sistemas, especialmente em edifícios históricos (Cirrincione *et al*., 2024), a necessidade de alta eficiência energética e redução de emissões (Lucchi, 2018) e o impacto das mudanças climáticas (Camuffo, 2019).

Segundo ElAdl *et al*. (2022), o monitoramento e o controle contínuos do microclima são essenciais, uma vez que falhas no sistema em responder a significativas flutuações de temperatura do ar (t_a) e umidade relativa (UR) causam danos. O objetivo ideal é proporcionar um ambiente interno estável, que atenda às necessidades dos artefatos e à satisfação dos visitantes, com o mínimo consumo de energia.

Desde a década de 1950, o debate sobre os níveis ideais de temperatura (T) e umidade relativa (UR) em museus é central. O *International Council of Museums* (ICOM) e o *International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property* (ICCROM) iniciaram então a busca por padrões ambientais para a preservação de acervos (Elkadi *et al*., 2021). Baseado em pesquisa científica e consulta a instituições museológicas, um estudo resultou na recomendação de uma faixa de UR entre 50% e 60% (Plenderleith; Philippot, 1961). Nessa direção, Thomson (1986) reforçou a necessidade de soluções adaptadas a diferentes tipos de edificações e climas.

Estudos recentes buscam compreender as condições ambientais para a conservação e o armazenamento de artefatos em diferentes continentes (Guo *et al.,* 2023) e diferentes climas,

como o clima quente e úmido (Maekawa; Beltran; Henry, 2015). Em contraponto estão os parâmetros genéricos de t_a (15-25°C) e UR (50% ±10%) adotados pela *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE, 2019), entre outros.

O Brasil apresenta três principais zonas climáticas: tropical (81,4%), subtropical úmida (13,7%) e semiárida (4,9%) (Alvares *et al.,* 2014). No entanto, o clima subtropical úmido (Cfa, tipo oceânico sem estação seca) concentra cerca de 40% dos museus mais visitados do país (IBRAM, 2024). A recente expansão museológica em São Paulo (Rosário da Silva; Walbe Ornstein, 2024) sugere uma crescente representatividade desse clima. É relevante, porém, aprofundar os estudos sobre os impactos das mudanças climáticas e dos eventos extremos nas zonas climáticas brasileiras.

As reservas técnicas dos museus desempenham papel igualmente relevante na preservação de acervos, já que a maior parte destes permanece armazenada nesses espaços. A proporção constatada é: 70-80% em museus de arte, 90% em museus de ciências, 95% em museus etnográficos, 96,5% em museus de arqueologia e 99% em museus de história natural e geologia (Kreplak; Mairesse, 2021). Além do armazenamento, as reservas técnicas oferecem multifuncionalidades, abrigando atividades como preservação, conservação e pesquisa (Loddo, 2020).

No caso específico do Museu Paulista da Universidade de São Paulo (MP-USP) estudo de caso neste artigo, este não foge à regra, sendo que cerca de 99% de seus artefatos (de um total de 400.000 objetos) estão armazenados em reservas técnicas. Ou seja, apenas 1% desses objetos encontram-se expostos ao público para visitação.

Objetivos

O objetivo deste artigo é realizar a coleta e o tratamento de dados sobre ao ambientes térmicos [a partir dos parâmetros de t_a, temperatura de globo (t_g), UR e velocidade do ar (V_a)] nos imóveis temporários que abrigam as reservas técnicas e os laboratórios de conservação do MP-USP, com o intuito de avaliar o comportamento dos ambientes térmicos em relação ao conforto das pessoas (conservadores, pesquisadores, vigias e equipe de limpeza e conservação preventiva) e à preservação das coleções do museu (papel, tecido, brinquedos, mobiliário, porcelanas, metais, gesso, pedras, entre outros).

Procedimentos metodológicos

Inicialmente, uma revisão bibliográfica foi conduzida para determinar o referencial teórico e corroborar a discussão pela busca de um ambiente térmico adequado às pessoas e à preservação do acervo em museus. Posteriormente, os equipamentos e os períodos de medição foram determinados para o estudo de caso - evidenciados na próxima seção deste artigo. Por fim, a análise dos dados é apresentada na seção 'resultados e discussão'.

A partir da revisão bibliográfica, foi possível identificar que persistem incertezas sobre os valores-alvo para os danos ocasionados pela t_a e a UR nos itens de acervo, a Austrália definiu referências para o clima subtropical úmido, do tipo "clima oceânico, sem estação seca". Foi estabelecido para t_a um intervalo entre 18 e 24 °C e para UR um intervalo entre 45 e 65% (Ogwu *et al*., 2022). Entretanto, na Europa há uma tendência para o controle individual em cada instituição museal, observando as condições de estabilidade dos artefatos nos contextos ambientais existentes (Cirrincione *et al*., 2024).

No entanto, o método dedicado a identificação das condições térmicas aceitáveis em espaços naturalmente condicionados e controlados pelos usuários restringe-se a ambientes (1) sem sistema de resfriamento mecânico, (2) com usuários cujas taxas metabólicas estejam entre 1,0 e 1,3 *met* (estações de trabalho e laboratórios), (3) com usuários livres para adaptar suas roupas a um intervalo de 0,5 a 1,0 *clo*, e (4) com temperatura média externa entre 10 °C e 33,5 °C. Para V_a de até 0,3 m/s em temperaturas operativas superiores a 25 °C. Cabe ressaltar que nos casos de V_a superior, deve-se aumentar o limite superior em 1,2 °C (0,3 a 0,6 m/s), 1,8 °C (0,6 a 0,9 m/s) e 2,2 °C (0,9 a 1,2 m/s) (ASHRAE, 2017; ISO, 2005).

As medições de temperatura do ar (t_a), umidade relativa (UR), temperatura de globo (t_g) e velocidade do ar (V_a) foram realizadas a cada hora, entre 18 de julho e 14 de agosto de 2023 (representativo do período mais frio) e entre 18 de dezembro de 2023 e 14 de janeiro de 2024 (representativo do período mais quente) por meio de *data loggers* HOBO nos laboratórios de conservação (conforto humano). Enquanto, *Data loggers* INTRUTEMP, equipados com sensores de t_a e UR, foram utilizados nas reservas técnicas (preservação de acervo). Para as medições externas, empregou-se uma estação científica Campbell no mesmo período.

Para a definição da zona de conforto, no que se refere ao tratamento dos dados, conforme o modelo adaptativo da ASHRAE (2017), a média da temperatura do ar externo foi calculada entre os dias 18/07/2023 e 31/07/2023 e entre 18/12/2023 e 31/12/2023. Para a determinação da temperatura radiante ($\bar{t}_\tau$) foi utilizada a fórmula para convecção natural (ISO, 1998, p. 16). Enquanto que t_0 foi determinado a partir da fórmula apresentada pela ASHRAE (2017, p. 19).

Estudo de caso

Situada a 23,85°S, o município de São Paulo apresenta clima subtropical úmido, do tipo 'clima oceânico, sem estação seca' (Cfa), segundo Köppen-Geiger, com verões quentes e úmidos e invernos amenos e menos úmidos. Janeiro, o mês mais quente, registra média de 22,8 °C, mínima absoluta de 14 °C e máxima absoluta de 34 °C, e umidade relativa entre 31% e 100%. Julho, o mais frio, apresenta média de 16 °C, mínima absoluta de 8 °C e máxima de 27 °C, com umidade relativa entre 26% e 100% (Gonçalves *et al.,* 2022).

O MP-USP possui atualmente suas reservas técnicas e laboratórios (Tabela 2) distribuídas em quatro imóveis temporários nos arredores do edifício-sede, localizado no bairro do Ipiranga (Parque da Independência). As reservas técnicas do museu abrigam itens diversificados, entre objetos, iconografia e documentações textuais do século XVII ao XX (Borin, 2024).

Tabela 2: Características dos ambientes monitorados.

Imóvel	Características gerais	Laboratório	Reserva técnica
Mobiliário (madeira)	Galpão com mezanino. Alvenaria[1]. Estrutura mista. Janelas altas. Cobertura metálica. Lanternim.	Térreo. Divisórias leves. Alvenaria[1] (NE).	Térreo e mezanino. Sem divisórias.
Têxtil e brinquedo	Arq. comercial. Alvenaria[1]. Estrutura de concreto armado. Janelas padrão. Cobertura de fibrocimento.	Pavto superior. Alvenaria[1] (SE e SO).	Térreo* e pavto superior. Alvenaria[1] (SE e SO).
Papel	Arq. residencial. Alvenaria[2]. Janelas padrão. Cobertura com telhas cerâmicas.	Térreo. Alvenaria[2] (N, L e O). Janelas altas	Térreo. Alvenaria[2] (N e O). Portas balcão.
Pintura e objeto	Arq. comercial. Alvenaria[1]. Estrutura de concreto armado. Pele de vidro. Cobertura metálica e vidro.	Térreo. Alvenaria[1] (SE e SO). Porta balcão.	Térreo. Alvenaria[1] (SE e SO). Divisória em gradil.

Legenda: [1]Alvenaria externa em blocos cerâmicos [2]Alvenaria externa em tijolos maciços autoportante

Obs.: As plantas dos imóveis não foram disponibilizadas neste artigo em prol da segurança patrimonial.

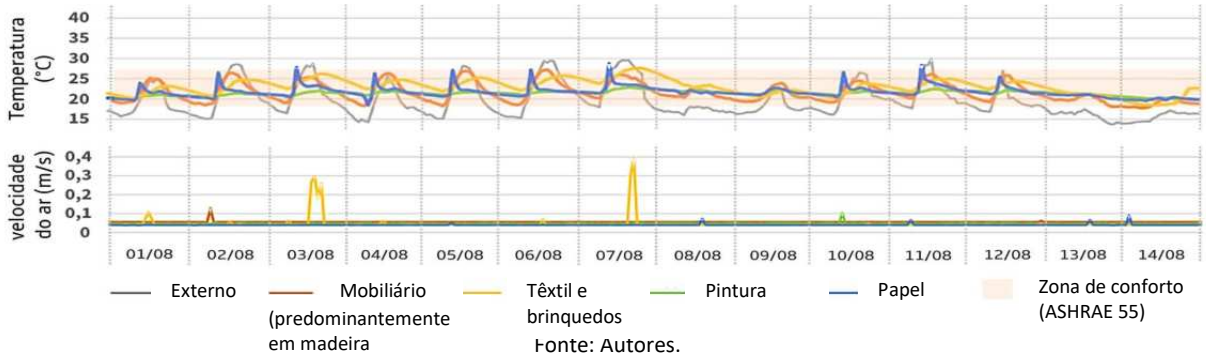
Fonte: Autores.

Resultados e Discussão

Os Gráficos 1 e 2 apresentam os dados de t_0, V_a e zona de conforto adaptativo referentes aos laboratórios de conservação durante o inverno e o verão, respectivamente. Os Gráficos 3 e 4 mostram os dados de t_a e UR, coletados nas reservas técnicas, durante os períodos de coleta, para verificação das flutuações diárias. Enquanto os Gráficos 5 e 6, do tipo BoxSplot, foram apresentados para identificação dos valores máximo, mínimo, mediana e quartis 1 e 3. O estudo teve seu período de análise restrito, devido à disponibilidade limitada dos equipamentos.

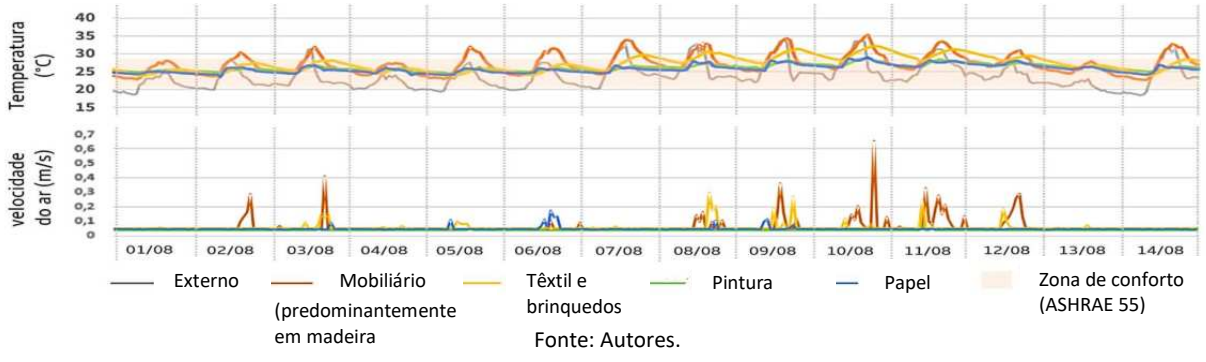
Durante o inverno, as t_0 dos laboratórios de conservação mantiveram-se, em sua maior parte, dentro dos limites do modelo adaptativo de conforto da ASHRAE (2017) para ambientes naturalmente ventilados (Gráfico 1). No verão, porém, os laboratórios de mobiliário e têxtil registraram picos de temperatura superiores ao limite superior desse modelo (Gráfico 2).

Gráfico 1: Dados dos laboratórios referentes ao inverno (dias entre julho e agosto de 2023).



Fonte: Autores.

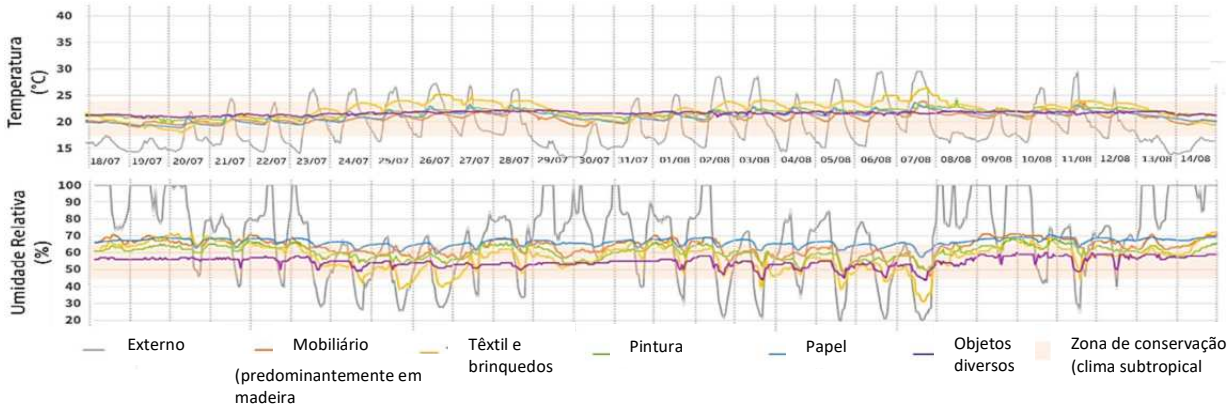
Gráfico 2: Dados dos laboratórios referentes ao verão (dias entre dezembro de 2023 e janeiro de 2024).



Fonte: Autores.

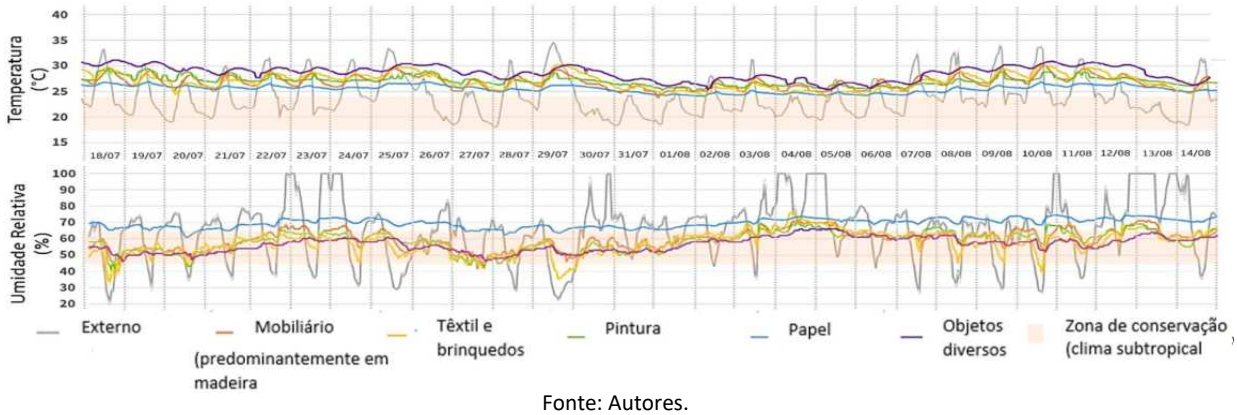
As t_a das reservas técnicas permaneceram estáveis durante o inverno, com amplitudes térmicas diárias inferiores a 3°C. A UR, por outro lado, apresentou flutuações diárias significativas: até 9% na reserva de papel, 11% na de objetos diversos, 14% na de mobiliário, 15% na de pintura e 21% na de têxteis e brinquedos (Gráfico 3). No verão, as temperaturas também se mantiveram estáveis, com amplitudes térmicas diárias de até 4°C. Similarmente ao inverno, a UR apresentou flutuações diárias significativas, atingindo até 5% na reserva de papel, 9% na de objetos, 12% na de pintura, 16% na de mobiliário e 24% na de têxteis e brinquedos (Gráfico 4).

Gráfico 3: Dados das reservas técnicas referentes ao inverno (dias entre julho e agosto de 2023).



Fonte: Autores.

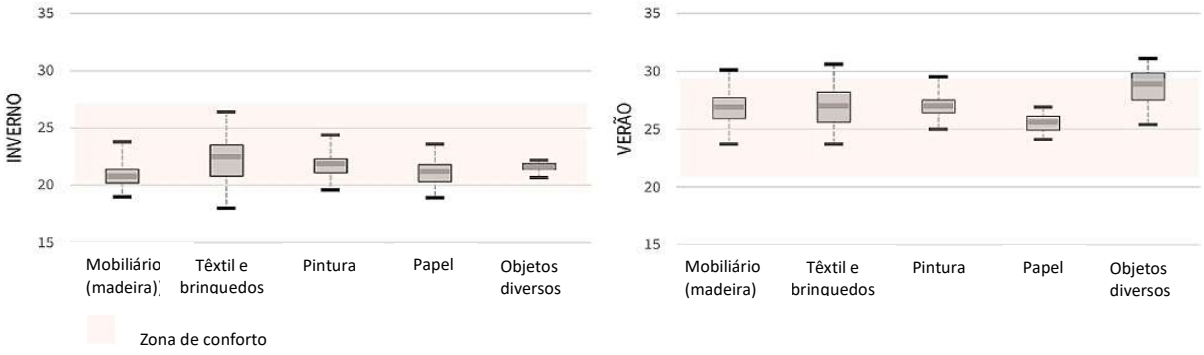
Gráfico 4: Dados das reservas técnicas referentes ao verão (dias entre dezembro de 2023 e janeiro de 2024).



Fonte: Autores.

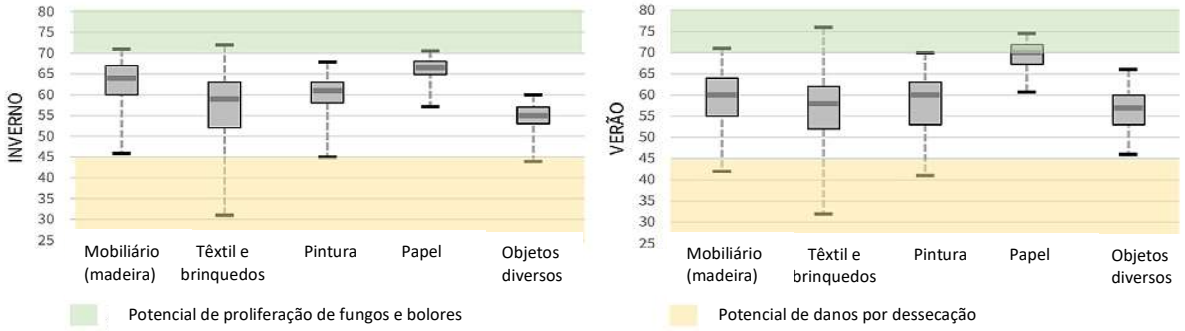
As t_a de inverno e verão apresentaram medianas e quartis 1 (25%) e 3 (75%) compatíveis com o modelo adaptativo de conforto. No inverno, apenas as mínimas ficaram abaixo do limite: 16% na reserva técnica de papel, 14% na de mobiliário, 12% na de têxteis e brinquedos, e menos de 1% na de pintura. No verão, apenas as máximas superaram o limite: 44% na reserva técnica de objetos, 12% na de têxteis e brinquedos, 5% na de mobiliário e menos de 2% na de pintura. Em ambos os períodos, mais de 80% dos valores se mantiveram dentro dos limites do modelo adaptativo, exceto a ultrapassagem do limite superior da t_a na reserva técnica de objetos durante o verão (Gráfico 5).

Gráfico 5: *Boxplot* de t_a das reservas (dias entre julho e agosto de 2023, e dezembro de 2023 e janeiro de 2024)



Fonte: Autores.

Gráfico 6: *Boxplot* de UR das reservas (dias entre julho e agosto de 2023, e dezembro de 2023 e janeiro de 2024)



Fonte: Autores.

As UR em inverno e verão mostram que a mediana e os quartis 1 (25%) e 3 (75%) se situam em uma faixa segura contra danos por dessecação (madeira, papel, couro, cola etc.) e a proliferação de fungos e bolores. A exceção é o quartil 3 da reserva técnica de papel no verão. Observaram-se também valores mínimos inadequados: 7% nas reservas de mobiliário, têxteis e brinquedos no inverno, e menos de 1% na reserva de objetos; no verão, foram 5% na reserva técnica de têxteis e brinquedos, 1% na de pintura e menos de 1% na de mobiliário. Por fim, os valores máximos inadequados atingiram 3% na reserva técnica de mobiliário, 2% na de têxteis e brinquedos e menos de 1% na de papel (Gráfico 6).

A estabilidade térmica observada nos períodos de verão e inverno corrobora os achados de ElAdl *et al*. (2022) quanto à preservação do acervo, prevenindo deformações em tecidos, amolecimento de adesivos, florescimento de vernizes e dessecação dos componentes. As faixas restritas de t_a e UR propostas por Plenderleith e Phillipot (1961) mostraram-se inviáveis para a zona climática Cfa. A temperatura no inverno, entretanto, se mostrou compatível com os valores apresentados por Ogwu *et al*. (2022), assim como os valores de UR em ambas as estações.

A análise dos dados de t_a e UR, apresentados em *Boxplots*, sugere viabilidade para o conforto humano e a preservação dos artefatos. Recomenda-se, contudo, a instalação de desumidificadores na reserva técnica existente de papel e, esporadicamente, nas reservas de têxteis e brinquedos, durante o verão. Para os períodos de baixa UR nas reservas de têxteis e brinquedos (verão e inverno) e de mobiliário e pintura (verão), a utilização de contentores com panos úmidos se faz necessária. A reserva técnica de objetos, no verão, necessita de ventilação intensificada e extração de ar quente.

Considerações finais

Os laboratórios de conservação mostraram-se adequados aos parâmetros de conforto térmico, segundo o modelo adaptativo. As reservas técnicas, porém, não atingiram o desempenho esperado com base em parâmetros internacionais, mesmo os específicos para a zona climática. Apesar disso, as pequenas flutuações de temperatura e a umidade relativa (UR) acima de 80% em mais de 80% das amostras coletadas sugerem a possibilidade de definir parâmetros específicos para o contexto local, com temperaturas previstas entre 20°C e 27°C no inverno e 21,5°C e 29°C no verão, e umidade relativa de 57,5% ± 12,5%. Para definir faixas de temperatura e umidade

específicas para o MP-USP, principalmente nas reservas técnicas, é necessário um estudo contínuo (monitoramento) com dados representativos de um ano inteiro.

Para o futuro Centro de Referência do MP-USP, que incluirá as reservas técnicas, os laboratórios de conservação e outros espaços necessários, recomenda-se um projeto arquitetônico com inércia térmica adequada e sombreamento da envoltória para reduzir ganhos de calor por radiação solar, combinada com ventilação natural cruzada para renovação do ar. Ressalta-se que grande parte dos objetos do MP-USP armazenados em reservas técnicas permanece há mais de 100 anos sem quaisquer climatização artificial.

Referências

Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G. "Köppen's climate classification map for Brazil". **Meteorologische Zeitschrift**. Stuttgardt: Schweizerbart and Borntraeger science publishers, Vol. 22, N. 7, janeiro de 2014, p. 711-728. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507

ASHRAE. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. **Standard 55-2017.** Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: ASHRAE, 2017.

Borin, C. "De carruagens a objetos decorativos, reserva técnica do Museu do Ipiranga abriga mais de 400 mil itens". **Jornal da USP**. São Paulo: USP, outubro de 2024.

Camuffo, D. **Microclimate for cultural heritage:** Measurement, risk assessment, conservation, restoration, and maintenance of indoor and outdoor monuments. Amsterdam: Elsevier, 2019.

Cirrincione, L.; Gennusa, M.; Peri, G.; Rizzo, G.; Scaccianoce, G. "Indoor parameters of museum buildings for guaranteeing artworks preservation and people's comfort: compatibilities, constraints, and suggestions". **Energies.** Palermo: MDPI, Vol. 17, N. 1968, abril de 2024, p. 1-22. DOI: 10.3390/en17081968

Eladl, M.; Fathy, F.; Morsi, N. K.; Nessin, A.; Refat, M. Sabry, H. "Managing microclimate challenges for museum buildings in Egypt". **Ain Shams Engineering Journal.** Cairo: ScienceDirect, Vol. 13, N. 101529, julho de 2021, p. 1-11. DOI: 10.1016/j.asej.2021.06.015

Elkadi, H.; Al-Maiyah, S.; Fielder, K. Kenawy, I.; Martinson, D. B. "The regulations and reality of indoor environmental standards for objects and visitors in museums". **Renewable and**

Sustainable Energy Reviews. Manchester: Elsevier, Vol. 152, N. 111653, setembro de 2021, p. 1-11. DOI: 10.1016/j.rser.2021.111653

Ferdyn-Grygierek, J. Gryguerek, K. "Proposed strategies for improving poor hygrothermal conditions in museum exhibition rooms and their impacto n energy demand". **Energies.** Gliwice: MDPI, Vol. 12, N. 620, fevereiro de 2019, p. 1-16. DOI: 10.3390/en12040620

Gonçalves, J. C.; Mülfarth, R. C. K.; Michalski, R. L. X. N.; Shimomura, A. R. P.; Roméro, M. A.; Furuyama, C. M. S.; Pinho, J. K. C.; Lima, E. G.; Carunchio, C. F.; Segovia, S. T.; Santos, K. D. "As condições ambientais do edifício Vilanova Artigas, sede da FAUUSP em São Paulo: estudos analíticos". **PARC:** Pesquisa em Arquitetura e Construção**.** São Paulo: Campinas, Vol. 13, dezembro de 2022, p. 1-22. DOI: 10.20396/parc.v13i00.8661881

Guo, C.; Lan, L.; Liu, Y.; Meng, N.; Li, C. "Comparison of environmental criteria for conservation and storage of collections: A comprehensive literature review". **Building and Environment**. 2023, 243, 110665. Sanghai: Elsevier, Vol. 243, N. 110665, setembro de 2023, p. 1-18. DOI: 10.1016/j.buildenv.2023.110665

IBRAM. Instituto Brasileiro de Museus. **Formulário de visitação anual:** resultados FVA 2023. Brasília: IBRAM, 2024.

Ilies, D. C.; Marcu, F.; Caciora, T.; Indrie, L.; Ilies, A.; Albu, A.; Costea, M.; Burtã, L.; Baias, S.; Ilies, M.; Sandor, M. Herman, G. V.; Hodor, N. Ilies, G.; Berdenov, Z. Huniadi, A.; Wendt, J. A. "Investigations of Museum Indoor Microclimate and Air Quality. Case Study from Romania". **Atmosphere.** Basel: MDPI, Vol. 12, N. 286, fevereiro de 2021, p. 1-18. DOI: 10.3390/atmos12020286

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 7726.** Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities. Genebra: ISO, 1998.

_____. **ISO 7730.** Ergonomics of the termal environment – Analytical determination and interpretation of termal comfort using calculation of the PMV and PPD índices and local termal comfort criteria. Genebra: ISO, 2005.

_____. **ISO/TR 41013.** Facility management – Scope, key concepts and benefits. Genebra: ISO, 2017.

Kreplak, Y.; Mairesse, F. "The Submerged Part of the Iceberg". **Museum International.** Londres: Taylor & Francis, Vol. 73, N. 1-2, julho de 2021, p. 1-7. DOI: 10.1080/13500775.2021.1956724

Loddo, M. **Storage facilities for the collections of western art museums**: a focus on the italian context. Santarcangelo di Romagna: Maggioli Editore, 2020.

Luo. X.; Gu, Z.; Yu, C. W.; Li, K.; Xiao, B. Preservation of in situ artefacts by local heating in earthen pit in archaeology museum in cold winter. **Building and Environment.** Xian: Elsevier, Vol. 99, 2016, p. 29-43. DOI: 10.1016/j.buildenv.2016.01.015

Lucchi, E. Review of preventive conservation in museum buildings. **Journal of Cultural Heritage.** Milão: Elsevier, Vol. 29, 2018, p. 180-193. DOI: 10.1016/j.culher.2017.09.003

Maekawa, S.; Beltran, V. L.; Henry, M. C. **Environmental Management for Collections:** Alternative preservation strategies for hot and humid climates. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2015.

Ogwu, I.; Long, Z.; Okonkwo, M. M.; Zhang, X.; Lee, D.; Zhang, W. "Design review on indoor environment of museum building in hot-umid tropical climate". **Advances in Computational Design.** Hunan: Techno Press, Vol. 7, N. 4, outubro de 2022, p. 312-343. DOI: 10.12989/acd.2022.7.4.321

Plenderleith, H. J.; Philippot, P. **Climatologie et conservation dans les musées.** Paris: UNESCO, 2061.

Rosário da Silva, M. V.; Walbe Ornstein, S. "Recent museum expansions housed in historic buildings in São Paulo city, Brazil: um estudo comparativo". **Revista de Arquitectura**. Santiago: Universidad de Chile, Vol. 29, N. 46, 91–114. DOI: 10.5354/0719-5427.2024.72470.

Thomson, G. **The museum environment**. 2ª ed. Londres: Butterworth-Heinemann, 1978.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP pela Bolsa de doutorado no país (processo n° 2021/04172-7) e ao CNPq pela Bolsa de produtividade (processo n° 304131/2020-2).