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

Do modelo à obra: o uso de simulação computacional na otimização do desempenho térmico da Casa Osler

Del modelo a la obra: el uso de simulación computacional en la optimización del rendimiento térmico de la Casa Osler

From model to implementation: the use of computational simulation in optimizing the thermal performance of Casa Osler

Desempenho Térmico do Ambiente Construído / *Rendimiento Térmico del Ambiente Construido / Thermal Performance of the Built Environment*

Sousa, Juliana Andrade Borges de
Doutoura, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, juliana.andrade@unb.br

Fontes, Talita Muniz
Arquiteta, ARQBR Arquitetura e Urbanismo, Brasília, Brasil, talitamfontes@gmail.com

USP ufsc IAU USP FAUUSP

Resumo

Este artigo relata o processo de consultoria para intervenção na Casa Osler, em Brasília, projetada por Márcio Kogan, com o objetivo de melhorar o conforto térmico da residência. Foram avaliadas soluções arquitetônicas, com simulação computacional usando Rhinoceros e GrassHopper. Duas soluções apresentaram resultados semelhantes em termos de redução de temperatura interna: (1) substituição dos vidros por vidro insulado com ar seco e (2) instalação de persianas externas, mantendo os vidros originais. Optou-se pelas persianas externas devido à maior viabilidade técnica e considerações estéticas. A intervenção resultou em melhoria significativa no conforto térmico, sendo bem recebida pelo proprietário.

Palavras-chave: Simulação Computacional. Intervenção para Desempenho Térmico. Elementos de sombreamento.

Resumen

Este artículo relata el proceso de consultoría para la intervención en la Casa Osler, en Brasília, diseñada por Márcio Kogan, con el objetivo de mejorar el confort térmico de la residencia. Se evaluaron soluciones arquitectónicas, utilizando simulación computacional con Rhinoceros y GrassHopper. Dos soluciones mostraron resultados similares en términos de reducción de temperatura interna: (1) sustitución de los vidrios por vidrio aislado con aire seco y (2) instalación de persianas externas, manteniendo los vidrios originales. Se optó por las persianas externas debido a su mayor viabilidad técnica y consideraciones estéticas. La intervención resultó en una mejora significativa en el confort térmico, siendo bien recibida por el propietario.

Palabras clave: Simulación Computacional. Intervención para Desempeño Térmico. Elementos de Sombreo.

Abstract

This article reports the consultancy process for the intervention in Casa Osler, in Brasília, designed by Márcio Kogan, with the goal of improving the thermal comfort of the residence. Architectural solutions were evaluated, using computational simulation with Rhinoceros and GrassHopper. Two solutions showed similar results in terms of reducing internal temperature: (1) replacing the glass with insulated glass with dry air and (2) installing external blinds while keeping the original glass. External blinds were chosen due to greater technical feasibility and aesthetic considerations. The intervention resulted in a significant improvement in thermal comfort, which was well received by the owner.

Keywords: Computational Simulation. Intervention for Thermal Performance. Shading Elements.

Introdução

A busca por ambientes internos termicamente agradáveis tem sido intensificada pelo aumento das temperaturas urbanas, em decorrência das mudanças climáticas e do crescente fenômeno das ilhas de calor (ZINZI *et al*., 2020). Esses fatores demandam uma arquitetura mais responsiva e adaptada às condições climáticas específicas de cada localidade. Nesse contexto, percebe-se, cada vez mais, a necessidade de intervenções em edificações existentes visando a melhoria do conforto térmico. No entanto, tais intervenções podem apresentar desafios bastante específicos, sobretudo em edifícios que exigem a preservação de aspectos arquitetônicos originais.

A intensificação das mudanças climáticas nos últimos anos reforça a urgência de se adequar a arquitetura brasileira às novas condições de temperatura que se manifestam de forma crescente nas cidades. Frota e Schiffer (2001) destacam a importância de estratégias arquitetônicas passivas que priorizem o conforto térmico, como o uso de materiais adequados ao clima e dispositivos de sombreamento. Essas soluções, além de contribuírem para o conforto térmico, têm o potencial de reduzir a dependência de sistemas artificiais de climatização, promovendo maior eficiência energética, e, por consequência, maior sustentabilidade ambiental à edificação.

A tentativa de redução do consumo energético de edificações por meio de soluções passivas também ganha especial importância, uma vez que se estima que as mudanças climáticas aumentarão a demanda por energia para climatização nos lares brasileiros de 56% a 112% até 2050, sendo que, com estratégias passivas, pode-se reduzir essa demanda em até 50% (INVIDIATA, GHISI; 2016).

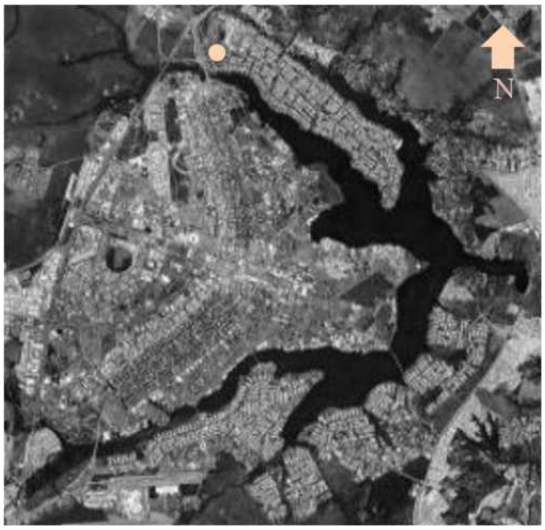
Nesse contexto, a utilização de simulações computacionais tem se consolidado como uma ferramenta indispensável para a análise e o planejamento de intervenções em edificações existentes. Essas ferramentas permitem prever os impactos de diferentes soluções arquitetônicas no conforto térmico e no desempenho ambiental de um edifício antes mesmo de sua execução. Estudos como os de Hong *et al*. (2016) mostram que, com base em dados estatísticos gerados por simulações, os projetistas podem tomar decisões mais seguras, técnicas e embasadas, assegurando a lógica do “prever para depois fazer”. Essa abordagem é particularmente valiosa em intervenções nas quais a experimentação prática seria inviável ou onerosa, proporcionando um alto grau de confiabilidade aos resultados esperados.

Este estudo foi motivado pela necessidade de melhorar o desempenho térmico da Casa Osler, localizada no Lago Norte, em Brasília, projetada pelo arquiteto Márcio Kogan. A residência, conhecida por suas qualidades arquitetônicas, enfrentava desafios relacionados ao conforto térmico, comuns a muitas edificações residenciais. Assim, este artigo registra o processo de consultoria desenvolvido e seus resultados, com foco nos procedimentos utilizados, resultados atingidos e condicionantes que levaram à escolha de determinada solução para intervenção.

Objeto de estudo

A Casa Osler está localizada em Brasília, DF, na Região Administrativa do Lago Norte. A figura 1 ilustra a localização da casa em relação ao Plano Piloto de Brasília e a figura 2 demonstra a implantação da casa no seu entorno imediato.

Figura 1: Localização da Casa Osler em relação à cidade de Brasília



Fonte: Google Maps (2024), adaptado pelos autores.

Figura 2: Implantação da Casa Osler na Quadra 2 do Lago Norte



Fonte: Google Maps (2024), adaptado pelos autores.

O projeto é de autoria do arquiteto Márcio Kogan, iniciado em março de 2003 com obras concluídas em janeiro de 2007. A residência foi construída em um terreno de 797 m² e conta com uma área total construída de 270 m², distribuída em dois pavimentos e subsolo técnico (MK27, 2024).

O pavimento superior da casa se configura como o volume mais marcante da casa, com fachadas envidraçadas predominantemente voltadas para Leste/Oeste, o que acarreta incidência direta de radiação solar nessas superfícies durante a manhã (leste) e durante a tarde (oeste). A figura 3 ilustra a fachada Oeste, enquanto a figura 4 ilustra a fachada Leste.

Figura 3: Imagem da fachada Oeste



Fonte: MK27, 2024.

Figura 4: Imagem da fachada Leste.



Fonte: MK27, 2024.

A residência sofria com o superaquecimento no pavimento superior devido à alta incidência de radiação solar nas fachadas Leste e Oeste. Por esta razão, o proprietário da residência recorreu à consultoria especializada - realizada pelos autores deste artigo - para avaliar diferentes soluções arquitetônicas para mitigar esse problema e proporcionar um ambiente interno mais confortável.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima em Brasília é predominantemente do tipo Tropical de Altitude, com concentração de precipitações no verão, temperatura inferior a 18 °C para o mês mais frio, com média superior a 22 °C no mês mais quente (CODEPLAN, 2020).

A cidade vem apresentando alterações climáticas que têm causado um aumento nas temperaturas médias ao longo de todos os meses do ano nas últimas décadas. Comparando-se os períodos de 1961 a 1990 e 1991 a 2020, percebe-se que o mês de outubro apresentou elevação de temperatura média na ordem de 1,5°C, passando de 21,6°C para 23,1°C de temperatura média (INMET, 2023). Quanto à temperatura máxima registrada no Distrito Federal, o recorde histórico de temperatura foi de 37,8°C, registrado em 9 de outubro de 2020, na Estação de Águas Emendadas (Portal G1, 2024). Esse aumento da temperatura na

cidade reforça a necessidade de adequações das edificações existentes visando a melhoria de desempenho térmico e melhoria dos índices de conforto no interior das edificações.

Metodologia

Para o atendimento aos objetivos propostos, o projeto da casa foi modelado no *software* Rhinoceros (versão 7) e na simulação, foi empregado o *plugin* Ladybug (Tools 1.3.0), que integra o motor de cálculo EnergyPlus, na versão 9.6, específico para análise térmica de edificações. Inicialmente, considerou-se a residência em sua situação original (cenário 0), com um vidro similar ao instalado no local, assim como todas as composições de materiais apresentados em projeto executivo, conforme o Quadro 1.

Quadro 1: Descrição da composição de materiais conforme projeto executivo

Elemento	Composição e espessura
Paredes internas	Argamassa (2cm) + Tijolo Cerâmico (11,5cm) + Argamassa (2cm)
Paredes externas	Argamassa (2cm) + Tijolo Cerâmico (54cm) + Argamassa (2cm)
Piso interno	Concreto (9cm) + Câmara de ar (43cm) + Concreto (11cm) + EPS (12cm) + Contrapiso armado (8cm) + Regularização (5cm) + Piso de madeira (2cm)
Cobertura	Poliuréia (5mm) + Manta asfáltica (4mm) + Contrapiso (4cm) + Concreto (16cm)

Fonte: Autores

Algumas soluções arquitetônicas foram consideradas como possibilidade de intervenção, pré-definidas junto ao proprietário da casa e postas à avaliação por parte do escritório de arquitetura: (1) Substituição dos vidros existentes na fachada Leste e na fachada Oeste por vidro insulado; (2) Substituição dos vidros existentes na fachada Oeste por vidro insulado e inserção de sombreamento (do tipo chapa metálica perfurada) na fachada Leste; (3) Inserção de persianas externas nas fachadas Leste e Oeste, mantendo-se os vidros existentes.

A partir dessas soluções preliminares, foram criados 10 cenários diferentes, mantendo-se todas as especificações do modelo original e alterando-se somente as estratégias em avaliação (diferentes tipos de vidros e estratégias de sombreamento), permitindo a previsão do impacto de cada uma das medidas sobre as temperaturas da sala. A descrição de cada um dos cenários avaliados se encontra no Quadro 2.

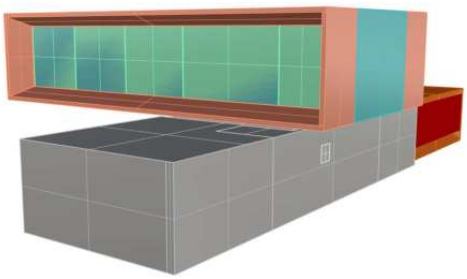
Quadro 2: Cenários simulados e sua respectiva descrição

Cenário	Descrição da Intervenção	Transmissão Luminosa (TL)	Fator Solar (FS)	Transmitância Térmica (W/m²K)
00	Vidros originais (Habitat Neutro Incolor Laminado 4+6)	68%	62%	5,6
01	Substituição por vidro insulado (CoolLite KNT 164 com ar seco)	51,2%	41,05%	3,156
02	Substituição por vidro insulado (CoolLite ST 167 com ar seco)	61,1%	53,56%	3,156
03	Substituição por vidro insulado (CoolLite KNT 164 com gás argônio)	51,2%	40,83%	2,94
04	Substituição por vidro insulado (CoolLite ST 167 com gás argônio)	61,1%	53,54%	2,94
05	Vidros originais + Cobogó metálico leve na fachada Leste	68%	62%	5,6
06	Vidro KNT 164 com ar seco + Cobogó metálico leve na fachada Leste	51,2%	41,05%	3,156
07	Vidro ST 167 com ar seco + Cobogó metálico leve na fachada Leste	61,1%	53,56%	3,156
08	Vidro KNT 164 com gás argônio + Cobogó metálico leve na fachada Leste	51,2%	40,83%	2,94
09	Vidro ST 167 com gás argônio + Cobogó metálico leve na fachada Leste	61,1%	53,54%	2,94
10	Vidros originais + Persianas externas nas fachadas	68%	62%	5,6

Fonte: Autores

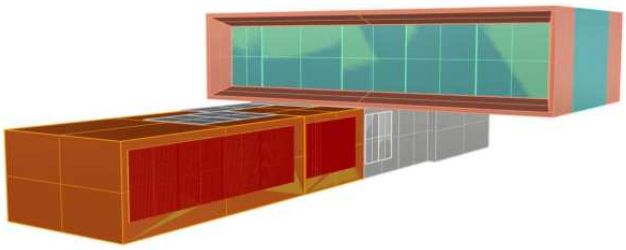
Para a configuração das aberturas, os panos de vidro móveis e fixos foram ajustados de forma a considerar a ventilação natural. Para a operação das janelas, considerou-se a ventilação natural quando temperatura interna do ambiente fosse igual ou superior à 19°C ou quando o ambiente a temperatura interna fosse superior à temperatura externa.

Figura 5: Modelagem da casa - Fachada Leste



Fonte: Autores

Figura 6: Modelagem da casa - Fachada Oeste



Fonte: Autores

Os dados inseridos na simulação foram definidos com base nas características específicas do projeto, considerando a ocupação típica dos ambientes, a iluminação prevista no layout arquitetônico e os principais equipamentos em uso na edificação. Para cada grupo de ambientes (salas, quartos e ambientes de permanência transitória - APTs), foram atribuídas cargas térmicas que representam as condições reais de operação da casa. Esses valores incluíram cargas de ocupação baseadas na quantidade estimada de pessoas, potência instalada de iluminação e equipamentos eletrônicos mais relevantes.

Para a realização das simulações, foi utilizado o motor de cálculo EnergyPlus, integrado ao conjunto de ferramentas LadybugTools, ambas reconhecidas pela precisão e flexibilidade em análises térmicas e energéticas de edificações. A modelagem geométrica foi desenvolvida no *software* Rhinoceros, enquanto o GrassHopper, integrado ao LadybugTools, foi empregado para parametrizar as variáveis e processar os cenários simulados. Os critérios de análise adotados incluíram o descarte do período noturno e a avaliação das temperaturas operativas nos meses de junho e setembro, selecionados por representarem, respectivamente, o período mais frio e o mais quente do ano em Brasília, garantindo a consideração de condições climáticas distintas na cidade.

Resultados e Discussões

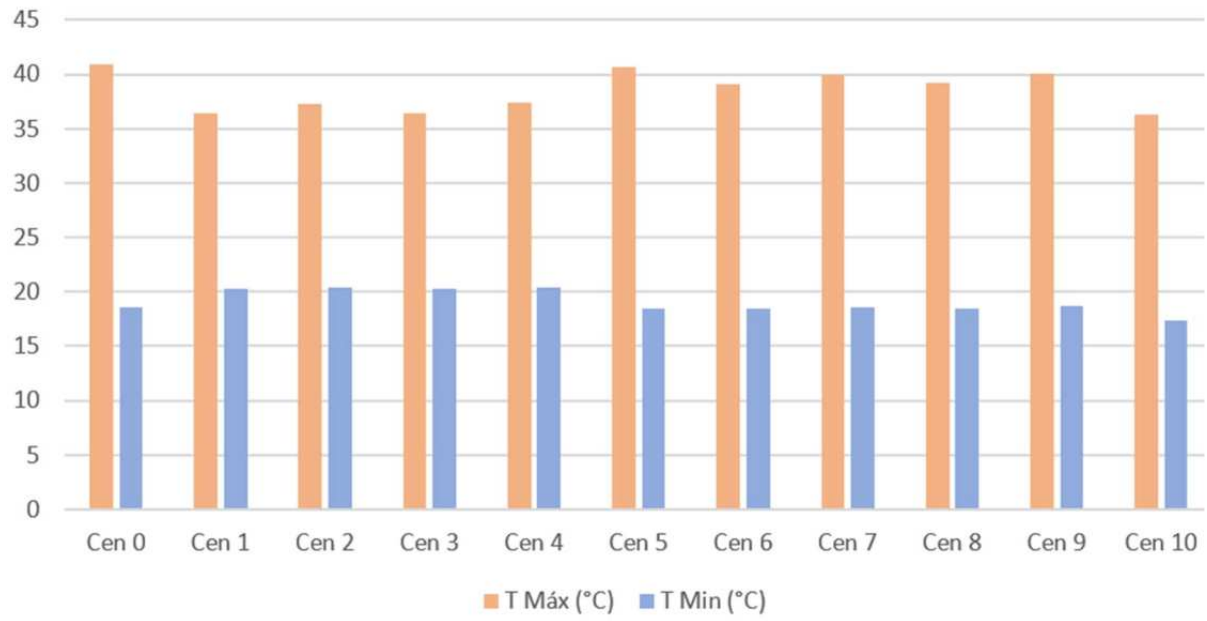
A análise comparativa dos cenários simulados teve como principal indicador a temperatura operativa interna - máxima e mínima - permitindo avaliar o desempenho térmico das diferentes intervenções propostas. O Quadro 3 e o Gráfico 1 apresentam os resultados obtidos para cada cenário.

Quadro 3: Temperatura operativa máxima e mínima para cada cenário simulado

Cenário	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)
00	40,95	18,59
01	36,45	20,25
02	37,31	20,40
03	36,46	20,27
04	37,35	20,45
05	40,72	18,47
06	39,14	18,43
07	40,00	18,62
08	39,17	18,47
09	40,04	18,65
10	36,37	17,32

Fonte: Autores

Gráfico 1: Temperatura operativa máxima e mínima para cada cenário simulado



Fonte: Autores

Os resultados indicam que a substituição dos vidros por opções insuladas e o uso de persianas externas foram as intervenções mais eficazes na redução da temperatura operativa máxima, quando comparadas ao cenário de referência (cenário 00).

O cenário 01, que utilizou vidro insulado com ar seco**,** apresentou a maior redução da temperatura operativa máxima, com uma queda de aproximadamente 4,5°C em relação ao cenário de referência**.** Esse resultado se deve ao fato de que vidros insulados reduzem a transferência de calor por condução, mitigando os efeitos do ganho térmico externo. Além disso, o uso de ar seco entre as camadas mostrou-se mais eficiente do que o gás argônio (cenário 03) para o clima de Brasília. Embora o argônio tenha menor condutividade térmica do que o ar seco (*ASHRAE, 2021*), ele não é tão eficaz para dissipar calor em regiões onde a ventilação e a troca térmica com o ambiente externo são necessárias. Estudos indicam que, em climas quentes, o uso de vidros insulados com ar seco pode ser mais vantajoso, pois reduz o isolamento térmico excessivo, permitindo uma troca moderada de calor e evitando o risco de aprisionamento térmico interno (MUNDT *et al., 2018*).

O cenário 10, com persianas externas, também apresentou um impacto significativo na redução da temperatura operativa máxima (36,37°C) e foi o único a registrar uma temperatura mínima inferior à do cenário de referência (17,32°C). Isso ocorre porque as persianas externas atuam como barreira primária à radiação solar direta, reduzindo o ganho térmico antes que ele atinja o vidro. Diferente de soluções aplicadas na face interna, as persianas externas evitam o efeito estufa no ambiente interno, proporcionando maior controle sobre a temperatura ao longo do dia (FREEWAN, 2014). Entretanto, a redução da temperatura mínima sugere que, em determinados momentos, pode haver perdas térmicas significativas, especialmente à noite ou em períodos de baixa insolação, o que pode gerar desconforto em dias mais frios.

Considerando a similaridade entre os resultados do cenário 01 e do cenário 10, a consultoria se deteve em analisar as questões de viabilidade construtiva para as duas soluções, levando em conta aspectos estéticos e de execução de cada uma delas.

A substituição do vidro original pelo vidro insulado não é uma intervenção simples de ser realizada. Isto porque envolveria a substituição de todas as estruturas de esquadrias para suportarem um vidro que tem uma espessura maior e mais pesada que a do vidro laminado. De acordo com a NBR 16015 (ABNT, 2012), vidros insulados são sistemas formados por duas

(ou mais) placas de vidro paralelas, separadas por um espaçador, com todas as bordas hermeticamente seladas.

Outra questão relacionada a este vidro é a sua restrição de dimensões, limitada por fatores como a capacidade de fabricação, a espessura e composição do vidro, além das restrições logísticas de transporte e instalação. Para as caraterísticas consideradas neste 'estudo, a representante local somente conseguiria fornecer panos, com no máximo, 3 metros de largura, o que acarretaria em uma sequência de elementos verticais causados pelas esquadrias, o que prejudicaria a horizontalidade original das fachadas. Além disso, a vedação lateral para conter o ar/gás no seu interior é marcada por um elemento emborrachado, de cor preta, que impede uma colocação delicada desse vidro na esquadria, exigindo guias verticais com suporte robusto para sua sustentação. As figuras 7 e 8 ilustram a aparência real de um vidro de tipo insulado com a transmitância térmica simulada neste trabalho, protótipo solicitado pela consultoria à uma das fabricantes de vidro.

Figura 7: Amostra de vidro insulado enviado para este estudo



Fonte: Autores

Desta forma, diante da similaridade de resultados entre o cenário 1 e o cenário 10, e considerando-se as dificuldades objetivas relacionadas à instalação de vidros insulados na casa, decidiu-se pela instalação de persianas externas, do tipo retrátil, na cor branca. A fixação na fachada priorizou a necessidade de preservação da horizontalidade da fachada, conforme as figuras 7 e 8, que registram a intervenção já realizada em obra.

Figura 8: Persianas externas instaladas na fachada Oeste **Figura 9: Persianas externas instaladas na fachada Leste**



Fonte: Autores



Fonte: Autores

Diante da intervenção realizada, a percepção do proprietário reforça a efetividade da solução adotada. Segundo seu relato, a redução do calor foi perceptível no dia a dia, permitindo manter o ambiente confortável sem a necessidade constante do uso do ar-condicionado, mesmo em dias quentes.

Conclusão

Os resultados obtidos nas simulações demonstraram que, diante das opções consideradas nas análises, vidros insulados com ar seco e persianas externas foram as estratégias mais eficazes para mitigar o superaquecimento interno da Casa Osler. Embora o vidro insulado com ar seco tenha apresentado maior impacto na redução de temperatura interna, sua implementação enfrentou desafios técnicos e estéticos, como a necessidade de substituição das esquadrias e a interferência na composição visual da fachada. Optou-se, assim, pela instalação de persianas externas retráteis, que apresentaram desempenho térmico semelhante e maior viabilidade de execução. A intervenção se confirmou eficiente, apoiada pela percepção do proprietário, após a reforma realizada. O estudo reforça a importância de que ações visando o desempenho térmico em edificações existentes observem a multiplicidade dos impactos de cada solução na arquitetura, considerando, além dos resultados numéricos das simulações, os aspectos estéticos e de viabilidade construtiva. Como pesquisa futura, recomenda-se uma avaliação pós-ocupação para monitorar os impactos da intervenção no consumo energético e na satisfação do usuário.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16015: Vidro insulado — Características**, requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 52 p.

ASHRAE. **ASHRAE Handbook – Fundamentals**. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2021.

CODEPLAN. **Atlas do Distrito Federal**, 2020. Acesso em 27 de jan. 2025. Disponível em: www.codeplan.df.gov.br

FREEWAN, A. Impact of external shading devices on thermal and daylighting performance of offices in hot climate regions**. Solar Energy**, v. 102, p. 14-30, 2014.

FROTA, A; SHIFFER, S. **Manual de conforto térmico**. 5. ed. — São Paulo: Studio Nobel, 2001.

INVIDIATA, A.; GHISI, E. Impact of climate change on heating and cooling energy demand in houses in Brazil. **Energy and Buildings**, v. 130, p. 20-32, 2016.

GOOGLE. **Google Maps**. Disponível em: https://www.google.com/maps. Acesso em: 16 nov. 2024.

G1. **DF bate novo recorde de calor: 37,5°C; estiagem é a maior da história**. 05 out. 2024. Disponível em: https://g1.globo.com/df/distrito-federal/noticia/2024/10/05/df-bate-novo-recorde-de-calor-375oc-estiagem-e-a-maior-da-historia.ghtml. Acesso em: 27 jan. 2025.

HONG, T.; LANGEVIN, J.; SUN, K. Building simulation: Ten challenges. **Building Simulation**, v. 11, p. 871-898, 2018.

INMET. **Aquecimento global contribui para aumento das temperaturas em Brasília (DF).** 17 jan. 2023. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/noticias/aquecimento-global-contribui-para-aumento-das-temperaturas-em-bras%C3%ADlia-df. Acesso em: 27 jan. 2025.

MK27. **Casa Osler**. Disponível em: https://mk27.com/pb/osler/. (acesso em 24 de setembro de 2024)

MUNDT, E.; THORSSON, S.; HOLMER, B. et al. Influence of insulated glazing units on thermal comfort in warm climates. **Building and Environment**, v. 144, p. 345-357, 2018.

ZINZI, M.; AGNOLI, S.; BURATTINI, C.; MATTONI, B. On the thermal response of buildings under the synergic effect of heat waves and urban heat island. **Solar Energy**, v. 211, p. 1270-1282, 2020.