DIAGNÓSTICO CLIMÁTICO COMO BASE PARA *RETROFIT* BIOCLIMÁTICO EM ESCOLA PÚBLICA DO VALE DO RIBEIRA (SP)[1]

BORTOLI, Karen Carrer Ruman de (1); RESENDE, Victor Francisco de Paula (2)

(1) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, karen.bortoli@ifsp.edu.br

(2) Universidade Federal de Uberlândia, victor.resende@ufu.br

RESUMO

Este artigo, parte de um projeto mais amplo voltado ao *retrofit* bioclimático do bloco de salas de aula do Instituto Federal de São Paulo (IFSP) – campus Registro, objetiva apresentar um diagnostico preliminar do clima da cidade de Registro (SP). Adotou-se o método de estudo de caso, utilizando dados meteorológicos de Iguape (SP), município mais próximo com registros disponíveis e pertencente à mesma Zona Bioclimática. Foram produzidos e analisados três diagramas: (1) climograma, com temperaturas médias, mínimas, máximas e precipitação mensal; (2) rosa dos ventos, com frequências mensais e identificação de extremos; e (3) carta bioclimática, indicando estratégias construtivas passivas adequadas à região. O processamento dos dados foi realizado em Python (Pandas), com versionamento de código e arquivos no GitHub, garantindo transparência e rastreabilidade. Os resultados indicam predominância de estratégias de ventilação cruzada, inércia térmica, sombreamento e suas combinações como mais adequadas ao contexto local. Ao orientar intervenções que reduzam o consumo de energia e melhorem o conforto térmico, especialmente em contexto de escola pública, este diagnóstico também contribui para a obtenção de ambientes construídos mais adaptados aos desafios impostos pelo clima e suas mudanças na vulnerável região paulista do Vale do Ribeira.

Palavras-chave: arquitetura escolar; clima; adaptação; bioclimatismo; *retrofit*.

ABSTRACT

This article, part of a broader project on the bioclimatic retrofit of the classroom block at the Federal Institute of São Paulo (IFSP) – Registro campus, presents a preliminary climate diagnosis for Registro, São Paulo. Using a case study approach with meteorological data from Iguape, the nearest municipality in the same Bioclimatic Zone, three diagrams were produced: a climograph, a wind rose, and a bioclimatic chart outlining suitable passive design strategies. Data processing was carried out in Python (Pandas), with code and datasets versioned on GitHub for transparency. Results highlight cross-ventilation, thermal mass, shading, and their combinations as the most appropriate measures, supporting energy efficiency and thermal comfort in public school buildings in the socioeconomically vulnerable Vale do Ribeira region.

***Keywords**: school architecture; climate; adaptation; bioclimatism; retrofit.*

---

1 BORTOLI, Karen Carrer Ruman de; RESENDE, Victor Francisco de Paula. Diagnóstico climático como base para *retrofit* bioclimático em escola pública do Vale do Ribeira (SP). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2025, São Paulo. Anais... São Paulo: FAUUSP, 2025. p. 1-8. DOI 10.46421/sbqp.v9i.7763

1 INTRODUÇÃO

Desde a crise energética da década de 1970, a arquitetura bioclimática tem se destacado ao propor soluções que consideram simultaneamente as necessidades humanas e as condições climáticas locais (Corbella e Corner, 2017). Com o agravamento dos desequilíbrios ambientais, da escassez de combustíveis fósseis e das mudanças climáticas, projeta-se uma crise energética futura que impactará o conforto térmico e os custos operacionais de um vasto estoque edificado. Nas edificações públicas, o cenário não será diferente, especialmente nas instituições educacionais, que exigem ambientes adequados para o aprendizado e o pleno desenvolvimento de seus usuários (IPCC, 2023).

Diante das mudanças climáticas, é fundamental que projetos de *retrofit* em escolas públicas avancem além do conforto térmico imediato e integrem princípios de resiliência. As edificações precisam ser capazes de resistir e se adaptar a futuras condições climáticas, especialmente em regiões vulneráveis, garantindo a continuidade das atividades escolares mesmo em eventos extremos. Condições térmicas inadequadas prejudicam cumulativamente o bem-estar e o desempenho de alunos e servidores (Romero *et al.*, 2023; Elnaklah *et al.*, 2023). Por isso, é essencial que as escolas adotem estratégias bioclimáticas que promovam eficiência energética, economia e conforto duradouros. Dentre essas estratégias, destacam-se a orientação solar adequada e o aproveitamento da ventilação natural, essenciais para o desempenho térmico passivo e a redução do uso de sistemas mecânicos (Buonocore, 2023). Contudo, a aplicação eficaz dessas soluções exige, como etapa prévia, a caracterização detalhada das condições climáticas locais.

Diante dessa demanda, o presente artigo dedica-se à análise climática de Registro (SP), onde está localizado um campus do Instituto Federal de São Paulo, visando subsidiar seu *retrofit* bioclimático. O chamado *retrofit* bioclimático envolve intervenções que priorizam estratégias passivas e de baixo consumo energético (como sombreamento, ventilação natural, inércia térmica e melhorias na envoltória) para adaptar edifícios ao clima local, reduzir sua demanda energética e melhorar o conforto e bem-estar dos ocupantes. Pesquisas recentes confirmam a eficácia dessas medidas em tipologias e contextos variados, incluindo escolas em climas tropicais, destacando a importância de diagnósticos climáticos locais para selecionar intervenções com melhor custo-benefício (Heidari e Olivieri, 2023; Gonçalves e Bode, 2015). Essa abordagem facilita a incorporação precoce de critérios ambientais, favorecendo soluções arquitetônicas mais eficientes, confortáveis e sustentáveis.

2 COMPREENSÃO DO CLIMA LOCAL PARA *RETROFIT* BIOCLIMÁTICO

A orientação solar das edificações é um princípio fundamental da arquitetura bioclimática, influenciando diretamente a captação ou proteção contra a radiação solar. Quando bem planejada, permite maximizar os ganhos térmicos no inverno e minimizá-los no verão, ampliando o conforto interno e reduzindo a necessidade de aquecimento ou resfriamento artificiais (Bekkouche *et al.*, 2013). Associada a isso, a ventilação natural (dependente da orientação do edifício e dos ventos predominantes) promove resfriamento passivo, renovação do ar e diminuição do uso de sistemas mecânicos, impactando positivamente o desempenho ambiental e econômico das construções. Em edificações públicas, a economia de energia é

preponderante, já que possibilita realocar recursos para finalidades pedagógicas e melhorias físicas, evidenciando a importância do tema (Vasconcelos *et al.*, 2024).

Por isso, o desenvolvimento de estratégias para eficiência energética e conforto térmico passivo em edifícios públicos escolares deve ser precedido por um reconhecimento detalhado do clima local (Lopes *et al.*, 2023). Essa etapa é especialmente relevante em *retrofit*, pois orienta a escolha de soluções adequadas ao contexto climático.

A bibliografia na área reforça a importância da descrição precisa das condições climáticas como requisito técnico para projetos de *retrofit* em edifícios institucionais. Como exemplo, Rodrigues (2020) destaca o diagnóstico climático como ponto inicial para intervenções coerentes; Corrêa e Freitas (2021) discutem o papel do clima na seleção de materiais e tecnologias para fachadas; e Amorim *et al.* (2021) relacionam eficiência energética à adaptação às variáveis ambientais locais.

Esses estudos concordam que a caracterização climática local é essencial para a efetividade, sustentabilidade, resiliência e adequação das intervenções em edificações existentes, principalmente aquelas mantidas por recursos públicos (Bortoli *et al.*, 2024).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O artigo apresenta como estudo de caso o clima da cidade de Registro (SP), localizada no sul do estado de São Paulo, caracterizada por um clima quente e úmido (Prefeitura de Registro, 2025). Como a cidade de Registro (SP) não dispõe de um arquivo climático específico no formato EPW (EnergyPlus Weather), foi utilizado, como referência, o arquivo climático da cidade de Iguape (SP), disponível no Climate.OneBuilding.Org[2], pertencente à mesma zona bioclimática segundo a atual classificação brasileira (Zona Bioclimática 3A). Essa aproximação metodológica é considerada válida devido à semelhança nas condições climáticas entre os dois municípios (ABNT, 2024). A partir do EPW de Iguape, foram gerados três diagramas:

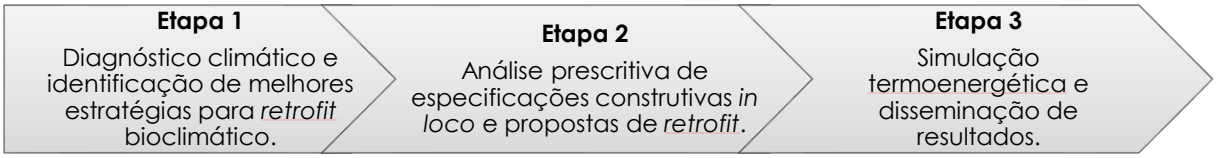
- Climograma: agregação mensal da temperatura de bulbo seco (média, mínima e máxima) e soma da precipitação mensal.
- Rosa dos ventos: conversão dos azimutes horários em oito setores de 45° (N, NE, L, SE, S, SO, O, NO) e cálculo das frequências anuais e mensais, incluindo análise dos 10% de dias mais quentes e mais frios para avaliar extremos de vento.
- Carta bioclimática: elaborada no Analysis BIO (UFSC) segundo Guarda (2019), transformando o EPW em CSV via Excel para relacionar temperatura e umidade do ar e orientar estratégias projetuais.

O processamento dos dados (climograma e rosa dos ventos) foi feito em Python com Pandas, e todo o código e arquivos foram versionados com Git, com backup em repositório GitHub (link: https://bit.ly/4d8c6kJ), garantindo rastreamento de alterações e transparência ao algoritmo.

[2] Arquivo climático disponível em: https://climate.onebuilding.org/WMO_Region_3_South_America/BRA_Brazil/SP_Sao_Paulo/BRA_SP_Iguape.869230_TMYx.2009-2023.zip

O artigo apresenta resultados da etapa inicial de uma pesquisa de iniciação científica que visa a elaboração de um projeto de *retrofit* bioclimático do bloco de aulas do campus de Registro do IFSP, conforme detalhado na Figura 1.

Figura 1 – Etapas de pesquisa propostas.

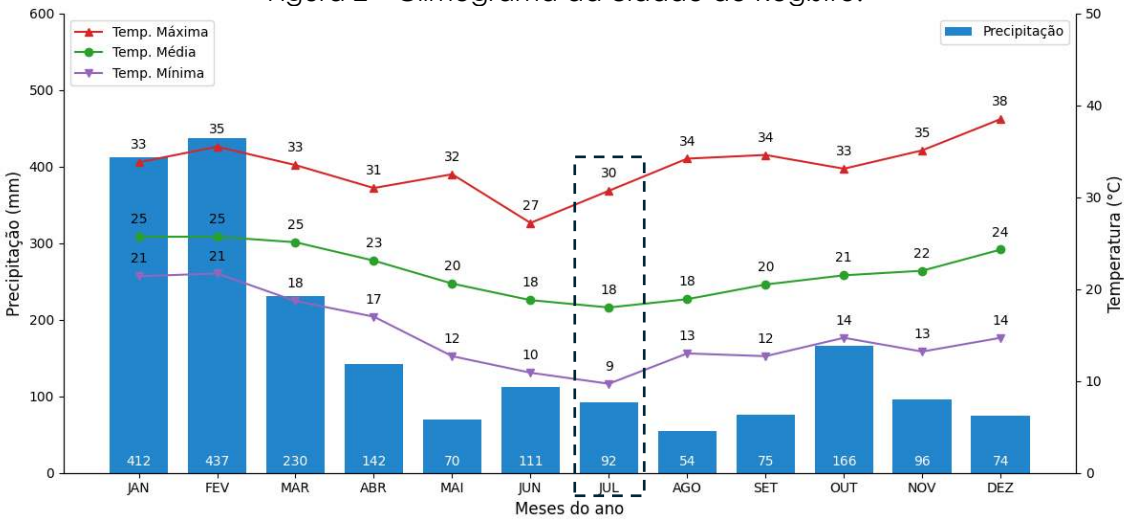


Fonte: autores.

4 RESULTADOS

A Figura 2 apresenta o climograma produzido para a cidade de Registro (SP). Observa-se que as amplitudes térmicas são elevadas especialmente no período compreendido entre o início do inverno e final da primavera (junho a dezembro), o que indica a importância de preparação do ambiente construído para lidar com extremos térmicos em intervalos reduzidos de tempo.

Figura 2 – Climograma da cidade de Registro.

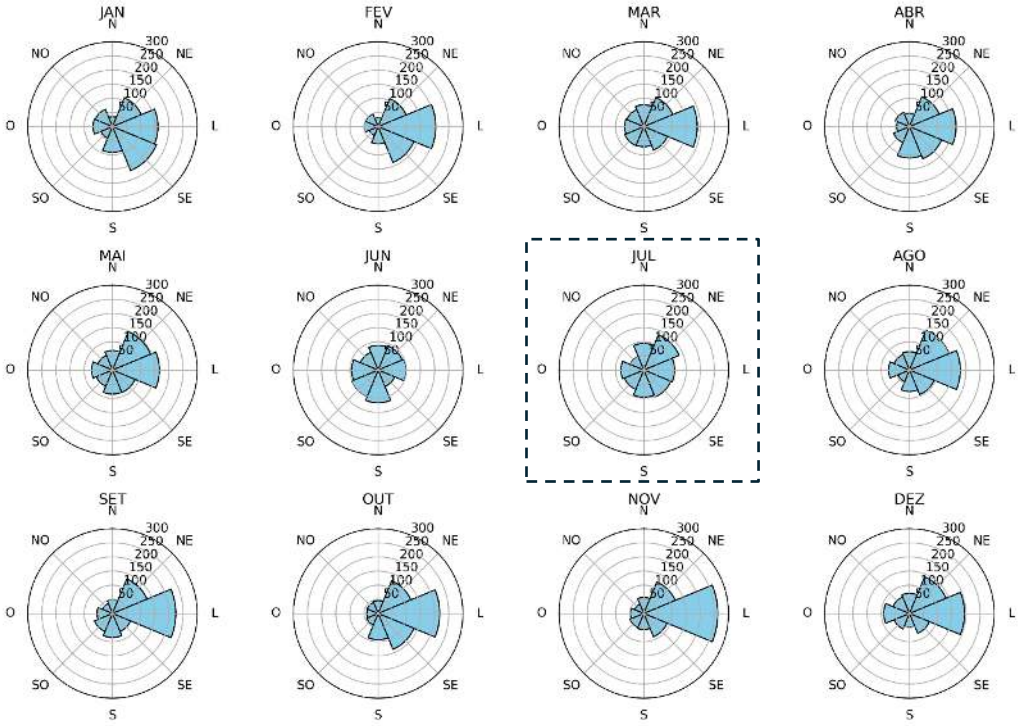


Fonte: autores.

Ao analisar a predominância dos ventos ao longo de todo o ano (Figuras 3 e 4), observa-se que o fluxo mais frequente vem da direção Leste. Esse padrão está diretamente relacionado à influência marítima sobre o clima local, uma vez que Registro se encontra a menos de 20 km do Oceano Atlântico (em linha reta). Entretanto, em julho há uma mudança digna de nota: a direção Nordeste torna-se predominante, coincidindo exatamente com o período de menores temperaturas do ano (conforme destacado no climograma e na rosa dos ventos).

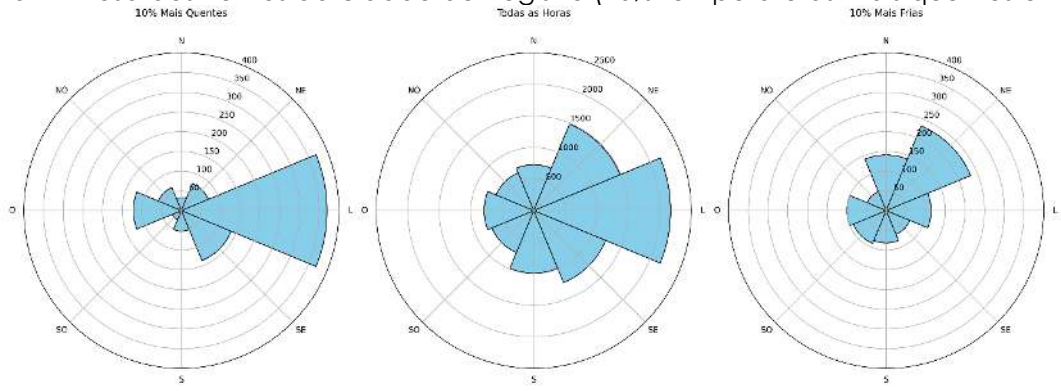
Uma análise das 10% de horas mais frias do ano mostra que os ventos predominantes vêm do quadrante Nordeste, seguidos pelo Norte, enquanto nas 10% de horas mais quentes a direção dominante é Leste (Figura 4). Esse comportamento evidencia a variabilidade climática sazonal e reforça a importância de projetar e posicionar/orientar esquadrias capazes de modular o fluxo de ar conforme a necessidade térmica e/ou higiênica do ambiente.

Figura 3 – Rosa dos ventos da cidade de Registro (mensal).



Fonte: autores.

Figura 4 – Rosa dos ventos da cidade de Registro (10% temperaturas mais quentes e frias).

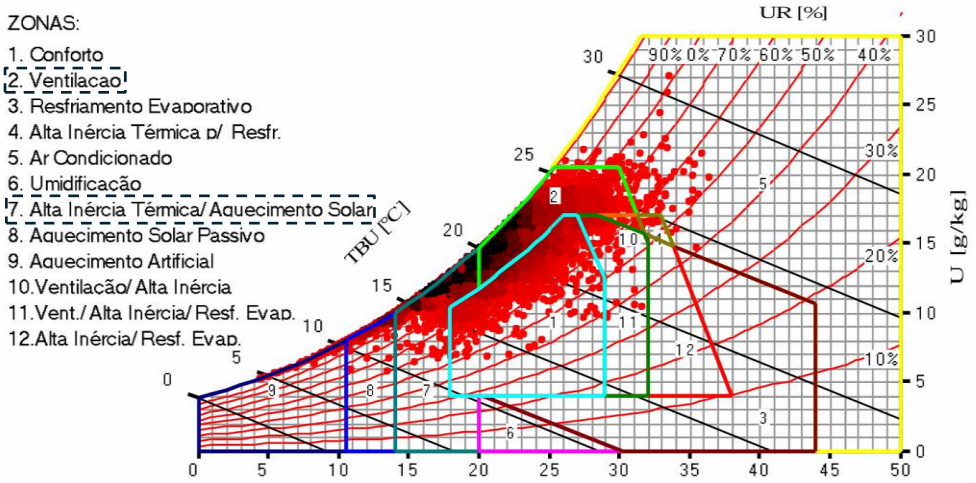


Fonte: autores.

Para os períodos mais frios, quando os ventos de Nordeste e Norte predominam, recomenda-se o uso de esquadrias altas (como bandeiras) com aberturas controladas e dispositivos de vedação reforçada, minimizando perdas de calor sem comprometer a renovação de ar essencial à qualidade interna. Já nos momentos de maior calor, em que os ventos de Leste são mais frequentes, as janelas devem permitir abertura total, promovendo ventilação cruzada eficaz para remoção de calor excedente.

Quando esses sistemas de esquadrias são combinados com sombreamentos adequados (marquises, beirais, *brises* e mesmo vegetação) e com a inércia térmica da envoltória, é possível, de forma passiva, atenuar significativamente o desconforto térmico vivenciado (por calor e frio) em edificações da região, conforme destacado na análise bioclimática da Figura 5 a seguir.

Figura 5 – Diagrama bioclimático da cidade de Registro.



Análise geral	*Calor*	*Frio*
>> Conforto:19.9%	>> Ventilação: 43.4%	>> Alta Inércia Térm./Aq. Solar: 30.8%
>> Desconforto:80.1%	>> Alta Inércia p/ Resfr.: 1.99%	>> Aquecimento Solar Passivo: 3.9%
-Frio: 35.5%	>> Resfr. Evap.: 1.69%	>> Aquecimento Artificial: 0.811%
-Calor: 44.5%	>> Ar-Condicionado: 0.993%	>> Umidificação: 0%

Fonte: autores.

Ao analisar a carta bioclimática, observa-se que a ventilação natural é a estratégia recomendada para quase metade do ano (43,4 % das horas), enquanto o emprego de ar-condicionado é indicado em apenas 1 % das horas anuais. Contudo, se o projeto não for concebido para integrar adequadamente as demais estratégias passivas — sombreamento de verão, inércia térmica e ventilação cruzada — o uso de ar-condicionado tenderá a extrapolar essa faixa mínima, elevando significativamente os custos operacionais da edificação.

Para as horas anuais classificadas como frias, recomenda-se priorizar a inércia térmica e o aquecimento solar passivo (em 30,8% das horas). Paredes espessas, especialmente voltadas ao quadrante Nordeste para enfrentar os ventos de inverno, bem como áticos sob a cobertura, funcionam como massas térmicas que absorvem calor durante o dia e o liberam gradualmente à noite, reduzindo oscilações ambientais internas.

Figura 6 – Estratégias passivas para condicionamento de salas de aula.



Fonte: autores.

Além disso, a criação de "lugares ao sol" (por exemplo, por meio de áreas envidraçadas orientadas ao Norte) maximiza a captação de radiação solar direta, armazenando energia em alvenaria para aquecimento gratuito nos períodos frios. Cabe ao projetista hierarquizar essas soluções conforme o programa de necessidades e condicionantes específicas de cada terreno, definindo o balanço térmico e equilibrando conforto térmico passivo e eficiência energética na edificação. A Figura 6 ilustra algumas dessas estratégias no contexto escolar.

5 CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo elaborar um diagnóstico climático inicial da cidade de Registro (SP) para subsidiar propostas de *retrofit* bioclimático no IFSP, campus Registro. Foram identificadas três estratégias passivas prioritárias: ventilação natural, sombreamento e uso otimizado da inércia térmica. Essas estratégias reduzem a dependência de sistemas mecânicos, economizam recursos e promovem qualidade ambiental e adaptação às mudanças climáticas. No contexto socioeconômico vulnerável do Vale do Ribeira, a disseminação dessas estratégias apoia projetos mais confortáveis, saudáveis e eficientes, alinhados ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11, que visa cidades e comunidades sustentáveis.

Como limitação, destaca-se a ausência de arquivo climático específico (EPW) para Registro, o que levou ao uso de dados de cidade próxima, podendo gerar desvios na caracterização local. Também não foi realizada análise do microclima urbano, que inclui morfologia, vegetação e topografia, fundamental para avaliar a ventilação natural e o sombreamento reais. Recomenda-se em estudos futuros ensaios de campo e simulações termoenergéticas que integrem essas variáveis e validem o arquivo climático adotado.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFSP pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS

AMORIM, C. N. D.; SÁNCHEZ, J. M. M.; CRONEMBERGER, J. **Retrofit e preservação de edifícios não residenciais modernos em Brasília: uma abordagem para eficiência energética e iluminação natural.** 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/351172490. Acesso em: 4 maio 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3: Zoneamento bioclimático por desempenho**. Rio de Janeiro, 2024.

BEKKOUCHE, S. M. A.; BENOUAZ, T.; CHERIER, M. K.; HAMDANI, M.; YAICHE, R. M.; KHANNICHE, R. Influence of building orientation on internal temperature in Saharian climates, building located in Ghardaia Region (Algeria). **Thermal Science**, v. 17, n. 2, p. 349–364, 2013.

BORTOLI, K. C. R.; VILLA, S. B.; SOARES, B. R.; ARAÚJO, L. B. Clima e projeto: impactos sobre o conforto térmico em HIS do PMCMV. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 19, n. 2, p. 127–151, 2024. DOI: https://doi.org/10.11606/gtp.v19i2.215364.

BUONOCORE, C.; ANDRÉ, M.; CASTRO, L.; DE VECCHI, R.; LAMBERTS, R. A cross-country survey on occupants' use of natural ventilation in Brazilian homes. In: **18th Healthy Buildings Europe Conference. Proceedings...** Aachen, Germany, 2023.

CORBELLA, O.; CORNER, V. **Manual de arquitetura bioclimática tropical.** Rio de Janeiro: Revan, 2017.

CORRÊA, P. L.; FREITAS, F. B. **Retrofit de fachadas de edificações: desafios e possibilidades no contexto brasileiro.** In: *EPITAYA. e-Book de Arquitetura e Urbanismo*, 2021. Disponível em: https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/download/173/168/537. Acesso em: 4 maio 2025.

ELNAKLAH, R.; AYYAD, Y.; ALNUSAIRAT, S.; ALWAER, H.; ALSHBOUL, A. A Comparison of Students' Thermal Comfort and Perceived Learning Performance between Two Types of University Halls: Architecture Design Studios and Ordinary Lecture Rooms during the Heating Season. **Sustainability** 2023, 15, 1142. https://doi.org/10.3390/su15021142

GONÇALVES, J. C. S.; BODE, K. (Orgs.). **Edifício ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

GUARDA, E. L. A. **Resiliência de habitação de interesse social unifamiliar em região de savanna frente às mudanças climáticas**. 2019. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental) – UFMT, Cuiabá, 2019.

HEIDARI, A.; OLIVIERI, F. Qualitative and Quantitative Scientometric Analysis of Bioclimatic Retrofitting in Commercial Buildings from 2008 to 2022. **Buildings** 2023, 13, 2177. https://doi.org/10.3390/buildings13092177

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35–115, 2023. DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf. Acesso em: 4 maio 2025.

LOPES, A. F. O.; SILVA, C. F.; AMORIM, C. N. D.; BATISTA, J. O. Avaliação do desempenho térmico de ambiente escolar padronizado em contexto climático brasileiro por meio de simulação termoenergética. **Parc Research in Architecture and Construction**, Campinas, v. 13, n. 1, p. 1–15, jan./abr. 2023. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8670652. Acesso em: 4 maio 2025.

PREFEITURA DE REGISTRO. **Dados geográficos. 2025.** Disponível em: https://registro.sp.gov.br/sobre-registro/dados-geograficos/. Acesso em: 4 maio 2025.

ROMERO, P., MIRANDA, M. T., MONTERO, I., SEPÚLVEDA, F. J., VALERO-AMARO, V., Critical Review of the Literature on Thermal Comfort in Educational Buildings: Study of the Influence of the COVID-19 Pandemic, **Indoor Air,** 2023, 8347598, 36 pages, 2023. https://doi.org/10.1155/2023/8347598

RODRIGUES, A. B. P. **Retrofit em edificação institucional: aplicação de estratégias bioclimáticas a partir da análise do contexto ambiental local**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/23090/1/TCC_ANA%20BEATRIZ%20PINTO%20RODRIGUES.pdf. Acesso em: 4 maio 2025.

VASCONCELOS, D. B. Conforto térmico em escolas públicas: um estudo de caso na escola José Quintella Cavalcanti. In: **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 20., 2024, Maceió. Anais...** Maceió: ANTAC, 2024.