

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL ANALÍTICA E SISTEMA EFÊMERO DE SOMBREAMENTO PARA REDUZIR ILHAS TÉRMICAS URBANAS

ANALYTIC ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND EPHEMERAL SHADING SYSTEM TO REDUCE URBAN THERMAL ISLANDS

INTELENCIA ARTIFICIAL ANALÍTICA Y SISTEMA DE SOMBRAS EFÍMERAS PARA REDUCIR LAS ISLAS TERMALES URBANAS

CARLOS QUEDAS CAMPOY

Doutor (2023), Mestre (2015) e Bacharel (1999) em Arquitetura e Urbanismo, Universidade São Judas Tadeu (USJT). Especialização Teaching and Learning in Higher Education (2018), University of Tampere, (UTA), Finlândia. Especialização em Gestão Empresarial (2005), Faculdade Carlos Drummond de Andrade. Pesquisador bolsista do Instituto Ânima. Docente permanente no Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo (PGAUR), Universidade São Judas Tadeu (USJT). Investiga e aplica modelos e processos digitais generativos e analíticos associados com Inteligência Artificial, parametrização, BIM, visual scripting e prototipagem rápida. Atua também na Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Design e Design de Interiores na mesma instituição. <https://orcid.org/0000-0002-2692-6237>

GABRIEL JOSÉ DE CARVALHO

Mestrando (2024-) em Arquitetura e Urbanismo, pelo Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo (PGAUR), Universidade São Judas Tadeu (USJT). Bacharel (2023) em Arquitetura e Urbanismo, Universidade São Judas Tadeu (USJT). <https://orcid.org/0009-0006-1045-0947>

RESUMO

Este artigo propõe uma solução ágil e de baixo impacto, no âmbito da administração pública, para reduzir os efeitos negativos de ilhas térmicas em São Paulo. Refere-se à criação de zonas de amortização para o calor por meio de estruturas leves tensionadas, retráteis e modulares, como alternativa efêmera, enquanto não se tem arborização efetivada adequadamente. Em termos metodológicos, trabalha-se com um estudo de caso no bairro de São Miguel Paulista, um dos mais quentes do município, também com a Inteligência Artificial analítica Forma da Autodesk, nuvem de pontos, o software Grasshopper e com o Universal Thermal Climate Index (UTCi). Os resultados apontam para alguma eficiência na proposta, que poderia ser implementada pela administração pública como uma ação contingencial. Há um possível ganho qualitativo para espaços morfológicos.



Palavras-chave: Administração Pública; Ilhas Térmicas; Estruturas Leves Tensionadas.

ABSTRACT

This paper proposes an agile and low-impact solution, within the scope of public administration, to reduce the negative effects of thermal islands in São Paulo. It refers to the creation of buffer zones for heat through light tensioned, retractable and modular structures, as an ephemeral alternative, while tree planting is not adequately implemented. In methodological terms, we work with a case study in the neighborhood of São Miguel Paulista, one of the hottest in the city, also with Autodesk's Forma Analytical Artificial Intelligence, point clouds, Grasshopper software and with Universal Thermal Climate Index (UTCI). The results point to some efficiency in the proposal, which could be implemented by the public administration as a contingency action. There is a possible qualitative gain for morphological spaces.

Keywords: Public Administration; Thermal Islands; Lightweight Tensioned Structures.

RESUMEN

Este artículo propone una solución ágil y de bajo impacto, en el ámbito de la administración pública, para reducir los efectos negativos de las islas térmicas en São Paulo. Se refiere a la creación de zonas de amortiguamiento del calor mediante estructuras ligeras tensadas, retráctiles y modulares, como una alternativa efímera, mientras no haya una adecuada plantación de árboles. En términos metodológicos, trabajamos con un estudio de caso en el barrio de São Miguel Paulista, uno de los más calurosos de la ciudad, también con la Inteligencia Artificial analítica Forma de Autodesk, nubes de puntos, el software Grasshopper y con el Índice Universal de Clima Térmico (UTCI). Los resultados apuntan a cierta eficiencia en la propuesta, que podría ser implementada por la administración pública como acción de contingencia. Existe una posible ganancia cualitativa para los espacios morfológicos.

Palabras-clave: Administración Pública; Islas Termiales; Estructuras Tensadas Ligeras.

1 INTRODUÇÃO

Segundo o portal Infocidade, da Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento (SMUL) do município de São Paulo, a temperatura média anual na referida cidade tem aumentado, desde o início das medições, no ano de 1933. Apesar de uma breve diminuição, entre os anos 2020 e 2021, a Linha de Tendência aponta para temperaturas cada vez mais altas para os próximos anos (Infocidade, 2022).

Nesse contexto, as ilhas térmicas são consequências de certas configurações urbanas ou morfológicas (Quaroni, 1987) e, ao mesmo tempo, por iteração sistêmica



ou por feedback positivo (Bertalanffy, 1969), tendem a contribuir para o aumento das temperaturas em espaços construídos, na escala das cidades.

As ilhas térmicas ocorrem em razão da eliminação da vegetação e das características naturais do solo, para dar lugar à implementação de passeios públicos e leitos carroçáveis impermeabilizados, assim como à construção de edifícios. Como efeitos negativos, tem-se a diminuição da umidade relativa do ar e o fato dos materiais dos artefatos urbanos absorverem o calor do sol e continuarem a liberá-lo durante a noite. Ademais, o adensamento de edifícios em altura pode bloquear o fluxo dos ventos. As edificações são responsáveis pela geração de gases de efeito estufa (pegada de carbono) durante as suas construções (e toda cadeia produtiva envolvida), como também podem emitir calor durante os seus respectivos usos por meio de sistemas artificiais de climatização, por exemplo. (Edwards, 2004; McDonough, 2024; Roldão; Ribeiro; Quadro, 2024)

Uma solução, ainda que parcial, mas praticada e eficiente, também desde o ponto de vista da resiliência urbana (Datola, 2023; Ribeiro; Gonçalvez, 2019), está na tentativa de devolver algumas condições naturais aos sítios por meio do plantio de árvores (Santos et al., 2023; Edwards, 2004; McDonough, 2024). Essa solução contribui com a diminuição da temperatura local (por sombreamento), com o aumento da umidade relativa do ar e com a absorção de gás carbônico atmosférico, entre outros benefícios. A parcialidade na implementação de áreas arborizadas locais está na necessidade de abordar a problemática, aqui apontada, pela perspectiva sistêmica dos espaços livres urbanos (Torres; Almeida, 2020). Contudo, entende-se que ações pontuais são importantes para mitigar certas situações emergentes e podem se tornar nós importantes em futuras configurações em rede sistêmicas.

Todavia, a efetivação do plantio de árvores, especialmente quando necessária uma considerável massa arbórea, neste caso, pode se estender por muito tempo. Nota-se que uma série de estudos, permissões ambientais, preparações do local etc. revelam a complexidade das ações necessárias. Entre os estudos demandados, por exemplo, envolvem-se a averiguação da infraestrutura existente na faixa de serviço do passeio público (em virtude da profundidade e da extensão horizontal das raízes), não prejudicar a acessibilidade universal nas calçadas e nos acessos às edificações e outros espaços. Além disso, pode-se ter que esperar muito tempo para que as árvores atinjam um porte desejável para o sombreamento.



O objetivo geral deste artigo é propor o desenvolvimento de zonas de amortização, para tentar reduzir o impacto negativo das ilhas térmicas na cidade de São Paulo. Pensa-se em uma solução alternativa, efêmera e/ou contingencial, ao plantio de massas arbóreas. Seria interessante se essa solução pudesse ser desmontada, total ou parcialmente, e remontada em outro local, após as árvores atingirem o porte adequado. O impacto do que se propõe deve ser baixo, tanto em termos ambientais de (rápida) construção, quanto na instalação e/ou durante o uso.

Complementarmente, dentro de uma dimensão qualitativa, as zonas de amortização poderiam receber mobiliário urbano, nos sentidos de oferta de algum bem-estar físico, de sensação térmica, assim como de local para encontros, à população. Intensificaram-se as relações humanas ou seriam criadas condições espaciais para que elas emergjam.

Essas contribuições propositivas poderiam ser importantes para a administração pública conseguir mitigar, com alguma agilidade e dinamismo, certos problemas do município e oferecer uma melhoria na qualidade de vida para os cidadãos.

Pensando até na adaptação das cidades a eventos extremos (Castelani, 2024) e retomando a dimensão de resiliência urbana, o objetivo específico envolve o projeto de coberturas leves, tensionadas e modulares.

Essa proposta específica não representa novidade, em si. Por analogia, tendas têm sido construídas e utilizadas desde, aproximadamente, o Período Paleolítico Superior (Bahamón, 2004). As primeiras estruturas leves e tensionadas, como se entende atualmente por membranas, datam do século 19. Um dos maiores expoentes na concepção e na execução desse tipo de estrutura, no século 20, foi o arquiteto e engenheiro estrutural alemão Frei Paul Otto (1925-2015) (Drew, 1976).

Entretanto, há um problema decorrente da solução proposta (coberturas leves, tensionadas e modulares), quando em interação com o vento. Um exemplo, do que se procura colocar em pauta, pode ser apontado na ocorrência de ventos de 108 km/h, na cidade de São Paulo, na tarde de 11/10/2024. Diversos danos às pessoas e aos patrimônios públicos e privados foram registrados pela Defesa Civil, naquela ocasião (Lacerda; Kruse, 2024). Eventos extremos devem ser, cada vez mais, esperados. Assim, previsões na fase de projeto devem ser empreendidas.

Portanto, complementando o objeto proposto, as estruturas também devem ser retráteis por conjuntos de módulos. Em caso de ventos extremos, ou quando for



desejável receber a luz do sol, as coberturas podem ser recolhidas. Pensa-se em controles manuais, simples e leves, como carretilhas. Para as fixações da estrutura modular, pode-se aproveitar as fachadas ou utilizar postes metálicos.

A metodologia utilizada nesta pesquisa envolve um estudo de caso, para validar quantitativa e qualitativamente (Lakatos; Marconi, 2019) a proposta. A escolha do local se dá pelo acesso a dados de matrizes distintas sobre os bairros mais quentes da cidade de São Paulo. Após chegar a uma média, elege-se um bairro específico para elaborar o estudo.

Prosseguindo, a Inteligência Artificial (IA) analítica (Bernstein, 2022; Campo, 2022; Chaillou, 2022; Leach, 2022), Forma, da empresa Autodesk, é utilizada. Como se trata de um programa georreferenciado, pode-se obter um dado (parâmetro) atualizado relativo à ilha térmica, em sua condição original. Também se avalia, quantitativa e comparativamente, a redução da temperatura após a instalação de massa arbórea e das coberturas.

Utiliza-se uma nuvem de pontos, proveniente do Portal Geosampa – ferramenta também georreferenciada, da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (SMDU), do município de São Paulo –, para obter informações dimensionais do contexto morfológico. Assim, pode-se definir as quantidades, como também as dimensões dos módulos e da própria cobertura completa, além dos seus pontos de fixação, sem interferir na linha aérea de transmissão de energia elétrica.

Para desenvolver a geometria das coberturas, emprega-se o Grasshopper (um *plugin* do software de modelagem tridimensional Rhinoceros, da empresa Robert McNeel & Associates). Pelo Grasshopper, trabalha-se com a modelagem indireta, por meio da programação visual (Tramontano; Anelli; Nojimoto, 2011; Oxman, 2017; Davidson; McNeel, 2015). Neste caso, não se trata de projeto generativo, tampouco do processo *form finding* (encontrar a forma) (Grobman; Ron, 2011; Weinstock, 2005). Busca-se a praticidade dinâmica de estudar diferentes formas, modulações, movimentos e economias de meios por uma abordagem compositiva geométrica.

Em termos analíticos qualitativos, ampara-se na metodologia Universal Thermal Climate Index (UTCI) (Bröde *et al.*, 2010). Tem-se, assim, uma maneira de entender se a redução da temperatura na ilha térmica, a partir da implantação proposta, pode ser qualitativamente entendida como aceitável.



2 DESENVOLVIMENTO

2.1 A COBERTURA MODULAR

A princípio, diferentemente de elementos que funcionam em três eixos, como, por exemplo, o sistema de sombreamento das Torres Al Bahar – projeto do grupo Aedas Architects, em Abu Dhabi –, pensa-se em uma estrutura mais simples. Um funcionamento que tende a ser bidimensional demanda menos material, tanto para a estrutura e o seu mecanismo, quanto para o elemento de sombreamento. Utilizam-se módulos triangulares (triângulo retângulo), pela estabilidade geométrica da figura e pela facilidade de composição.

Após alguns estudos, desenvolvidos no Grasshopper, chegou-se ao seguinte módulo para as coberturas leves, tensionadas e retráteis (Figura 01):

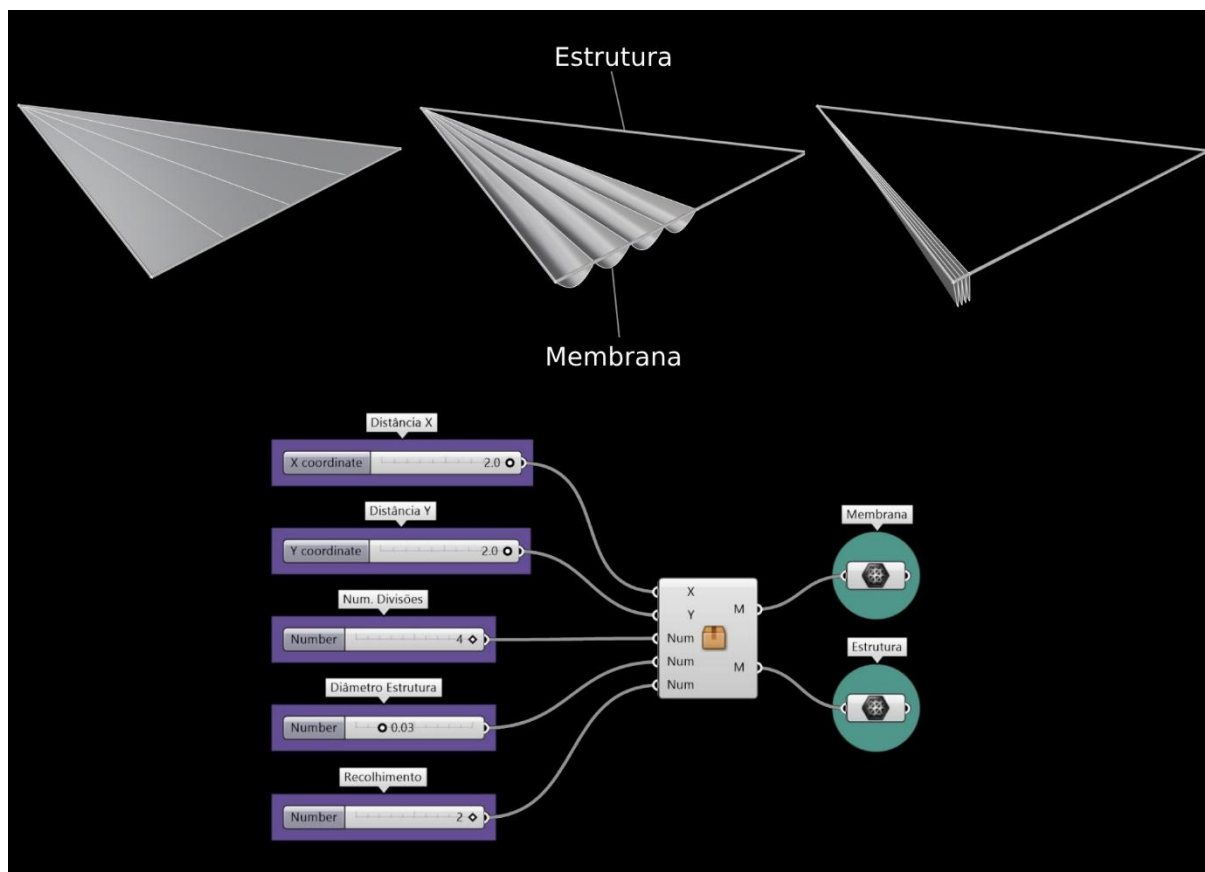


Figura 01. Módulo para as coberturas leves, tensionadas e retráteis. Da esquerda para a direita (superior): o módulo fechado, semiaberto e aberto. Na porção inferior da figura: a programação na interface do Grasshopper. Elaborada pelos autores.

Quanto ao material da membrana, indica-se a tela em polietileno do tipo *shade*. Essa tela pode bloquear até 90% da luz solar, incluído o espectro ultravioleta, sendo ainda antifúngica, atóxica, permeável e de fácil manuseio.

O sistema de recolhimento e de extensão se dá por meio de tubos metálicos cilíndricos com cabos de nylon embutidos. Conforme mencionado na seção anterior, o mecanismo é acionado por carretilha manual.

2.2 O LOCAL E O ESTUDO DE CASO

Após algumas análises de dados provenientes de distintas matrizes, como, por exemplo, o Instituto Nacional de Meteorologia (do Ministério da Agricultura e Pecuária) e o Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas da Prefeitura de São Paulo, elegeu-se o bairro de São Miguel Paulista para estudar. Além de ser um dos bairros mais quentes, também é um dos menos arborizados no município.

Utilizando a IA analítica, Forma (Autodesk), dentro do período de solstício de verão, identificou-se quais são as áreas críticas em termos de sensações térmicas altas próximas ao solo, naquele bairro, entendidas como ilhas térmicas. Por um processo visual, baseado no critério de preferência por espaços públicos, o mapeamento anterior proporcionou a escolha de uma área pertencente ao Mercado Municipal de São Miguel Paulista: o estacionamento e o seu adjacente passeio. Essa área, ainda que não tenha edifícios em altura muito próximos, mas sendo muito impermeabilizada e com pouca (ou quase nenhuma) vegetação, durante o mês de janeiro, chega à temperatura média de 37°C (Figura 02).



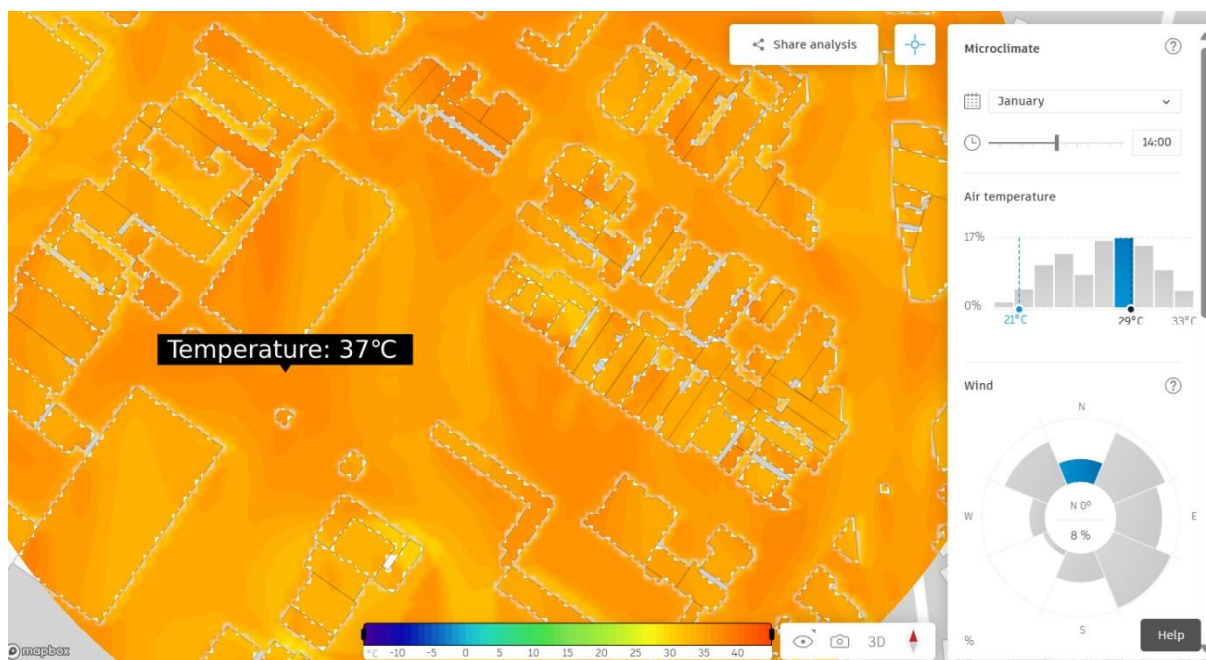


Figura 02. Temperatura média, durante o mês de janeiro, na área do Mercado de São Miguel Paulista. Fonte: Forma, Autodesk, 2024.

Conforme a metodologia qualitativa Universal Thermal Climate Index (UTCI), a sensação térmica nessa faixa de temperatura, de 37°C, induz a um *stress* muito alto. Assim como a IA Forma, a UTCI considera não apenas a temperatura do ar, mas também a radiação, a umidade e o vento, além de um modelo fisiológico para calcular a sensação térmica. Para chegar a uma temperatura neutra, incapaz de incutir *stress*, ou seja, uma sensação térmica que tende a ser agradável, a UTCI indica, como nível máximo 26°C, que se configura como o objetivo quantitativo desejado, nesta pesquisa, embora ambicioso.

Pensando em uma cidade para as pessoas, não para automóveis particulares (Gehl, 2023; Jacobs, 2024), sugere-se que a parte destacada na cor vermelha, na Figura 03, seja convertida, de estacionamento para passeio público. Assim, sem considerável prejuízo para as atividades do Mercado, a área da calçada poderia ser ampliada para a criação de uma zona de amortização, contendo a estrutura tensionada leve e mobiliário urbano.

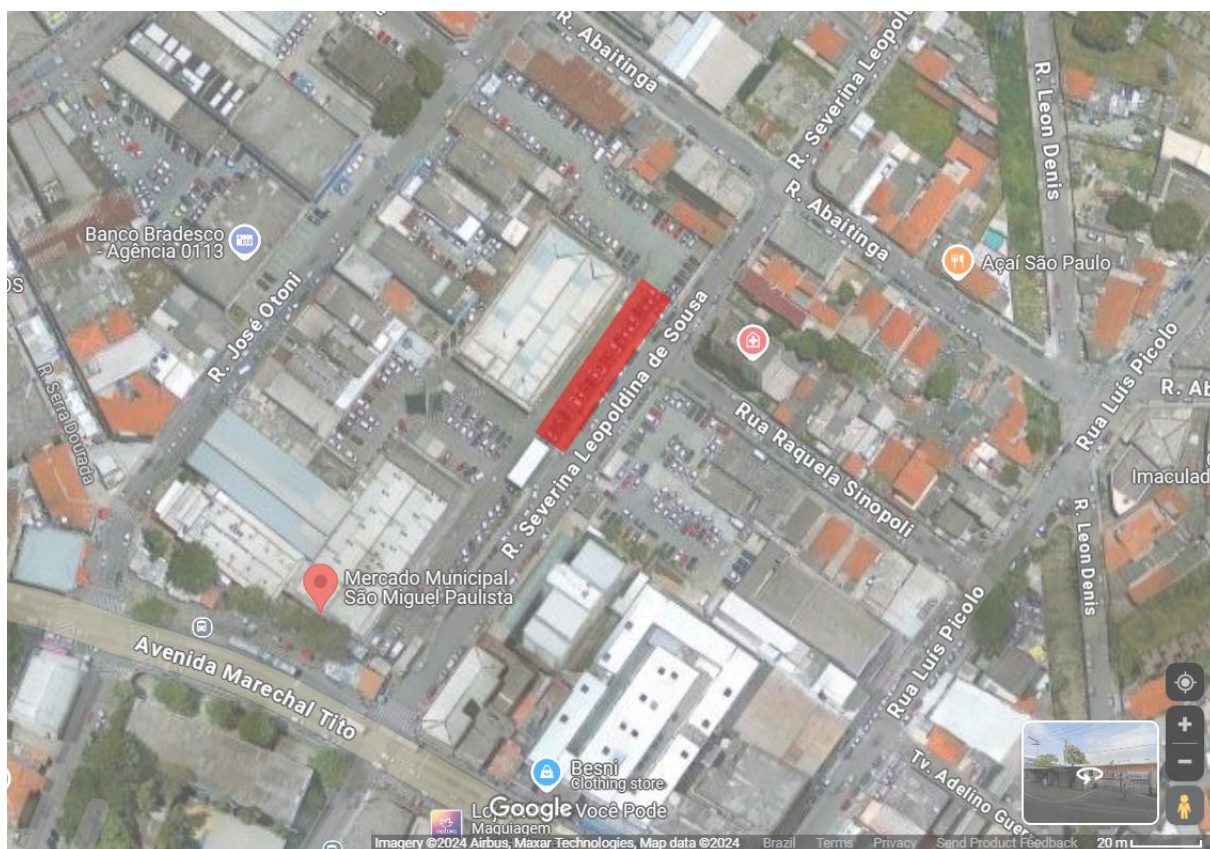


Figura 03. Área pertencente ao Mercado Municipal de São Miguel Paulista convertida em espaço público para a redução da temperatura da ilha térmica e com mobiliário urbano para convivência. Fonte: Google Maps, 2024. Adaptada pelos autores.

Pela nuvem de pontos (Geosampa), definiu-se que cada módulo teria 4x4m. O conjunto é formado por 28 módulos. O sistema de fixação se desenvolveu por meio de 24 postes metálicos, com 3m de altura no ponto mais baixo e com 4m de altura no mais alto (em virtude da declividade do passeio), alocados a cada 4 módulos. A área total da cobertura tem 448 m² (8 x 56m). A Figura 04 apresenta a nuvem de pontos com a cobertura proposta dimensionada, assim como os novos cálculos, realizados dentro da IA Forma, considerando um plantio de massa arbórea e a própria estrutura leve, tensionada e fechada.

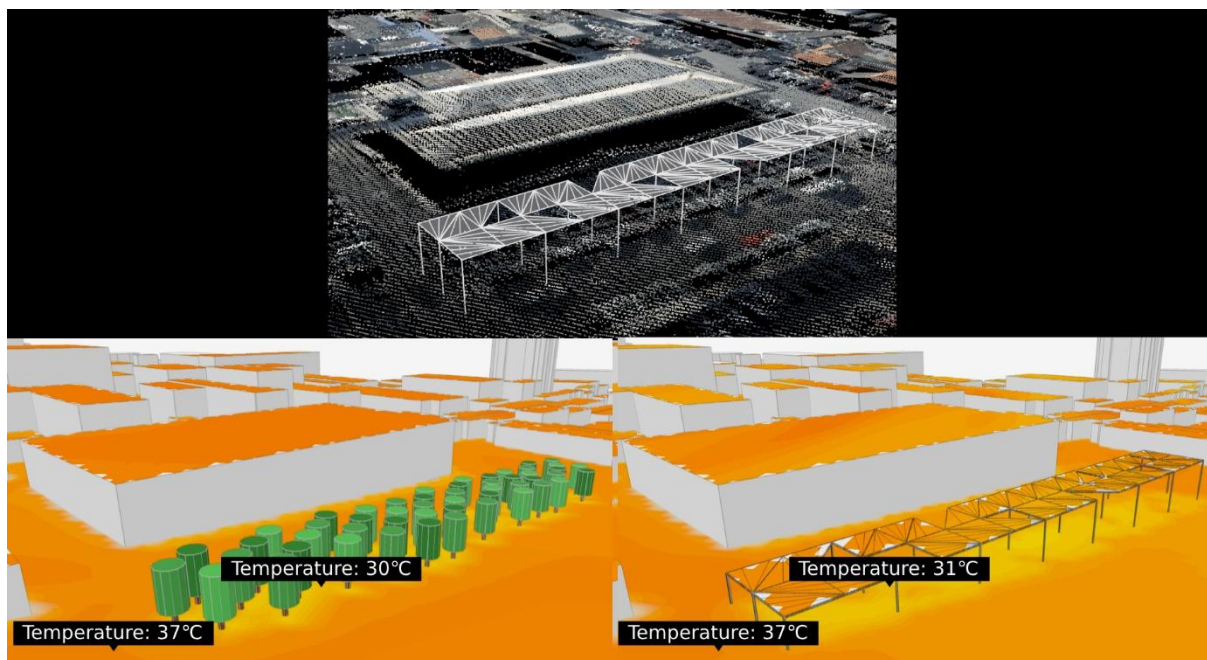


Figura 04. Na porção superior: a nuvem de pontos do local do estudo com a cobertura dimensionada. Na porção inferior (da esquerda para a direita): o cálculo considerando a inserção de massa arbórea e um comparativo com a inserção da cobertura. Elaborada pelos autores.

Dentro dos testes, pequenas perfurações na membrana da cobertura foram realizadas, para simular o efeito de bloqueio de 90% da incidência da luz solar (característica do material: polietileno do tipo *shade*). Todavia, não se identificou qualquer diferença no cálculo efetivado pela IA, quando em comparação com a membrana bloqueando 100% do sol.

Pelo resultado comparativo e quantitativo, identificável na Figura 04, nota-se que a cobertura proposta chega muito próxima à eficiência da massa arbórea, com uma diferença de apenas 1°C. Entretanto, seguindo a metodologia qualitativa Universal Thermal Climate Index (UTCI), em ambos os casos (30 e 31°C), não foi possível chegar à faixa de conforto, que prevê uma sensação térmica máxima de 26°C. Ainda assim, seguindo tal metodologia, foi possível diminuir o *stress* de um nível muito alto, para um nível moderado.

É importante destacar que a IA foi fundamental, não apenas para a elaboração dos cálculos, mas também (por um processo heurístico de conjecturas e refutações, testes e erros) para definir a quantidade dos módulos e os seus dimensionamentos, assim como as alturas das próprias coberturas. Nesse último sentido, notou-se que, dependendo da altura, chega-se a diferentes resultados de temperatura sob a estrutura. Assim sendo, pode-se projetar em conjunto com o computador, que se

mostrou como um sócio ativo para o arquiteto, embora não generativo, mas fornecendo insumos em tempo real para auxiliar nas tomadas de decisões geométricas espaciais.

A seguir (Figura 05), por uma intenção comparativa, mas também de imersão (visualização e imaginação do sentimento do lugar) a ser proporcionada para o leitor, tem-se a situação atual do estacionamento e do passeio adjacente ao Mercado de São Miguel Paulista e uma representação artística do que poderia ser o espaço sugerido, com a inserção de mobiliário urbano e a utilização orgânica pela comunidade local.



Figura 05. À esquerda, a situação atual adjacente ao Mercado de São Miguel Paulista. À direita, uma representação artística do espaço completo, com mobiliário urbano, e as relações humanas se desenvolvendo. Elaborada pelos autores.

Finalizada esta seção, passa-se para algumas reflexões complementares dispostas nas considerações finais.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sinteticamente, embora dentro de um plano teórico e conceitual, simulado digitalmente, entende-se que esta proposta tende a ser relevante para a administração pública conseguir mitigar, ao menos parcialmente, com alguma agilidade e dinamismo, alguns dos problemas urbanos em São Paulo. Pode-se alcançar sensações térmicas locais mais agradáveis, com a redução de cerca de 6°C. Existem alguns ganhos qualitativos, em termos de sensação térmica, mas também nas ocupações dos espaços morfológicos (espaços de encontros e permanências).

Para alcançar um nível neutro de sensação térmica, confirma-se a necessidade de abordar a problemática desde uma perspectiva sistêmica, não pontual conforme a estudada aqui. Assim sendo, não apenas massas arbóreas e/ou coberturas



contingenciais devem ser empreendidas, mas também, e principalmente, abordagens integradas (sistemas de espaços livres urbanos) considerando a substituição de materiais e a transformação da própria configuração geométrica do entorno, quando possível.

Ainda pela perspectiva sistêmica, destacada no parágrafo anterior, pensa-se na integração de sistemas de captação de água pluvial nos espaços propostos. Na cidade de São Paulo, o problema das enchentes tem sido recorrente e a estimativa, diante das mudanças climáticas e dos eventos extremos, indica piora nesse quesito (Castelani, 2024; Datola, 2023).

Como a membrana da cobertura é constituída por um material que permite a passagem de água pluvial, é possível que um tipo de pavimentação permeável seja aplicado, como, por exemplo, a intertravada ou o concreto poroso. Conjuntamente, a Solução Baseada na Natureza (SBN), jardim de chuva, pode ser integrada ao sistema urbano de drenagem, oferecendo um ganho sustentável para as áreas próximas e para o município, quando implementada em quantidade e de forma sistêmica (Edwards, 2004).

Como continuidades e/ou derivações desta pesquisa, sugere-se o estudo da incorporação de painéis fotovoltaicos nas membranas da cobertura, a exemplo do que comercializa a empresa britânica FTL Solar, localizada na cidade Leeds. Disponibilizando duas versões de painéis, a FTL Solar indica que a energia elétrica produzida pode abastecer telefones, computadores, ventiladores, ferramentas elétricas, luzes, sinais, projetores, eletrodomésticos e sinalização retroiluminada, chegando a gerar até 4,5 kWh por dia.

Outra possibilidade está em analisar sistematicamente a inserção de soluções integradas em vários pontos no bairro, procurando entender quais são os efeitos em rede, tanto quantitativos, quanto qualitativos para os bairros paulistanos.

REFERÊNCIAS

BAHAMÓN, A. **Arquitetura efêmera**. Lisboa: Felisa Minguet, 2004.

BERNSTEIN, P. **Machine Learning**: architecture in the age of artificial intelligence. London: RIBA Publishing, 2022.



BERTALANFFY, L. V. **General System Theory**. New York: George Braziller, 1969.

BRÖDE, P.; JENDRITZKY, G.; FIALA, D.; HAVENITH, G. The Universal Thermal Climate Index UTCI in Operational Use. **Proceedings of Conference Adapting to Change: New Thinking on Comfort**, Network for Comfort and Energy Use in Buildings, London, 9-11 abr. 2010. Disponível em: <https://tinyurl.com/2vwbhr5v>. Acesso em: 02 jun. 2024

CAMPO, M. del. **Neural architecture: design and artificial intelligence**. Novato, CA: ORO Editions, 2022.

CASTELANI, C. Adaptação a eventos extremos é prioridade de força-tarefa do G20 para o clima. **Folha de S. Paulo**, ano 104, nº 34.763, 2024.

CHAILLOU, S. **Artificial Intelligence and architecture: from research to practice**. Basel: Birkhauser, 2022.

DATOLA, G. Implementing urban resilience in urban planning: a comprehensive framework for urban resilience evaluation. **Sustainable Cities and Society**, 98, 104821, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104821>. Acesso em: 02 jun. 2024.

DAVIDSON, S.; MCNEEL, R. The Grasshopper Primer Project. **MODELAB**, 2015. Disponível em: <https://tinyurl.com/486y54ut>. Acesso em: 02 jun. 2024.

DREW, P. **Frei Otto: Form Structure**. Stuttgart, Germany: Granada Publishing Limited, 1976.

EDWARDS, B. **Guía básica de la sostenibilidad**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2004.

GEHL, J. **Cidades para pessoas**. São Paulo: Perspectiva, 2023.

GROBMAN, Y. J.; RON, R. Digital Form Finding: generative use of simulation processes by architects in the early stages of the design process. **Educational and research in computer aided architectural design in Europe - eCAADe 29**, Ljubljana - Slovenia, n. 29, 21-24 set. 2011. Disponível em: <https://tinyurl.com/3hsf9d2e>. Acesso em: 02 JUN. 2024.

INFOCIDADE. Temperatura Média Anual do Município de São Paulo 1933-2022. **Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento (SMUL) do município de São Paulo**, 2022. Disponível em: <https://tinyurl.com/vjn42dd3>. Acesso em: 02 jun. 2024.

JACOBS, J. **Morte e vida de grandes cidades**. 3ª. ed. 3ª. tiragem. São Paulo: Martins Fontes, 2024.

LACERDA, L.; KRUSE, T. Enel é muito responsável por apagões em SP para 70% dos paulistanos, segundo Datafolha. **Folha de S. Paulo**, ano 104, nº 34.905, 2024.



LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. D. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 8ª. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

LEACH, N. **Architecture in the age of Artificial Intelligence**: an introduction to AI for architects. New York: Bloomsbury, 2022.

MCDONOUGH, W. William McDonough Delivers Keynote to Aspiring Climate Leaders at the Climatebase Fellowship. **Circular Carbon Economy, Business + Innovation**, Circular Economy, Events, News, 2024. Disponível em: <https://tinyurl.com/n2z6m2ce>. Acesso em: 02 jun. 2024.

OXMAN, R. Thinking difference: theories and models of parametric design thinking. **Design Studies**, v. 52, 2017. Disponível em: <https://tinyurl.com/2d9j2bxc>. Acesso em: 02 jun. 2024.

QUARONI, L. **Proyectar un edificio**: ocho lecciones de arquitectura. Tradução de Angel Sánchez Gijón. Madrid: Xarait Ediciones, 1987.

RIBEIRO, P. J. G.; GONÇALVES, L. A. P. J. Urban resilience: a conceptual framework. **Sustainable Cities and Society**, 50, 101625, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101625>. Acesso em: 02 jun. 2024.

ROLDÃO, H. P.; RIBEIRO, E. A. W.; QUADRO, M. F. L. A importância de um instrumento local no combate às ilhas de calor: diretrizes para reorientar o uso do solo. **Ciudades, Instituto Universitario de Urbanística**, Ediciones, Universidad Valladolid, 27, 2024, p. 247-267. Disponível em: <https://doi.org/10.24197/ciudades.27.2024.247-267>. Acesso em: 02 jun. 2024.

SANTOS, A. A. S.; ROMÃO, P. A.; NASCIMENTO, D. T. F.; OLIVEIRA, I. J. Arborização urbana e a sua relação com as temperaturas e zonas de desconforto térmico no bairro de Campinas-Goiânia (GO). **Geoambiente On-line**, n. 45, 2023. Disponível em: <https://tinyurl.com/64jz8bbc>. Acesso em: 02 jun. 2024.

TORRES, V. S.; ALMEIDA, C. C. O. Espaços (públicos) livres urbanos: a importância dos parques (de lazer) urbanos. **Administração de Empresas em Revista**, v. 4, n. 18, 2020. Disponível em: <https://tinyurl.com/4fktpne9>. Acesso em: 02 jun. 2024.

TRAMONTANO, M.; ANELLI, R. L. S.; NOJIMOTO, C. Design paramétrico: experiência didática. **XV Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital**, Santa Fé - AR, v. 1, p. 456-460, 2011. Disponível em: <https://tinyurl.com/y4apuxtm>. Acesso em: 02 jun. 2024.

WEINSTOCK, M. Acerca de la autoorganización: la búsqueda de la forma producida por la tensión en la arquitectura. In: ESTÉVEZ, A. T., *et al.* **Arquitecturas genéticas II**: medios digitales y formas orgánicas. Barcelona: ESARQ/SITES Books, 2005. p. 92-107.

