

Diego Vieira Ramos
Kelly Cristina Rigoldi
Tais Müller
(Orgs.)

AMBIENTE CONSTRUÍDO

TECNOLOGIA, INOVAÇÃO, MATERIAIS E
MÉTODOS CONTEMPORÂNEOS



científica digital



CIENTÍFICA DIGITAL EDITORIAL LTDA

Barueri - São Paulo - Brasil
www.cientificadigital.org - contato@cientificadigital.org

Diagramação e Arte	Edição © 2025 Científica Digital
Diego Santos	Texto © 2025 Os Autores
Diogo Lima	1ª Edição - 2025
Imagens da Capa	Acesso Livre - Open Access
Adobe Stock - 2025	

© COPYRIGHT - TODOS OS DIREITOS RESERVADOS. A editora detém os direitos autorais sobre a edição e o projeto gráfico, enquanto os autores mantêm os direitos autorais de seus respectivos textos. Esta obra está licenciada sob a Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional, permitindo o download e compartilhamento integral ou parcial, desde que a fonte seja devidamente citada e os créditos atribuídos aos autores. É obrigatório que a obra permaneça em formato de Acesso Livre (Open Access), sem qualquer alteração. A catalogação em plataformas de acesso restrito ou com fins comerciais é estritamente proibida.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A492 Ambiente construído: tecnologia, inovação, materiais e métodos contemporâneos
/ Organização de Matheus Barreto de Góes, Diego Vieira Ramos. – Barueri-SP:
Científica Digital, 2025.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui Bibliografia
ISBN X978-65-6155-043-7
DOI 10.37885/978-65-6155-043-7

1. Construção. I. Góes, Matheus Barreto de (Organizador). II. Ramos, Diego Vieira
(Organizador). III. Título.

CDD 690

Elaborado por Janaína Ramos – CRB-8/9166

Índice para catálogo sistemático:

I. Construção

E-BOOK

ACESSO LIVRE ON LINE - IMPRESSÃO PROIBIDA

2025

Matheus Barreto de Góes
Diego Vieira Ramos
(Orgs.)

**Ambiente Construído: Tecnologia,
Inovação, Materiais e Métodos
Contemporâneos**

1ª EDIÇÃO



científica digital

2025 - BARUERI - SP

CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. André Cutrim Carvalho
Prof. Dr. Antônio Marcos Mota Miranda
Prof^a. Ma. Auristela Correa Castro
Prof. Dr. Carlos Alberto Martins Cordeiro
Prof. Dr. Carlos Alexandre Oelke
Prof^a. Dra. Caroline Nóbrega de Almeida
Prof^a. Dra. Clara Mockdece Neves
Prof^a. Dra. Claudia Maria Rinhel-Silva
Prof^a. Dra. Clecia Simone Gonçalves Rosa Pacheco
Prof. Dr. Cristiano Marins
Prof^a. Dra. Cristina Berger Fadel
Prof. Dr. Daniel Luciano Gevehr
Prof. Dr. Diogo da Silva Cardoso
Prof. Dr. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes
Prof. Dr. Fabricio Gomes Gonçalves
Prof^a. Dra. Fernanda Rezende
Prof. Dr. Flávio Aparecido de Almeida
Prof^a. Dra. Francine Náthalie Ferraresi Queluz
Prof^a. Dra. Geuciane Felipe Guerim Fernandes
Prof. Dr. Humberto Costa

Prof. Dr. Joachin Melo Azevedo Neto
Prof. Dr. Jónata Ferreira de Moura
Prof. Dr. José Aderval Aragão
Prof. Me. Julianno Pizzano Ayoub
Prof. Dr. Leonardo Augusto Couto Finelli
Prof. Dr. Luiz Gonzaga Lapa Junior
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva
Prof^a. Dra. Maria Cristina Zago
Prof^a. Dra. Maria Otília Zangão
Prof. Dr. Mário Henrique Gomes
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes
Prof. Dr. Nelson J. Almeida
Prof. Dr. Pedro Afonso Cortez
Prof. Dr. Reinaldo Pacheco dos Santos
Prof. Dr. Rogério de Melo Grillo
Prof^a. Dra. Rosenery Pimentel Nascimento
Prof. Dr. Rossano Sartori Dal Molin
Prof. Me. Silvio Almeida Junior
Prof^a. Dra. Thays Zigante Furlan Ribeiro
Prof. Dr. Wescley Viana Evangelista
Prof. Dr. Willian Carboni Viana
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Acesse a lista completa dos Membros do Conselho Editorial em www.editoracientifica.com.br/conselho

Parecer e revisão por pares

Os textos que compõem esta obra passaram por avaliação do Conselho Editorial e revisão por pares externos (*Peer Review*), recebendo a devida recomendação para publicação.

Nota: Esta obra é fruto de um processo colaborativo, configurando-se como uma coletânea na qual os direitos autorais permanecem resguardados para os respectivos autores. Alguns capítulos podem ter origem em trabalhos anteriormente apresentados em eventos acadêmicos; no entanto, os autores foram orientados a adotar o devido rigor na prevenção do autoplágio. A responsabilidade pelo conteúdo de cada capítulo, assim como pela originalidade e integridade das informações publicadas, é inteiramente dos respectivos autores e autoras. O conteúdo da obra não reflete, necessariamente, a opinião da editora, dos organizadores ou dos membros do conselho editorial.

APRESENTAÇÃO

Esta obra é fruto de um esforço colaborativo que reuniu professores, estudantes e pesquisadores cujo envolvimento enriqueceu significativamente as discussões neste espaço formativo. Além disso, resulta de iniciativas interinstitucionais e ações voltadas ao incentivo à pesquisa, congregando especialistas de diversas áreas do conhecimento, vinculados a Instituições de Educação Superior, públicas e privadas, em âmbito nacional e internacional.

Seu principal objetivo é fortalecer a integração entre instituições, tanto no Brasil quanto no exterior, por meio de redes de pesquisa comprometidas com a formação continuada de profissionais da educação. Para isso, busca-se a produção e a ampla disseminação do conhecimento em distintas áreas do saber.

Expressamos nossa profunda gratidão aos autores pelo empenho, comprometimento e dedicação na concepção e finalização desta obra. Esperamos que ela se consolide como um recurso didático-pedagógico valioso, atendendo às necessidades de estudantes, docentes de todos os níveis de ensino e demais interessados na temática.

Matheus Barreto de Góes
Diego Vieira Ramos

SUMÁRIO

Capítulo 01

GESTÃO OPERACIONAL DA COLETA E ARMAZENAMENTO DE RESÍDUOS DOMICILIARES: ESTUDO DE CASO EM CONDOMÍNIO DO BAIRRO BEQUIMÃO, SÃO LUÍS/MA

Andressa Nascimento Coelho; João Pedro Teixeira De Nazaré; Jonas Jansen Mendes

doi 10.37885/250819904 8

Capítulo 02

OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS EM PORTUGAL E BRASIL, SOB A ÓTICA DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS, NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Erlon Dias do Nascimento Botelho; Alexandre Luís Belchior dos Santos; Cléber Ribeiro de Carvalho; Flávio Godinho Pereira; Tiago Antônio Barbosa Dias

doi 10.37885/251120538 25

Capítulo 03

A CONTRIBUIÇÃO DA ZEIS DE ÁREAS VAZIAS PARA PROJETOS HABITACIONAIS: O ESTUDO DE CASO DA ZEIS-4 EM CAPELA DO SOCORRO, MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

Yves Danillo Bocutti

doi 10.37885/251120610 41

Capítulo 04

EFICIÊNCIA GEOMÉTRICA DE ELEMENTOS VAZADOS NA ACELERAÇÃO DO FLUXO DE AR PARA VENTILAÇÃO NATURAL

Anny Cardelli; Sasquia Hizuru Obata; Samuel Bertrand Melo Nazareth

doi 10.37885/251220733 55

Capítulo 05

EVALUACIÓN MICROCLIMÁTICA EN UNA PLAZA URBANA RECIENTEMENTE REMODELADA: CASO DE LA PLAZA SAN MARTÍN EN LA CIUDAD DE MENDOZA

Susana Stocco, Erica Correa

 10.37885/251220822 68

SOBRE OS ORGANIZADORES 86

ÍNDICE REMISSIVO 87

GESTÃO OPERACIONAL DA COLETA E ARMAZENAMENTO DE RESÍDUOS DOMICILIARES: ESTUDO DE CASO EM CONDOMÍNIO DO BAIRRO BEQUIMÃO, SÃO LUÍS/MA

Andressa Nascimento Coelho
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

João Pedro Teixeira De Nazaré
Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Jonas Jansen Mendes
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a problemática da gestão de resíduos sólidos no Condomínio Buena Vista, localizado no bairro Bequimão, em São Luís – MA, com ênfase nas dificuldades enfrentadas em função do uso compartilhado de uma caixa estacionária para descarte de resíduos. A estrutura, com capacidade limitada, é utilizada por outros dois condomínios vizinhos, o que resulta em sobrecarga, acúmulo de resíduos e descarte irregular no entorno da caixa, agravando os impactos ambientais e sanitários. Como proposta de solução, o estudo apresenta a implantação de uma área interna de armazenamento temporário dos Resíduos Domésticos Urbanos (RDU) nas dependências do condomínio. O projeto piloto, implementado nos blocos A e B, prevê um espaço de 24 m² equipado com quatro contentores de 1.000 litros, três destinados a resíduos comuns e um para recicláveis. A iniciativa busca otimizar o gerenciamento local dos resíduos, incentivar o descarte correto e promover a conscientização ambiental entre os moradores. Caso os resultados sejam positivos, o modelo poderá ser expandido para os demais blocos e replicado em outras áreas residenciais da região, contribuindo para o fortalecimento de uma política de gestão sustentável dos resíduos sólidos urbanos.

Palavras-chave: Gestão de resíduos sólidos; descarte irregular; armazenamento temporário; caixa estacionária; resíduos domésticos urbanos (RDU).

INTRODUÇÃO

Dado ao comportamento antropocêntrico da nossa cultura, fomentado pelo modelo econômico, de produção e de consumo desenfreado, o meio ambiente fica exposto às ações antrópicas predatórias. Isso aponta para a urgência da criação e aplicação de políticas públicas, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, Lei nº 12.305/2010, que visa um apropriado gerenciamento dos resíduos sólidos e a proteção da saúde pública e ambiental (Nascimento *et al.*, 2019).

Segundo Gomes *et al.* (2014), tal lei possui duas dimensões de abrangência: a gestão dos resíduos industriais, que deve seguir diretrizes e padrões técnicos definidos por câmaras setoriais e a gestão municipal de resíduos sólidos, que exige o desenvolvimento de planos integrados para o gerenciamento destes resíduos, contemplando desde a coleta até o tratamento e disposição final dos resíduos.

Outra medida para mitigar a problemática dos resíduos sólidos é adotar uma Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – GIRS em substituição às invenções técnicas da engenharia, onde a ênfase seguiu-se na implantação de aterros sanitários.

No contexto das cidades brasileiras, a efetivação dessas diretrizes ainda enfrenta desafios na esfera municipal, especialmente em áreas periféricas e de alta vulnerabilidade socioambiental. Nesses locais, as variações nos padrões de geração dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), as condições das vias de acesso e os diferentes tipos de veículos utilizados no fretamento, coleta e transporte configuram obstáculos que dificultam a realização eficaz do gerenciamento integrado dos RSU.

Esse cenário também se reflete no Maranhão, onde ainda são evidentes as dificuldades na gestão dos resíduos sólidos, marcadas pela falta de infraestrutura adequada e pelo baixo investimento em políticas públicas voltadas para o meio ambiente. Muitos municípios não dispõem de sistemas eficientes de coleta e destinação final, o que agrava problemas de saúde pública e degradação ambiental.

Em São Luís, capital do estado, essas questões são potencializadas pelo crescimento urbano desordenado e pela ocupação de áreas sem

planejamento. A coleta irregular e o descarte inadequado persistem, especialmente nos bairros mais afastados do centro da cidade, evidenciando a necessidade de soluções que considerem as características locais e contribuam para a melhoria da qualidade de vida da população.

Em áreas densamente povoadas, como o Conjunto de Condomínios do Bequimão, o descarte inadequado de resíduos sólidos compromete a infraestrutura local e evidencia os impactos do crescimento urbano acelerado, comumente caracterizado pela ausência de planejamento e pela ineficiência das políticas públicas de gestão e destinação final dos resíduos. Essa conjuntura agrava os problemas relacionados ao saneamento básico e contribui para a degradação da qualidade ambiental da região.

Dessa forma, o seguinte estudo visa elaborar um plano logístico para aprimorar a gestão de resíduos sólidos no condomínio Buena Vista, localizado no bairro Bequimão, em São Luís-MA, que enfrenta problemas com descarte irregular e infraestrutura inadequada. A proposta visa apresentar um projeto piloto de dimensionamento de uma área interna para o armazenamento temporário dos resíduos sólidos gerados pelos residentes.

RESÍDUOS SÓLIDOS

A problemática dos resíduos sólidos urbanos tem captado atenção crescente dos gestores públicos, sobretudo aqueles ligados às áreas de Planejamento Urbano e Regional.

Os Resíduos Sólidos Domésticos (RSD), oriundos das residências urbanas, incluem frações orgânicas, que podem ser biodegradáveis, como restos de alimentos; os resíduos secos ou recicláveis, que são compostos por embalagens, papéis, plásticos, metais e os resíduos não reciclados, materiais que mesmo após triagem e tratamento, não podem ser reutilizados ou reciclados, como papel higiênico usado, absorventes, fraldas descartáveis, entre outros (BRASIL, 2010; MMA, 2005).

Apesar do elevado volume de resíduos gerados no Brasil, uma parcela significativa ainda é descartada de maneira inadequada. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelece diretrizes para a gestão sustentável desses materiais, priorizando a não geração, a reutilização e a reciclagem. Além disso,

destaca a importância da responsabilidade compartilhada e da implementação de sistemas de logística reversa.

No âmbito da responsabilidade compartilhada, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes passam a ter obrigações que abrangem, entre outras determinações, o recolhimento dos produtos e dos resíduos remanescentes após o uso, responsabilidade pós-consumo, assim como sua subsequente destinação final ambientalmente adequada. No caso de produtos objeto de sistema de logística reversa, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos (Faria, 2012).

Nesse contexto, a PNRS também estabelece responsabilidades para os entes federativos, determinando que a União e os Estados elaborem planos de gestão de resíduos sólidos. Além disso, evidencia-se uma preocupação com os catadores, visto que estes desempenham um papel crucial na cadeia de reciclagem e na gestão de resíduos sólidos, contribuindo para a redução de resíduos enviados a aterros e promovendo a economia circular (De Araújo Alves *et al*, 2021).

Desta maneira a produção de resíduos em escala crescente exige dos órgãos públicos uma gestão extremamente eficiente, para que o expressivo volume gerado não cause problemas de saúde pública nem sobrecarga na capacidade de suporte dos ecossistemas urbanos (Neto & Moreira, 2010).

A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) reproduz, em seu artigo 3º, inciso XVI, a definição de resíduo sólido (RS) estabelecida pela NBR 10004:2004:

Resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

Com o objetivo de melhorar o controle e reduzir os riscos potenciais associados aos resíduos sólidos urbanos, a Política Nacional de Resíduos Sólidos

(PNRS) foi além de apenas defini-los, classificando-os também de acordo com sua origem e periculosidade, conforme previsto no artigo 13, incisos I e II.

Para enfrentar esses desafios, essa lei engloba 57 artigos cuja essência se mantém desde o projeto de lei protocolado na Câmara dos Deputados que, como destaca Grimberg (2007), possuía escopo bem definido, estabelecendo diretrizes de gestão compartilhada, como a formação de consórcios intermunicipais, instrumentos e responsabilidades para a gestão dos resíduos sólidos.

De modo geral, a Política Nacional de Resíduos Sólidos tem por objetivo definir estratégias que viabilizem a agregação de valor aos resíduos, incrementando a capacidade competitiva do setor produtivo, propiciando a inclusão social, bem como delineando o papel dos Estados e Municípios na gestão de resíduos sólidos (Neto & Moreira, 2010).

DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) se caracterizam como importantes agentes causadores de degradação do ambiente urbano e natural e constituem-se meios para o desenvolvimento e proliferação de vetores tais como ratos, baratas, mosquitos entre outros, que em contato com o resíduo transmitem doenças infecciosas (Filho; Sobreira, 2007).

Áreas ou paisagens degradadas são espaços onde ocorrem processos que provocam danos ambientais, resultando na perda ou redução de propriedades naturais, como a capacidade produtiva dos recursos. Segundo a legislação brasileira, na Lei nº 6.938/1981 e atualizações, a degradação ambiental é definida como a alteração adversa das características do meio ambiente, afetando elementos como atmosfera, águas, solo, subsolo, fauna, flora e demais componentes da biosfera (BRASIL, 1981).

Em países em desenvolvimento, enfrentam-se problemas quanto ao gerenciamento desses resíduos desde a segregação até a disposição final. No Brasil, segundo dados da Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA), em 2022, o cidadão brasileiro gerou uma média de 1,04 kg de RSU por dia. Aplicando esse valor aos dados populacionais do Censo Demográfico 2022, estima-se que aproximadamente 77,1 milhões de toneladas de RSU foram geradas no país em 2022, o que corresponde a 380 kg/habitante/ano. Por outro

lado, o mesmo estudo indica que no país foram coletados cerca de 93% dos RSU gerados, o que significa um déficit de coleta de mais de 5 milhões de toneladas com destinação final inadequada (ABREMA, 2023).

Nas cidades brasileiras, o aumento na geração de resíduos sólidos urbanos (RSU), associado às práticas inadequadas de descarte e ao elevado custo de armazenamento, tem levado ao acúmulo crescente desses resíduos. Esse cenário tem gerado, historicamente, graves problemas ambientais e de saúde pública (Antenor, 2020).

Segundo Godecke, *et al.* (2013), a baixa eficiência da gestão de resíduos urbanos brasileira é conjunção de vários fatores, dentre eles limitações de ordem culturais, falta de preocupação da classe política com questões ambientais e canalização de esforços institucionais para ações emergenciais como a eliminação dos lixões, deixando em segundo plano ações importantes como as de minimização na geração.

Além dos impactos diretos à saúde e ao meio ambiente, a má gestão dos resíduos sólidos contribui significativamente para a injustiça ambiental, atingindo de forma desproporcional populações de baixa renda, geralmente localizadas próximas a áreas de descarte inadequado. Essas comunidades convivem diariamente com a contaminação do solo e da água, proliferação de vetores de doenças e exclusão das políticas públicas de saneamento.

Segundo Pozzetti e Caldas (2019), o acúmulo de resíduos em regiões periféricas reforça desigualdades sociais e compromete o direito coletivo a um ambiente equilibrado e saudável. Além disso, os resíduos orgânicos depositados em lixões e aterros controlados liberam gás metano durante sua decomposição, o que contribui significativamente para o agravamento do efeito estufa e das mudanças climáticas (Júnior & Pereira, 2017).

DETALHAMENTO DO CASO

Área de estudo

A região estudada corresponde ao bairro Bequimão (Figura 1), na cidade de São Luís, capital do estado do Maranhão, localizada na Ilha de Upaon-Açu. O bairro

do Bequimão abrange uma área de 3 km² (GOOGLE, 2025), suas coordenadas geográficas são 2°31'53.76"S e 44°14'53.87"O.

Figura 1 - Representação do Bairro do Bequimão - São Luís, MA, Brasil.



Fonte: Facebook - Bequimão.

Inaugurado em 1979, o bairro Bequimão surgiu como parte do projeto de urbanização planejada promovido pela Cooperativa Habitacional Popular (COHAB) durante a ditadura militar, junto com outros bairros de São Luís.

Diferencia-se de condomínios tradicionais por não contar com muramento, estruturas de segurança ou áreas de lazer. Além disso, carece de infraestrutura adequada para o gerenciamento de resíduos sólidos, como abrigos apropriados para o acondicionamento de resíduos domiciliares.

O conjunto abriga sete condomínios: Condomínio Torre do Sol, Residencial Península do Ipase, Condomínio Buena Vista, Condomínio Costa da Esmeralda, Condomínio Las Brisas, Condomínio Ipem Bequimão e Condomínio Atlântico (GOOGLE, 2025).

Neste trabalho, o foco será direcionado ao condomínio Buena Vista, este que é diretamente impactado pela problemática do descarte inadequado de resíduos sólidos, situado nas proximidades do ponto de descarte irregular da Avenida Leste (PDI Oeste), conforme ilustrado na figura 2.

Figura 2 - Área de foco do estudo e os pontos de descarte irregular



Fonte: Adaptado Google Earth.

Procedimentos metodológicos

Para a realização deste projeto, adotou-se uma abordagem metodológica qualitativa e descritiva, com ênfase na análise situacional e no planejamento logístico aplicado à gestão de resíduos sólidos urbanos. O trabalho foi desenvolvido com base em duas frentes principais: o embasamento teórico e a investigação prática in loco.

No que tange ao embasamento teórico, foram realizadas buscas bibliográficas em bases acadêmicas, especialmente por meio do Google Acadêmico, com delimitação temporal entre os anos de 2010 a 2025. Os critérios de seleção

consideraram a relevância e atualidade das publicações, priorizando autores que abordam a definição de resíduos sólidos, as legislações vigentes, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), bem como os impactos sociais, ambientais e sanitários decorrentes da má gestão e do descarte irregular de resíduos em áreas urbanas.

No âmbito prático, foi conduzido um levantamento de dados primários no Condomínio Buena Vista, situado no bairro Bequimão, em São Luís-MA. A investigação incluiu a observação direta das condições da infraestrutura existente para a gestão de resíduos, com foco no local destinado ao descarte, onde atualmente encontra-se instalada uma caixa estacionária. Foram identificados os pontos críticos relacionados ao descarte inadequado, como acúmulo de resíduos, exposição a vetores e comprometimento da estética e da salubridade do espaço comum.

Para isso, avaliou-se a disponibilidade espacial em dois blocos residenciais do condomínio selecionado como foco da pesquisa, com o intuito de verificar a viabilidade para a implantação de áreas temporárias de armazenamento de resíduos sólidos. A análise considerou critérios técnicos como ventilação adequada, proximidade dos acessos principais, condições estruturais para a instalação, bem como a compatibilidade com a logística de coleta existente.

A proposta técnica resultante dessa avaliação prevê a instalação de contentores fechados, visando minimizar o contato direto dos resíduos com o meio externo e consequentemente, reduzir riscos associados à proliferação de odores desagradáveis, animais sinantrópicos e vetores de doenças, promovendo assim maior salubridade e eficiência na gestão interna dos resíduos.

Os dados obtidos foram analisados de forma interpretativa, com o objetivo de embasar a formulação de um plano logístico que proporcione maior eficiência na gestão dos resíduos sólidos do condomínio, promovendo práticas ambientalmente adequadas e socialmente responsáveis.

DISCUSSÃO

Nas proximidades do Condomínio Buena Vista encontra-se instalada uma caixa estacionária com capacidade volumétrica de 3 m³, dimensionada para comportar aproximadamente 5.000 kg de resíduos sólidos. No entanto,

essa estrutura é compartilhada por outros dois condomínios localizados na mesma área de estudo, o que compromete sua eficiência em função da elevada demanda conjunta.

Como resultado da sobrecarga, a caixa frequentemente atinge sua capacidade máxima antes da coleta programada, levando os moradores a depositarem seus resíduos ao redor do equipamento. Essa prática inadequada favorece a proliferação de animais sinantrópicos, como ratos, baratas e diversos insetos, reconhecidos como vetores de doenças e potenciais ameaças à saúde pública.

Além dos impactos sanitários, essa disposição irregular de resíduos sólidos compromete significativamente a qualidade ambiental local. A presença de resíduos expostos e em decomposição contribui para a contaminação visual do espaço e para a liberação de chorume, líquido resultante da degradação orgânica que ao infiltrar-se no solo, pode afetar negativamente os lençóis freáticos, representando riscos adicionais ao meio ambiente e à saúde coletiva.

Visando a melhoria das condições de vida e salubridade dos moradores, este estudo propõe a implantação de um projeto-piloto utilizando os Blocos A e B do conjunto habitacional como áreas de teste. A iniciativa tem como objetivo a construção de uma estrutura interna específica para a recepção, triagem e armazenamento temporário de Resíduos Domésticos Urbanos (RDU), respeitando critérios técnicos de segurança sanitária.

Figura 03 - Vista dos Bloco A e B do condomínio Buena Vista.



Fonte: Os Autores.

O dimensionamento da área de armazenamento foi realizado com base na NBR 13463:1995, na legislação municipal vigente e nas diretrizes da concessionária de limpeza urbana de São Luís. O projeto foi elaborado com base em dados de campo e estimativas, adotando a média de geração diária de 1,04 kg de resíduos sólidos urbanos (RSU) por habitante, conforme a ABREMA (2022). Foram considerados fatores como a população residente, o volume de resíduos gerados, o tempo de armazenamento, a frequência e o tipo de coleta, conforme demonstrado na Tabela 01.

Tabela 1 - Estimativas para o Bloco A -B.

Blocos	A - B
Quantidade de apartamento por andar	4
Total de apartamentos	64
Estimativa de moradores por apartamento	4
Total de moradores	256
Quantidade de resíduos produzido por dia	1,04 kg
Total de resíduos produzido por dia	266,24 kg
Frequência de Coleta	3x na Semana

Fonte: Os Autores.

Com isso, o volume de resíduos a ser armazenado entre coletas foi calculado da seguinte forma:

$$266,24 \text{ kg/dia} \times 2 \text{ dias} = 532,48 \text{ kg}$$

Além dos parâmetros considerados na projeção, adotou-se uma margem de segurança de 20%, justificada pela identificação de práticas recorrentes de descarte de resíduos volumosos por parte dos residentes do complexo, como madeira, restos de móveis (por exemplo, guarda-roupas) e podas de árvores.

Essa medida visa garantir que a área de armazenamento dimensionada seja capaz de absorver eventuais variações na geração de resíduos e evitar sobrecarga no sistema de coleta.

$$532,48 \text{ kg} \times 1,2 = 638,98 \text{ kg}$$

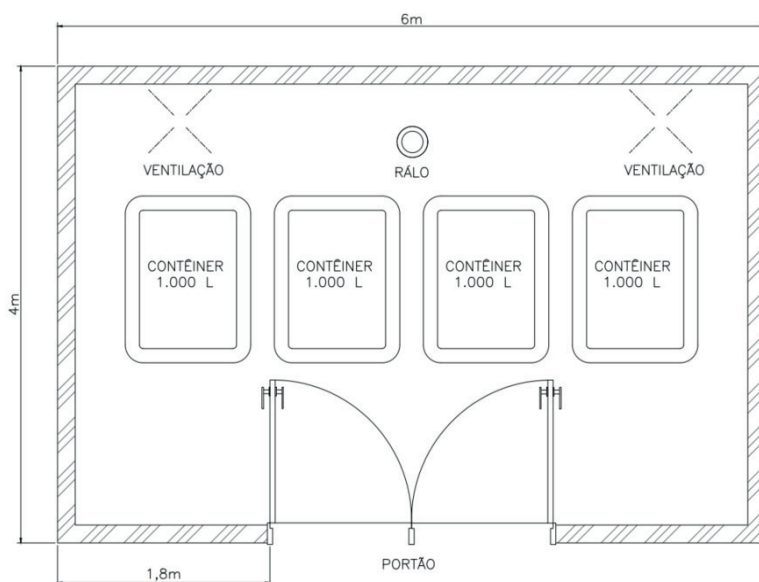
Assim, recomenda-se que o sistema de armazenamento temporário tenha capacidade mínima para 700 kg de resíduos, a fim de atender à demanda com segurança e assegurar a continuidade da operação. Para isso, é indicada a utilização de quatro contentores de 1.000 litros, sendo três destinados ao uso contínuo e um reservado exclusivamente para a separação de resíduos recicláveis.

Como modelo de referência para os contentores, adotou-se o Gruplast G1000VD, com capacidade de 1.000 litros, dimensões de 1.063 mm de largura, 1.275 mm de altura, 1.400 mm de comprimento e peso aproximado de 52 kg (Gruplast, 2025).

Incluindo os elementos construtivos essenciais, como paredes, rampa de acesso, ventilação e cobertura, recomenda-se uma área construída mínima de 24 m², com dimensões sugeridas de 6 m x 4 m, considerada apropriada que visa garantir acessibilidade, segurança e espaço para circulação e manobras, e para atender à demanda de empreendimentos habitacionais de pequeno porte, assegurando condições sanitárias adequadas.

A área de armazenamento visa ser instalada em local de fácil acesso, com portas metálicas de duas folhas (2,40 m de largura por 1,80 m de altura), facilitando o manuseio dos contêineres. O piso será reforçado e o espaço implantado em local afastado das habitações e áreas de lazer, garantindo ventilação natural, acessibilidade e segurança sanitária.

Figura 4 - Planta esquemática do projeto.



Fonte: Os Autores.

A área de armazenamento visa ser instalada em local de fácil acesso, com portas metálicas de duas folhas (2,40 m de largura por 1,80 m de altura), facilitando o manuseio dos contêineres. O piso será reforçado e o espaço implantado em local afastado das habitações e áreas de lazer, garantindo ventilação natural, acessibilidade e segurança sanitária.

O projeto prevê a instalação de um contentor seccionado exclusivo para recicláveis, complementando os contentores já destinados aos resíduos comuns. A iniciativa busca incentivar a coleta seletiva por meio de ações educativas realizadas em assembleias, reforçadas por uma sinalização padronizada que facilite a identificação dos compartimentos e o descarte correto dos materiais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso desenvolvido no Condomínio Buena Vista, situado no bairro Bequimão, em São Luís – MA, evidenciou fragilidades tanto na infraestrutura de armazenamento temporário dos resíduos quanto nos hábitos da população em relação ao descarte adequado. Embora a prefeitura disponibilize uma caixa estacionária com capacidade de 3 m³, sua eficácia é comprometida pelo uso compartilhado com outros empreendimentos vizinhos, resultando em sobrecarga e descarte inadequado ao redor da estrutura. Essa prática contribui para a proliferação de vetores, como roedores e insetos, agravando os impactos ambientais e representando riscos à saúde pública. Diante desse cenário, a implantação de um projeto piloto nos blocos A e B do condomínio, com a criação de uma área interna para o armazenamento temporário dos Resíduos Domésticos Urbanos (RDU), surge como uma alternativa promissora. A iniciativa visa não apenas organizar o fluxo de descarte, mas também fomentar a conscientização dos moradores quanto à separação e ao acondicionamento adequado dos resíduos. Caso os resultados se mostrem positivos, o projeto poderá ser expandido para os demais blocos e, futuramente, adaptado a outras áreas residenciais da região, contribuindo para o fortalecimento de uma política local de gestão sustentável de resíduos sólidos.

REFERÊNCIAS

ABREMA – Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. 2023. Disponível em :<https://www.abrema.org.br/wp-content/uploads/dlm_uploads/2024/03/Panorama_2023_P1.pdf>.

AZEVEDO, Lara Adara Araújo; ROCHA, Beatriz Feitoza. Importância do Planejamento do Roteiro de coleta Domiciliar.

BRASIL. Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional.

BRASIL. Lei n.º 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União: Brasília, 03 de ago. de 2010.

Decreto nº 56.632, de 09 de dezembro de 2020. Dispõe sobre o Centro Ambiental Ribeira e dá outras providências. DOEMA - Diário Oficial do Maranhão. Disponível em: <https://diariooficial.saoluis.ma.gov.br/uploads/diario_oficial/1447/XviPZP5nSFT_4klNuqiWnMvSi6g06c6P.pdf>.

DE ARAÚJO ALVES, Felipe Freitas; DE SOUZA LEHFELD, Lucas; CONTIN, Alexandre Celio. Políticas públicas e gestão de resíduos sólidos: educação ambiental a partir de estudo de caso em Poços de Caldas/MG. **Interfaces da Educação**, v. 12, n. 35, p. 659-685, 2021.

FARIA, Carmen Rachel Scavazzini Marcondes. A política nacional de resíduos sólidos. 2012.

FILHO, José Francisco do Prado; SOBREIRA, Frederico Garcia. Desempenho operacional e ambiental de unidades de reciclagem e disposição final de resíduos sólidos domésticos financiadas pelo ICMS Ecológico de Minas Gerais. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 12, p. 52-61, 2007.

GOMES, Marcos Antônio Silvestre; SOARES, Beatriz Ribeiro. Reflexões sobre qualidade ambiental urbana. *Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia*, v. 2, n. 2, p. 21-30, 2004.

GOMES, Maria Helena Scalabrín Cardoso, *et al.* POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS: perspectivas de cumprimento da Lei 12.305/2010 nos municípios brasileiros, municípios paulistas e municípios da região do ABC. *Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria*, v. 7, p. 93-109, 2014.

GOOGLE. Google Maps. Bequimão. 2025. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/place/Bequim%C3%A3o,+S%C3%A3o+Lu%C3%ADs+-+MA/@-2.5270289,-44.2548016,2761m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x7f68e238dc235bd:0xf3b80c1306c851b6!8m2!3d-2.524932!4d-44.2550086!16s%2Fg%2F1ymy395yy?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDEyNi4wIXMDS0AsAFQAw%3D%3D>. Acesso em: 20 jun. 2025.

GRIMBERG, Elisabeth. Política Nacional de Resíduos Sólidos: o desafio continua. Instituto Polis, 2007.

Gruplast. Contentor Plástico 1000 Litros Verde. Disponível em: <https://www.gruplast.com.br/contentor-plastico-1000-litros-verde/prod-10309662/#:~:text=Largura%201063mm%2C%20altura%201275mm%2C%20comprimento%201400mm%20e%20peso%2052Kg>. Acesso em: 13 jul. 2025.

JÚNIOR, Antônio Pereira; PEREIRA, Emmanuelle Rodrigues. Degradação ambiental e a diversidade biológica/biodiversidade: uma revisão integrativa. *Enciclopédia Biosfera*, v. 14, n. 26, p. 922-937, 2017.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. (2005). Consumo sustentável: manual de educação. Brasília, ConsumersInternational / MMA / MEC / IDEC.

MOTA, Isabel Costa; SOUZA, Eloah Bemadeth Oliveira. História e Cultura do Bairro Bequimão. 2019. 3 f. Graduação em Artes Visuais – Universidade Federal do Maranhão, 2019. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/589674289/Bequimao#:~:text=S%C3%A3o%20Lu%C3%ADs%2C%20Maranh%C3%A3o,-O%20bairro%20foi%20inaugurado%20em%201979%20como%20parte%20de%20um,foram%20inaugurados%20na%20mesma%20%C3%A9poca>>. Acesso em: 20 dez. 2025.

NASCIMENTO, Deyved Leonam Guimarães do; PEREIRA, José Almir Rodrigues; ALMEIDA, Aline Christian Pimentel. Análise da Gestão da Coleta e Transporte dos RSU do Município de Castanhal-PA. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 10, p. e4239108090-e4239108090, 2020.

NASCIMENTO, Márcia Cristina Pinheiro; MARCHI, Cristina Maria Dacach Fernandez; PIMENTEL, Patrícia Carla Barbosa. Proposição de metodologia em educação ambiental para minimizar impactos de resíduos sólidos em ecossistema de manguezal. *PerCursos*, v. 19, n. 41, p. 158-178, 2019.

NBR 13463: Armazenamento e manejo de resíduos sólidos urbanos — Diretrizes para o dimensionamento de áreas de armazenamento temporário. Rio de Janeiro, set. 1995.

NETO, Alexandre Shigunov; CAMPOS, Lucila Maria de Souza; SHIGUNOV, Tatiana. *Fundamentos da Gestão Ambiental*, 2009 1ª Ed. 295 p. Editora Ciência Moderna Ltda.

NETO, Paulo Nascimento; MOREIRA, Tomás Antonio. Política nacional de resíduos sólidos-reflexões a cerca do novo marco regulatório nacional. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 15, p. 10-19, 2010.

POZZETTI, Valmir César; CALDAS, Jeferson Nepumuceno. O descarte de resíduos sólidos no âmbito da sustentabilidade. *Revista de Direito Econômico e Socioambiental*, v. 10, n. 1, p. 183-205, 2019. providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Poder Executivo*.

RIBEIRO, Rodrigo Luiz Metne. Dimensionamento de um coletor compactador de resíduos sólidos urbanos sobre chassi. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2017.

ROCHA, Gilmar. *Deposição Irregular de Lixo no Bairro Gurigica em Vitória-ES*. 2014.

SANTOS, Aline Santana dos, *et al.* Avaliação da sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos urbanos: estudo de caso envolvendo segmentos sociais do município de Feira de Santana, Bahia. 2015.

SOUZA, Maria Tereza Saraiva de; RIBEIRO, Henrique César Melo. Sustentabilidade ambiental: uma meta-análise da produção brasileira em periódicos de administração. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 17, p. 368-396, 2013.

SULIP, Superintendência de Limpeza Pública. Coleta domiciliar. São Luís: Prefeitura Municipal de São Luís, 15 jul. 2025. Disponível em: <https://www.saoluís.ma.gov.br/coleta-domiciliar---sulip/>. Acesso em: 07 jul. 2025.

OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS EM PORTUGAL E BRASIL, SOB A ÓTICA DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS, NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Erlon Dias do Nascimento Botelho

Universidade Federal Fluminense (UFF)

Alexandre Luís Belchior dos Santos

Universidade Federal Fluminense (UFF)

Cléber Ribeiro de Carvalho

Universidade Federal Fluminense (UFF)

Flávio Godinho Pereira

Universidade Federal Fluminense (UFF)

Tiago Antônio Barbosa Dias

Universidade Federal Fluminense (UFF)

RESUMO

Os incêndios florestais configuram-se como um dos mais relevantes desastres ambientais da atualidade, intensificados pelas mudanças climáticas e pela ação humana. Este artigo apresenta uma análise comparativa das estratégias de mitigação adotadas por Portugal e pelo Brasil, com ênfase no estado de Minas Gerais. A pesquisa baseou-se em revisão bibliográfica e estudo de caso, considerando aspectos climáticos, socioeconômicos, legislativos e operacionais. Em Portugal, destacam-se a forte atuação legislativa, investimentos em prevenção e programas educacionais. No Brasil, os incêndios têm origem predominantemente antrópica, agravados por práticas agropecuárias e fragilidade institucional, sendo o Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG) um exemplo de resposta articulada e estratégica no combate aos focos. Os dados evidenciam a necessidade de políticas públicas integradas, com foco em prevenção, monitoramento e educação ambiental. A redução significativa da área queimada em Minas Gerais em 2024 ilustra os avanços obtidos por meio da atuação coordenada do CBMMG, enquanto Portugal prioriza o fortalecimento institucional e legislativo. Ambos os países revelam aprendizados valiosos para a gestão de riscos ambientais em contextos distintos.

Palavras-chave: Incêndios florestais; Portugal; Brasil; gestão de risco; mudanças climáticas.

INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais representam um dos mais críticos desastres ambientais, afetando ecossistemas, vidas humanas e a economia (Pereira *et al.*, 2021). A intensificação das mudanças climáticas e a ação humana têm agravado a frequência e a intensidade desses eventos tanto na Europa quanto na América do Sul, tomando como base os países Portugal e Brasil, apesar de separados por contextos geográficos distintos, estes enfrentam desafios comuns relacionados à gestão de incêndios florestais.

Segundo Silva *et al.* (2020), incêndios florestais são definidos como a propagação descontrolada do fogo em áreas vegetadas, podendo ser classificados quanto à origem (natural ou antrópica), quanto ao tipo (subterrâneo, de superfície ou de copa) e quanto à severidade. O chamado triângulo do fogo – combustível, calor e oxigênio – é entendido como um conceito-chave para compreender sua ocorrência (Pyne, 2019).

A vegetação seca, altas temperaturas, baixa umidade relativa e ventos fortes são fatores que contribuem diretamente para o surgimento e disseminação desses incêndios. Contudo, o componente antrópico tem papel fundamental, principalmente quando associado ao manejo inadequado do solo, queimadas agrícolas descontroladas e negligência humana (FAO, 2022).

Grandes incêndios florestais exigem a atuação de equipes multitarefas e diversas instituições são, usualmente, inseridas no cenário, desde aquelas com foco no combate propriamente dito, como as envolvidas no salvamento de animais silvestres, na evacuação de moradores e turistas, equipes de trânsito, segurança, abastecimento de água, energia e muitas outras (Brasil, 2014). Sugere-se, neste cenário, a adoção de um sistema de gerenciamento de ocorrência, como o “Sistema de Comando de Operações” - SCO (Goiás, 2017).

Este artigo tem como objetivo apresentar uma análise comparativa entre as ações mitigadoras de danos causados pelos incêndios florestais, sob a ótica de Portugal e do Brasil, neste, apresentando o caso específico de Minas Gerais (atuação do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais – CBMMG), locais com alta incidência deste tipo de ocorrência.

REVISÃO DE LITERATURA

Incêndios Florestais no Brasil

No Brasil, os incêndios florestais não se restringem à Região Amazônica, ao Cerrado e ao Pantanal, embora esses biomas concentrem grande parte das ocorrências (INPE, 2023). Estados como Mato Grosso, Pará e Maranhão figuram entre os que mais registram focos de calor, mas a situação se estende a outras regiões do país. A Caatinga e o Cerrado, por exemplo, localizada majoritariamente no Nordeste brasileiro; e boa parte no Sudeste vem apresentando aumento nos registros de incêndios, especialmente em estados como Minas Gerais, Bahia e Piauí (INPE, 2023). A cultura do uso do fogo, somada à fragilidade das estruturas de fiscalização ambiental, contribui para a persistência e expansão desse cenário (Almeida, 1997).

Em nível nacional, o monitoramento dos focos ativos é realizado pelo Programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que fornece dados em tempo quase real sobre a incidência e a distribuição geográfica dos incêndios (INPE, 2023). No entanto, as ações de prevenção, fiscalização e combate enfrentam entraves orçamentários, institucionais e políticos, o que limita a eficácia das políticas públicas ambientais em diversas regiões do país. (Viola; Franchini, 2013).

Os Corpo de Bombeiros Militares brasileiros e demais instituições que efetuam o combate a incêndios florestais utilizam como força primária os Grupos de Combate a Incêndios Florestais (GCIFs). Pode-se afirmar, segundo o CBMMG (Minas Gerais, 2020) que não existe número ideal de combatentes para compor uma Guarnição de Combate a Incêndio Florestal (GCIF). O padrão mínimo sugerido é de 6 a 10 combatentes, divididos nas seguintes funções: um comandante, e quatro a oito combatentes. Na prática é admitido o trabalho com a equipe de primeira resposta para pequenos incêndios ou quando o incêndio ainda está no início, porém são admitidas e esperadas alterações quando há evolução nos incêndios florestais, sobretudo quando tomam proporções maiores do que a capacidade de resposta inicial, caso isso ocorra, o grupo deverá organizar a cena, prestar o primeiro atendimento e solicitar reforço (Brasil, 2019).

A gestão de incêndios em Portugal

Os incêndios florestais são fenômenos freqüentes em Portugal, exacerbado por condições climáticas, práticas de gestão florestal inadequada e, muitas vezes, por atividades humanas, necessitando-se de serem adotadas conseqüências e medidas de prevenção e combate a incêndios florestais no país, além de destacar-se a proteção dos ecossistemas e das comunidades (Trigueiro, *et al*, 2022). Portugal enfrenta incêndios de grandes proporções, sobretudo durante o verão, quando o clima mediterrâneo apresenta temperaturas elevadas e umidade extremamente baixa (Oliveira *et al*, 2018).

Os incêndios florestais em Portugal têm múltiplas causas, que podem ser agrupadas em fatores naturais e humanos. As condições climáticas, incluindo altas temperaturas e baixa umidade, que favorecem a propagação do fogo, sendo os verões particularmente críticos. Segundo um estudo do Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF), cerca de 90% dos incêndios no país são provocados por ações humanas, como limpeza inadequada de terrenos e fogo posto intencionalmente (ICNF, 2021). A monocultura de eucalipto e pinheiro-bravo, altamente inflamáveis, associada ao abandono rural, contribui para o agravamento das queimadas. O ano de 2017 foi marcado por uma das maiores tragédias do país, com incêndios que causaram 66 mortes na região de Pedrógão Grande (ICNF, 2018).

Os incêndios florestais têm conseqüências devastadoras, afetando a flora e fauna, bem como a saúde humana e as comunidades locais. A queima de grandes áreas de floresta resulta na perda de biodiversidade, degradação do solo e alteração do clima local. Um estudo realizado pela Universidade de Coimbra (Pereira *et al*, 2019) aponta que os incêndios de 2017 resultaram na destruição de 50.000 hectares de floresta, com impactos diretos na fauna e nos serviços ecossistêmicos. Além dos danos ambientais, os incêndios provocam também perdas econômicas significativas. A gestão de crises e os custos de reabilitação podem ser exorbitantes, com estimativas que apontam para prejuízos superiores a centenas de milhões de euros por ano.

Estratégias implementadas

A coordenação entre diferentes entidades, como os bombeiros e as autoridades locais, também é crucial para uma resposta eficaz durante a época de incêndios. A tecnologia também desempenha um papel importante, com o uso de sistemas de monitoramento por satélite para detectar focos de incêndio rapidamente (Almeida *et al*, 2022). Portugal enfrenta desafios especialmente significativos com incêndios florestais durante os meses de verão, quando as condições climáticas e a atividade humana convergem para aumentar sua frequência e intensidade. Como resposta, o país implementou um conjunto robusto de legislações destinada a prevenir, combater e gerir os incêndios florestais (Portugal, 2020).

No ano de 2024 foram observadas as estratégias abaixo implementadas (Portugal, 2025):

1. **Criação da AGIF (Agência para a Gestão Integrada de Fogos Rurais):** coordena ações de prevenção e combate, com foco em gestão integrada;
2. **Campanhas de sensibilização:** como “Portugal Chama”, que promove mudanças de comportamento sobre o uso do fogo;
3. **Educação ambiental nas escolas:** projeto “Raposa Chama” mobiliza meio milhão de alunos entre 5 e 12 anos;
4. **Investimentos robustos:** em 2024, foram investidos €638 milhões, sendo 55% em prevenção;
5. **Equipamentos e infraestrutura:** aquisição de helicópteros, tratores, bulldózers e reforço da rede de pontos de água.

Em 2021, a aprovação do Regime Jurídico da Gestão de Territórios inclui medidas para a recuperação de áreas afetadas por incêndios (Portugal, 2021). Este regime contempla a promoção de práticas agrícolas sustentáveis e o envolvimento das populações na gestão do espaço florestal.

A legislação de incêndios florestais em Portugal reflete uma abordagem proativa e adaptativa aos desafios colocados pelos incêndios. Através da evolução

continua das leis e regulamentos, Portugal busca não apenas proteger as suas florestas, mas também garantir a segurança das comunidades que delas dependem. A implementação de políticas integradas de prevenção, sensibilização e gestão florestal é se mostra essencial para a mitigação de incêndios no futuro.

Características regionais

De Portugal

Portugal, oficialmente República Portuguesa, é um Estado da Europa Meridional, fundado em 1143, que ocupa uma área total de 92.212 Km². A parte continental situa-se no extremo Sudoeste da Península Ibérica, fazendo fronteira a Norte e a Leste com a Espanha, e a Oeste e a Sul com o Oceano Atlântico (Portugal, 2023). O território português inclui ainda duas regiões autônomas: os arquipélagos da Madeira e dos Açores, localizados no Oceano Atlântico. Sua população total contabiliza 10,6 milhões de habitantes, com uma densidade demográfica de 115,4 habitantes/km², com uma maior concentração populacional junto à faixa litoral. A figura 1 apresenta o mapa do país:

Figura 1 - Mapa de Portugal.



Fonte: <https://www.delmundo.top/wp-content/uploads/2024/01/mapa-portugal.png>.

Do Brasil

Quanto ao Brasil, este configura um dos países mais populosos do mundo. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), responsável pela realização periódica do censo demográfico no país, constatou que a atual população do Brasil é de 203.062.512 habitantes. No levantamento realizado antes deste, no ano de 2010, a população do país era de 190.755.799 habitantes, o que indica um crescimento de 6,5% nesse intervalo de tempo (IBGE, 2022), sendo que a distribuição demográfica está mais concentrada no litoral e nos estados do Sudeste, conforme Figura 2.

Figura 2 - Mapa de distribuição demográfica do Brasil.



Fonte: Adaptada de IBGE, 2022.

No Brasil, a preocupação com os grandes incêndios florestais foi despertada no ano de 1963, quando um grande incêndio atingiu cerca de 10% da superfície territorial do estado do Paraná. O fogo afetou 128 municípios e queimou cerca de 2 milhões de hectares, destruindo cerca de 5.500 casas, galpões, silos e retirando a vida de 110 pessoas. O Brasil ainda presenciou outros grandes incêndios florestais: no estado de Minas Gerais em 1967, ocasião em que 12 pessoas morreram durante o combate no Parque Estadual do Rio Doce, na região do Vale do Aço; em 1998, entre os meses de fevereiro e março, estima-se que 1,5 milhão de hectares do estado de Roraima foram atingidos pelos incêndios florestais; em 2003, Roraima vivenciou novamente um cenário catastrófico de incêndios florestais, com cerca de 500 mil hectares atingidos; em 2005, o Acre registrou uma temporada severa de incêndios florestais, totalizando cerca de 600.000 hectares queimados (Brasil, 2021).

No Brasil, até 1983, não existiam estatísticas globais sobre ocorrências de incêndios florestais nos seus 518.335.000 hectares de área florestal e 161.820.000 hectares de outras florestas madeiráveis (Santos; Batista; Soares, 2006). Foram

registrados apenas dados esparsos e localizados, como: “em Telêmaco Borba/PR, 104 incêndios foram registrados entre 1965 e 1974, destruindo 5.400 hectares de florestas” (Soares; Cordeiro, 1974).

De Minas Gerais

Minas Gerais, o segundo estado mais populoso do Brasil, possui um extenso território de 586.528 km² e abriga uma rica biodiversidade, composta pelos biomas Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga. (IBGE, 2023). Esse cenário exige atenção especial para a proteger o patrimônio natural mineiro e prevenir a ocorrência de incêndios em vegetação, especialmente nas 95 Unidades de Conservação estaduais. Estas unidades correspondem a 4% do território do Estado e resguardam mais de 23 mil km² de áreas naturais, desempenhando função essencial na preservação da biodiversidade. Contudo, são altamente vulneráveis em períodos de estiagem, evidenciando a relevância de ações preventivas e de uma gestão ambiental assertiva.

A Atuação do CBMMG

Criado em 2005, o Programa de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais, conhecido como Força-Tarefa Previncêndio (FTP), passou por diversas atualizações, culminando na sua terceira edição, publicada em janeiro de 2024 (Minas Gerais, 2024b). De 2013 a 2023, a FTP registrou um aumento significativo nas ocorrências de incêndios florestais em Unidades de Conservação e zonas de amortecimento em Minas Gerais. A exemplo, foram registrados 882 atendimentos em 2017, 98.000 Hectares queimados em Unidades de Conservação em 2021 e 31.000 Hectares queimados em Zona de Amortecimentos (ZAs) em 2021 (Minas Gerais, 2024a).

As consequências das mudanças climáticas, de modo específico, as estiagens prolongadas, a baixa umidade relativa do ar e as altas temperaturas, intensificam os desafios, exigindo ações integradas de prevenção e combate. O esforço do CBMMG inclui o emprego de profissionais capacitados, uso de aeronaves e veículos especializados, além da implementação de tecnologias para mitigar os impactos e proteger tanto o meio ambiente quanto a população.

Com o Decreto nº 48.767/2024, o CBMMG assumiu a coordenação operacional da FTP, ficando responsável pelo planejamento, coordenação e execução das ações de prevenção e combate a incêndios florestais nas Unidades de Conservação estaduais e nas zonas de amortecimento. A corporação gerencia a contratação e capacitação de brigadistas, a locação de aeronaves, de veículos e a aquisição de equipamentos essenciais. Além disso, administra os recursos disponíveis de forma efetiva, assegurando uma atuação integrada e eficaz na preservação ambiental e na proteção dos recursos naturais do Estado. Diante dessa recente incumbência legal, destacam-se treze ações que o CBMMG desenvolveu no ano de 2024 para a implementação dessa coordenação operacional (Minas Gerais, 2024b):

1. Criou o Comando Especializado de Bombeiros (CEB);
2. Elaborou o Plano de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais;
3. Promoveu o Programa Operação Alerta Verde - Unidades de Conservação;
4. Criou o Programa Minas Contra o Fogo;
5. Realizou treinamentos e capacitações;
6. Criou Núcleos de Incêndio Florestal (NIFs);
7. Planejou o Reforço Operacional;
8. Instalou Bases Operacionais Avançadas;
9. Promoveu a contratação de Brigadistas;
10. Locação de aeronaves;
11. Locação de Caminhonetes 4x4;
12. Realizou o Fornecimento de Alimentação às equipes de combate a incêndios florestais;
13. Instalou a Sala de Coordenação Operacional.

MÉTODOS

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica e documental, numa abordagem exploratória e descritiva, no intuito de explorar um problema e disponibilizar informações para uma investigação mais precisa. Os dados foram tratados conforme o método qualitativo conforme descrito por Gil (2017) e Lakatos e Marconi (2017). E utilizou-se como método um estudo de caso relativo às ações do CBMMG em incêndios florestais, como uma estratégia para a realização de uma análise comparativa, concentrando-se em um ou poucos objetos de maneira profunda e detalhada, segundo Gil (2017) e Yin (2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados ora apresentados na pesquisa neste artigo referem-se aos dados analisados e comparados no Quadro 1, relativos aos incêndios florestais em Portugal e Brasil, para uma reflexão nas ações que estão sendo efetivadas no Brasil em relação a esse tipo de desastre, onde em seguida, mostra-se a análise sob a ótica de uma instituição Governamental, no caso o CBMMG, que vem se adequando à realidade regional e mundial para realização das ações de proteção e defesa civil em relação ao gerenciamento do risco e à resposta aos incêndios florestais no estado de Minas gerais (MG).

Quadro 1 - Comparativo entre Portugal e Brasil.

Aspecto	Portugal	Brasil
Clima	Mediterrâneo (verões secos e quentes)	Tropical (áreas úmidas com estações secas definidas)
Fatores naturais	Alta temperatura, baixa umidade, ventos fortes	Alta temperatura, seca prolongada em algumas regiões
Fatores antrópicos	Monocultura de espécies inflamáveis, abandono rural	Desmatamento, queimadas agrícolas ilegais, expansão agropecuária
Políticas de combate	Prevenção e resposta rápida (vigilância aérea)	Monitoramento por satélite, fiscalização ambiental limitada
Impactos socioeconômicos	Perda de vidas humanas, danos à economia rural, destruição florestal	Perda de biodiversidade, impacto global no clima, conflitos fundiários

Fonte: os autores (2025).

A principal diferença entre o contexto brasileiro e o de países mediterrâneos, como Portugal, está no predomínio da origem antrópica dos incêndios florestais no Brasil. Enquanto em países europeus grande parte dos incêndios está associada a fatores climáticos extremos e eventos naturais, no Brasil o fogo é amplamente utilizado como instrumento de desmatamento, conversão de cobertura vegetal para pastagens e práticas de manejo agropecuário. Esse uso, freqüentemente realizado de forma ilegal, sem supervisão técnica e à margem das políticas públicas de ordenamento territorial e gestão ambiental, contribui para o aumento da vulnerabilidade socioambiental e intensifica os desafios no enfrentamento aos desastres (Artaxo, 2021). Tal cenário demanda uma abordagem integrada entre órgãos de fiscalização ambiental, defesa civil e instituições de pesquisa, com foco na prevenção, monitoramento e educação ambiental.

CONCLUSÕES

Portugal e Brasil enfrentam incêndios florestais com dinâmicas distintas, mas ambos com desafios complexos. No cenário português, o risco é exacerbado por características climáticas e de uso do solo; no Brasil, a questão principal é a ação humana ligada ao desmatamento e à ocupação desordenada do solo seja urbano ou rural. Políticas públicas integradas, educação ambiental, manejo adequado do solo e fiscalização rigorosa são essenciais para mitigação e adaptação frente à intensificação desses eventos.

Diante da análise comparativa entre as estratégias adotadas por Portugal e Brasil no enfrentamento aos incêndios florestais, constata-se que, embora ambos os países compartilhem fatores climáticos e naturais propícios à ocorrência desses eventos, os contextos socioeconômicos, culturais e institucionais moldam respostas significativamente distintas. Portugal demonstra avanços expressivos na integração entre políticas públicas, investimento em tecnologias de monitoramento, educação ambiental e envolvimento comunitário. A criação de instituições como a AGIF e campanhas nacionais como “Portugal Chama” revelam um compromisso estatal com a gestão preventiva e coordenada dos riscos. Em contraste, o Brasil, embora disponha de capacidades técnicas avançadas como o monitoramento por satélite do INPE e ações relevantes como as implementadas pelo CBMMG em Minas Gerais, ainda enfrenta desafios

estruturais, como a limitação de recursos, a fragilidade na fiscalização e o uso persistente e cultural do fogo como ferramenta agrícola.

Nesse contexto, a atuação do CBMMG em Minas Gerais desponta como exemplo de adaptação às especificidades regionais brasileiras, com estratégias que se aproximam do modelo português em termos de planejamento integrado e mobilização de múltiplos recursos. A coordenação operacional assumida pela corporação, especialmente após o Decreto nº 48.767/2024, reflete uma tentativa de superar a fragmentação institucional que historicamente dificultou a efetividade das ações no Brasil. A análise comparativa evidencia que, enquanto Portugal prioriza uma lógica preventiva e interinstitucional com forte respaldo legislativo, o Brasil ainda caminha em direção a essa integração, necessitando fortalecer políticas públicas, ampliar investimentos em prevenção e fomentar uma cultura de gestão ambiental participativa. O enfrentamento eficaz aos incêndios florestais, portanto, exige não apenas resposta imediata, mas um compromisso contínuo com a sustentabilidade ecológica, a educação ambiental e o fortalecimento institucional, adaptados às realidades específicas de cada território.

A redução de 20,3% apontado no documento Minas Gerais (2024b) na área queimada em Unidades de Conservação de Minas Gerais em 2024 reflete o sucesso do planejamento estratégico e da implementação de práticas integradas voltadas para a prevenção de incêndios, para a extinção eficiente dos focos existentes e para a mitigação de suas consequências. Esse resultado evidencia o compromisso do Estado com diretrizes globais. Portugal por consequência teve sua concentração no fortalecimento da legislação nacional, programas educacionais e investimentos, para melhoria das ações mitigatórias.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. M.; UHL, C. **Fogo na Amazônia**: origens, impactos e prevenção. Estudos Avançados, São Paulo, v. 11, n. 30, p. 175–185, 1997.

ALMEIDA, R.; PINTO, C. J.; TRAVASSOS, R. Gestão integrada de incêndios florestais em Portugal: a importância da cooperação interinstitucional e da tecnologia. **Revista Portuguesa de Estudos Regionais**, n. 60, p. 87–102, 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado** – PPCerrado. Brasília, 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Manual de combate a incêndios florestais**. Brasília: IBAMA/Prevfogo, 2019.

FAO Food and Agriculture Organization. **Fire Management: Global Assessment 2022**. Rome: Food and Agriculture Organization, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/fao-italy/en>. Acesso em: 05 Mai. 2025.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GOIÁS. Corpo de Bombeiros Militar de Goiás. **Manual operacional de bombeiros: prevenção e combate a incêndios florestais**. Goiânia, 2017.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2022**. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/>. Acesso em: 06 Mai. 2025.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Características geográficas e ambientais**. Rio de Janeiro, 2023.

ICNF Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas. **Relatório de Incêndios Florestais 2017**. Portugal, 2018.

ICNF Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas. **Relatório Anual sobre os Incêndios Florestais**. Portugal, 2021.

INPE Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Programa Queimadas: Monitoramento de queimadas e incêndios por satélites**. São José dos Campos: INPE, 2023.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. **Instrução Técnica Operacional n.º 25/2020**: Procedimentos operacionais para atendimento a incêndios em vegetação. Belo Horizonte: CBMMG, 2020.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. **Balanço anual: ações de prevenção e combate a incêndios florestais**. Belo Horizonte, 2024a. 32 p.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 48.767, de 26 de janeiro de 2024**. Dispõe sobre a Força-Tarefa Previncêndio. Diário do Executivo, Belo Horizonte, MG, 27 jan. 2024b.

OLIVEIRA, S. *et al.* Wildfires in Portugal: Drivers, impacts and policies. **Fire Ecology**, 14(2), p 47–65., 2018.

PEREIRA, M.G. *et al.* Fire regimes and climate change in southern Europe. **International Journal of Wildland Fire**, 30(9), p 678–690, 2021.

PEREIRA, M.G.; FERREIRA, M.T.; COSTA, J. **Impacto dos incêndios florestais na biodiversidade e nos serviços ecossistêmicos em Portugal**. Universidade de Coimbra, 2019.

PORTUGAL. Conselho de Ministros. **Plano Nacional de Gestão Integrada de Fogos Rurais – PNGIFR 20-30**. Lisboa: Agência para a Gestão Integrada de Fogos Rurais (AGIF), 2020.

PORTUGAL. **Decreto-Lei n.º 82/2021, de 13 de outubro**. Regime Jurídico da Gestão do Território. Diário da República, Lisboa, n. 198, série I, p. 15-58, 2021.

PORTUGAL. Direção-Geral do Território (DGT). **Atlas do Ambiente** – Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores. Lisboa: Ministério do Ambiente, 2023.

PORTUGAL. **Governo investe 52 milhões de euros no reforço da prevenção de incêndios**. XXIV Governo Constitucional, 8 fev. 2025. Disponível em: <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc24/comunicacao/noticia?i=governo-investe-52-milhoes-de-euros-no-reforco-da-prevencao-de-incendios>. Acesso em: 14 jul. 2025.

PYNE, S.J. **Fire: A Brief History**. Seattle: University of Washington Press, 2019.

SANTOS, J. F.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 1, p. 93–100, jan./abr. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/rfv36i1.5510>. Acesso em: 14 jul. 2025.

SOARES, R.V.; CORDEIRO, L. Análise das causas e épocas de ocorrências de incêndios florestais na região centro-paranaense. Curitiba/PR: **Floresta**, 5(1): 46-49, 1974.

SILVA, V. M. *et al.* **Incêndios Florestais: Teoria e Prática**. São Paulo: Editora UFSCAR, 2020.

TRIGUEIRO, D. F.; SANTOS, M. V.; LOURENÇO, L. Incêndios florestais em Portugal: uma análise das causas, impactos e estratégias de mitigação. **Revista de Gestão de Riscos e Desastres**, v. 9, n. 2, p. 45–64, 2022.

VIOLA, E.; FRANCHINI, M. **Política climática global e governança ambiental no Brasil**. São Paulo: Annablume, 2013.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

A CONTRIBUIÇÃO DA ZEIS DE ÁREAS VAZIAS PARA PROJETOS HABITACIONAIS: O ESTUDO DE CASO DA ZEIS-4 EM CAPELA DO SOCORRO, MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

Yves Danillo Bocutti

RESUMO

O presente artigo analisa a contribuição da Zona Especial de Interesse Social 4 (ZEIS-4) para a provisão de empreendimentos de Habitação de Interesse Social (HIS) no município de São Paulo. A ZEIS-4 tem a função de ser uma reserva de terra para a implantação de novas moradias para a população oriunda de remoções em Área de Proteção e Recuperação de Mananciais, motivadas por obras de urbanização ou por situarem em áreas de riscos geológicos. Esta pesquisa integra uma dissertação de mestrado já concluída e desenvolvida no Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. Foram utilizados como metodologia de pesquisa o recorte temporal de 2013-2018 e o território da Subprefeitura Capela do Socorro. Os dados foram obtidos com a Prefeitura do Município de São Paulo e resultaram em quadros, tabelas e mapas analíticos. Foram identificados 22 empreendimentos de HIS em desenvolvimento, onde cerca de 70% destes seriam implantados em ZEIS-4 em 56% dos perímetros demarcados neste zoneamento, resultando em 1 empreendimento entregue à população. O estudo demonstra que a ZEIS-4 tem contribuído para o desenvolvimento dos projetos habitacionais e que há perímetros disponíveis para a elaboração de novos projetos em Capela do Socorro.

Palavras-chave: Zona especial de interesse social; habitação de interesse social; políticas públicas.

INTRODUÇÃO

A Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) é um instrumento de planejamento urbano que busca ampliar o acesso à moradia através do zoneamento.

Com a elaboração do Estatuto da Cidade (Lei Federal nº10.257/2001) as ZEIS foram regulamentadas, passando a ser incluída em legislações municipais, como Planos Diretores e Leis de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LPUOS).

Segundo Brasil (2009) as ZEIS são classificadas em duas tipologias:

- ZEIS de áreas ocupadas por assentamentos precários;
- ZEIS de áreas vazias ou subutilizadas, com destinação para a produção de Habitação de Interesse Social (HIS);

A criação da ZEIS no município de São Paulo ocorreu com a regulamentação do Plano Diretor Estratégico (PDE) de 2002 (Lei Municipal nº 13.430/2002), ocorrendo alterações com a LPUOS (Lei Municipal nº 13.885/2004). Atualmente, as ZEIS do município foram revisadas com o PDE de 2014 (Lei Municipal nº 16.050/2014) e a LPUOS de 2016 (Lei Municipal nº 16.402/2016), está última contendo a demarcação da ZEIS vigente no município. No PDE de 2014 são definidas cinco categorias distintas deste zoneamento:

- a) ZEIS-1 são extensões territoriais que contém favelas, loteamentos irregulares e/ou empreendimentos de HIS, buscando promover a regularização fundiária e urbanística, recuperação ambiental e produção de HIS;
- b) ZEIS-2 são áreas como glebas, lotes não edificadas ou subutilizados, adequados para a urbanização e a provisão de HIS2;
- c) ZEIS-3 são áreas com ocorrência de imóveis ociosos, subutilizados, não utilizados, encortiçados ou deteriorados, sendo localizados em regiões dotadas de serviços, equipamentos, infraestruturas urbanas e oferta de empregos, para a promoção de HIS¹;
- d) ZEIS-4 são áreas como glebas ou lotes adequados a urbanização e edificação, situadas na Área de Proteção e Recuperação de Manan-

ciais (APRM) das bacias hidrográficas dos reservatórios de Guarapiranga e Billings, destinadas para o atendimento habitacional de famílias removidas de áreas de risco, de preservação permanente ou para o desadensamento de assentamentos populares motivados por plano de urbanização nas APRMs mencionadas¹;

- e) ZEIS-5 são lotes ou conjunto destes, preferencialmente vazios ou subutilizados, situados em áreas dotadas de equipamentos, serviços e infraestruturas urbanas, para a promoção pelo setor privado de Habitação de Mercado Popular e HIS2.

OBJETIVO

Contribuir para o planejamento urbano do Município de São Paulo e para as políticas públicas de habitação social, através da análise do zoneamento ZEIS-4 como reserva fundiárias para o desenvolvimento de projetos de empreendimentos de HIS no território da Capela do Socorro.

MÉTODO

Foram utilizados para o levantamento de dados dois recortes de pesquisa, um territorial para área de estudo (Subprefeitura Capela do Socorro do Município de São Paulo) e outro temporal (intervalos dos anos de 2013 a 2018) para identificar os projetos habitacionais em andamento. Foram levantados as legislações municipais pertinentes e dados da Secretaria Municipal de Habitação, que resultaram quadros, tabelas e mapas analíticos para compreensão das informações.

¹ SÃO PAULO (Município) (2014).

ANÁLISE DE RESULTADOS

Subprefeitura Capela do Socorro

A Subprefeitura Capela do Socorro (SUBCS) localiza-se na região sul da cidade de São Paulo. Sua extensão territorial é de 134 Km², correspondendo a 8,8% do território do município. Cerca de 93% de seu perímetro está inserido em APRMs (27% na bacia Guarapiranga e 66% na bacia Billings [ALVIM, 2014]) responsáveis pelo abastecimento de água de 30% da população da região metropolitana de São Paulo. SUBCS em 2010 continha cerca de 5,3% da população do município², com 594.390 moradores. A Figura 1 contém a representação da localização do município no Estado de São Paulo e da localização da SUBCS na cidade.

Figura 1 - Localização da cidade de São Paulo e da SUBCS.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de São Paulo (2019) e São Paulo (Município) (2019a).

ZEIS-4 em Capela do Socorro

A ZEIS-4 na SUBCS foi inicialmente demarcada no PDE de 2002, havendo alterações dos perímetros as extensões territoriais das zonas com as revisões do PDE e LPUOS. A Tabela 1 contém os dados da evolução histórica da demarcação da ZEIS-4.

² SÃO PAULO (Município), 2016b.

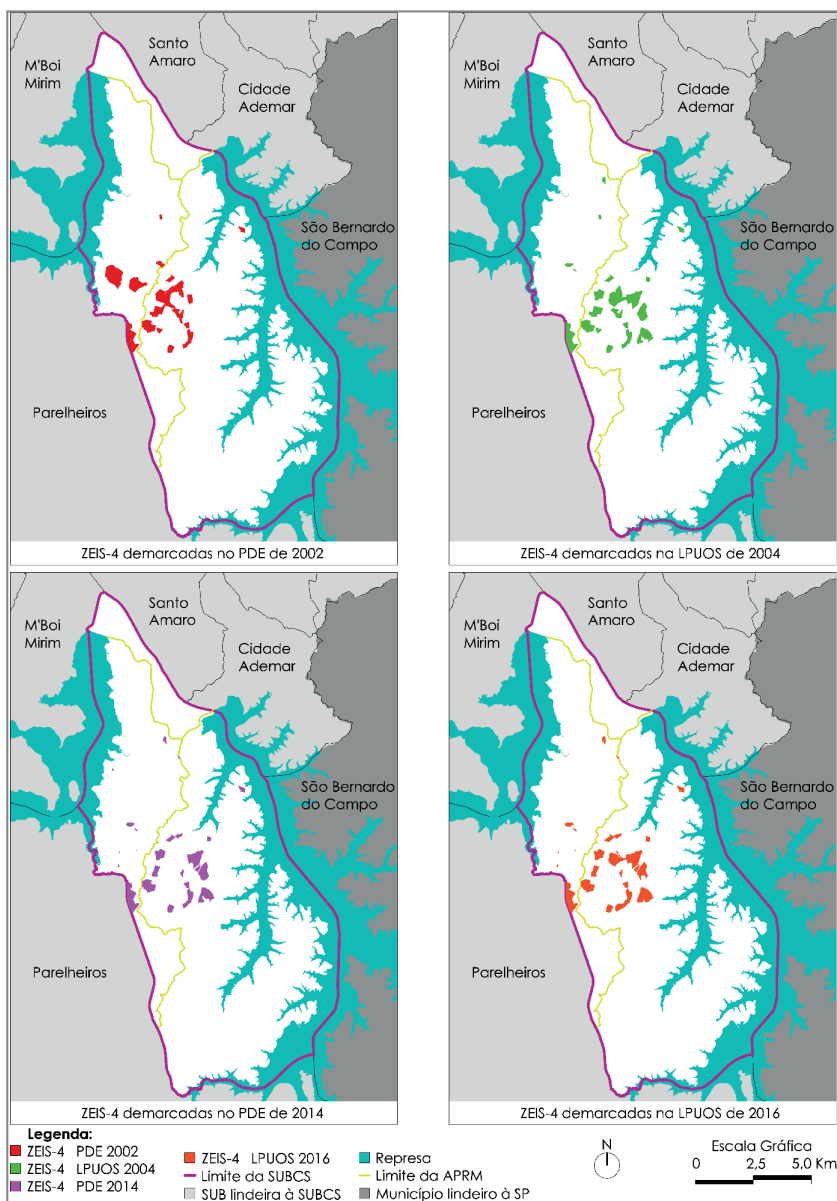
Tabela 1 - Áreas demarcadas como ZEIS-4 na SUBCS conforme os PDE e LPUOS.

Legislações	Áreas (Lm2)
LPUOS 2016	2,42
PDE 2014	2,12
LPUOS 2004	2,62
PDE 2002	2,72c

Fonte: Bocutti (2018) p.75.

Conforme indicado na Tabela 1, ocorreu a redução de cerca de 11% do território demarcado em ZEIS-4 se comparado os perímetros do PDE de 2002 e da LPUOS de 2016. Ainda assim, considerando a Figura 2, desde a promulgação da LPUOS de 2004, houve a manutenção da maior parte dos perímetros para o zoneamento vigente, sendo um fator importante para o planejamento e busca de recursos financeiros, pelo governo público e/ou por entidades de moradia, para a implantação de HIS.

Figura 2 - Histórico dos perímetro da ZEIS-4 na SUBCS.

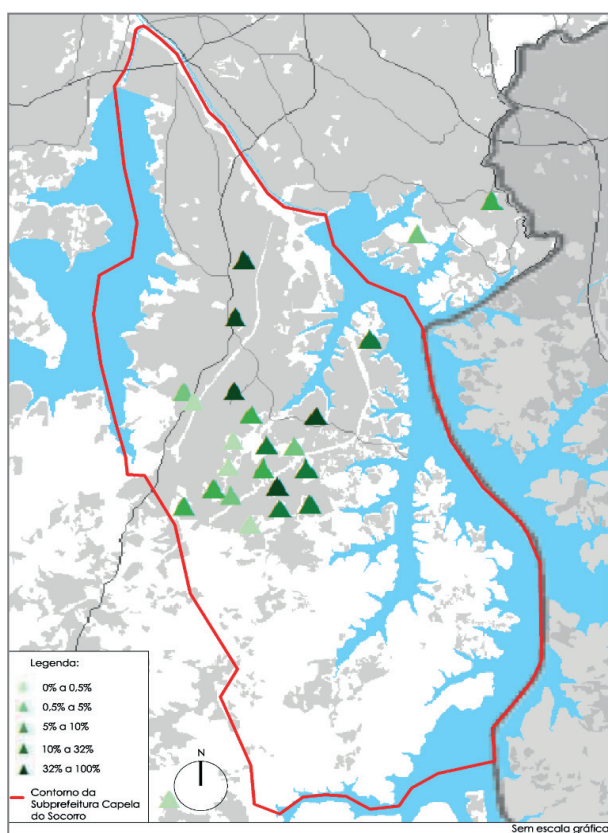


Fonte: Bocutti (2018), p. 77.

Estudo elaborado pela São Paulo (Município) (2013) para a revisão do PDE de 2014 (conforme a Figura 3), demonstrou que entre os 21 perímetros das ZEIS-4 demarcadas pela LPUOS de 2004, 5 possuíam vacância de 32% a

100% e outros 5 possuíam entre 10% a 32 %. Além de terrenos sem edificações construídas, foram identificadas ocupações por assentamentos informais e por edificações com usos institucionais, como o Centro Educacional Unificado Três Lagos (SÃO PAULO [Município], 2013). Ana Lucia Ancona³ em entrevista concedida à Borrelli (2015), aponta que foram admitidas as instalações dos usos institucionais de forma “evitar a consolidação de guetos em locais já com grandes índices de vulnerabilidade social, marcados pela autoconstrução e a ausência de equipamentos sociais” (BORRELI, 2015, p. 101).

Figura 3 - Grau de vacância da ZEIS-4 na SUBCS.



Fonte: São Paulo (Município) (2013).

³ Segundo Caldas (2009) e Bernadini (2012), Ana Lucia Ancona coordenou o processo de delimitação da ZEIS pela Secretaria Municipal de Habitação de São Paulo no PDE de 2002.

Provisão de HIS na ZEIS-4 de Capela do Socorro

Segundo Caldas (2009) não houve implantação de HIS em ZEIS-4 no município de São Paulo no período de 2002 a 2007, tanto por agentes públicos como privados, e segundo levantamento realizados por São Paulo (Município) (2013) e Borrelli (2015) esse panorama se manteve até o ano de 2015.

Durante o período de anos de 2013-2018, o governo municipal utilizou três programas habitacionais para a provisão habitacional, com diversas origens de recursos financeiros e a participação de diferentes agentes⁴:

Programa Mananciais: os recursos financeiros oriundos dos Governos Federal, Estadual e Municipal são destinados para a urbanização de assentamentos precários e provisão de moradias, sendo realizados por órgãos da Administração Pública Direta e empresas de controle acionário público;

Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) modalidade “Empresas”: os recursos financeiros são oriundos do Fundo de Arrendamento Residencial (FAR) e de programas habitacionais dos Governos Federal (o próprio PMCMV), Estadual (Casa Paulista) e Municipal (Casa Paulistana). É celebrado um convênio entre a Prefeitura do Município de São Paulo (PMSP) e a iniciativa privada para a construção dos empreendimentos, com a indicação dos beneficiados cabendo à PMSP;

PMCMV modalidade “Entidades”: com recursos financeiros oriundos do Fundo de Desenvolvimento Social (FDS), sendo celebrado um convênio entre a PMSP e Entidades representativas de moradores para a construção dos empreendimentos, com indicação dos beneficiados feita pelas entidades.

Como esses programas habitacionais iniciam-se a implantação de HIS em ZEIS-4 na SUBCS. Dados da PMSP (ilustrados na sendo indicados no Quadro1) indicam que na SUBCS existam 20 empreendimentos na fase de

⁴ São Paulo (Município) 2019b.

projeto, 1 com obras em andamento e 1 que foi concluído e entregue para os beneficiados. O Quadro 1 contém detalhes deste empreendimentos e a Figura 4 a localização destes.

Dentre os 22 empreendimentos identificados, 15 destes utilizam terrenos demarcados como ZEIS-4, representando que cerca de 70% do total. Este índice demonstra a contribuição do zoneamento para o desenvolvimento dos projetos habitacionais.

Quadro 1 - Áreas demarcadas como ZEIS-4 na SUBCS conforme os PDE e LPUOS.

Nome	Total de unidades habitacionais	Situação				Programa Habitacional	Em ZEIS-4	
		A	B	C	D		Sim	Não
Adelina Abranches I	228					Mananciais		
Alto da Alegria	300					Mananciais		
América do Sul	1.188					PMCMV FAR		
Barro Branco	200					PMCMV-E		
Chácara do Conde II	84					Mananciais		
Chácara do Conde	1.200					Mananciais		
Cocaia - Paulo Guilguer	755					PMCMV FAR		
Grajau	338					PMCMV-E		
Grajau B	517					Mananciais		
Instituto Anchieta	1.400					PMCMV FAR		
Jangadeiro	22					PMCMV-E		
João Cabanas Cantazaro	2.991					Mananciais		
Luís Rota	500					Mananciais		
Moraes Prado I	780					PMCMV-E		
Moraes Prado II	420					PMCMV-E		
Novo Grajau F. Delius	240					PMCMV-E		
Nuno Guerner	600					PMCMV-E		
Pastoral	93					PMCMV-E		
Parque Regatas	1.475					PMCMV-E		
San Raymond Interlagos	1.044					PMCMV-E		
Sinfonia Italiana	150					PMCMV-E		
Teotônio Vilela	275					PMCMV-E		

Legenda das hachuras:



Etapa da implantação do empreendimento



Se implantado em perímetro de ZEIS-4

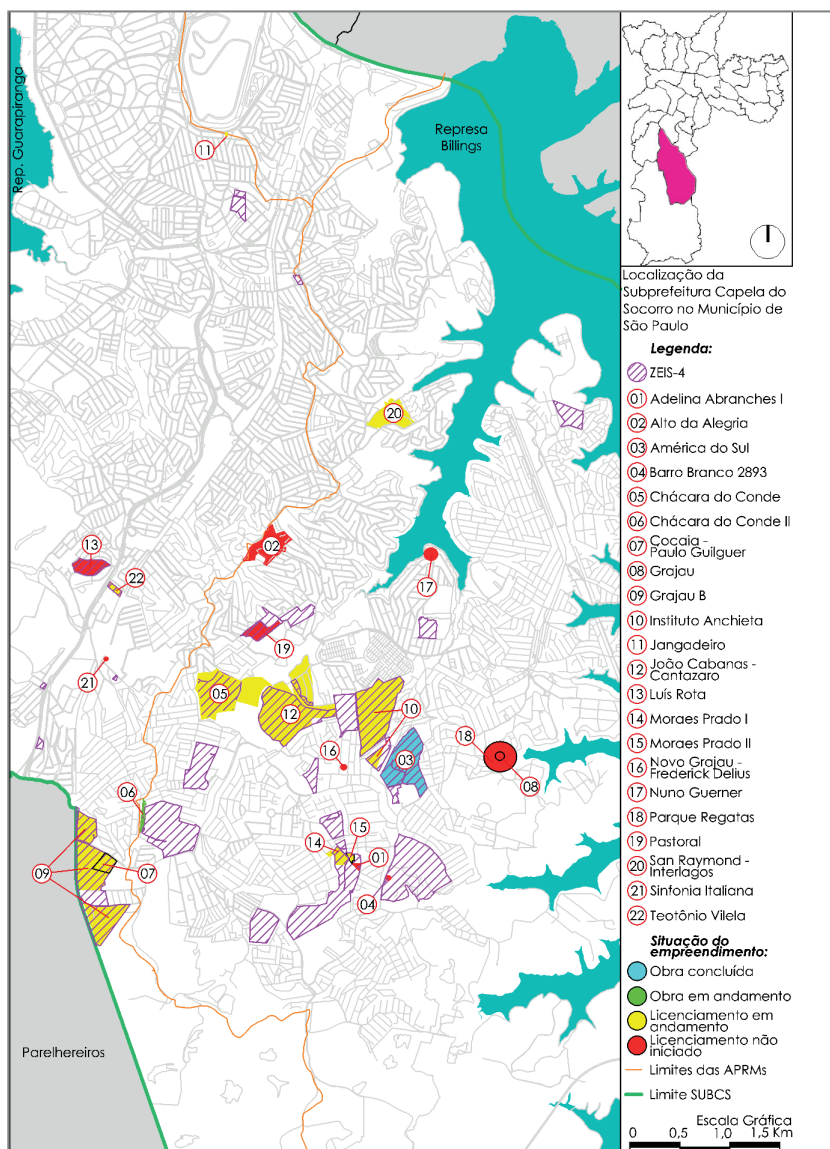
Notas: Legenda da coluna "Situação":

A: Licenciamento não iniciado
B: Licenciamento em andamento

C: Em obras
D: Entregue

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da Figura 3 e Bocutti (2018) p.111.

Figura 4 - Localização dos empreendimentos de HIS e da ZEIS-4 na SUBCS.



Fonte: Bocutti (2018), p. 114.

Conforme ilustrado na Figura 4 e os dados contidos na Tabela 2, aproximadamente 44% da extensão territorial dos perímetros da ZEIS-4 não possuem projetos de HIS em andamento. Estando estas áreas desocupadas de usos que

dificultem a implantação de HIS, consequentemente poderiam contribuir para a provisão de novas moradias.

Tabela 2 - Proporção de áreas de ZEIS-4 que possuem projetos de HIS segundo em dezembro de 2016.

ZEIS-4	Km ²	Em %
Sem projetos de HIS	1,06	43,9
Com projetos de HIS	1,36	56,1
Total	2,42	100

Fonte: Bocutti (2018) p.113.

CONCLUSÕES

Mesmo que durante o período de 2002 (ano da regulamentação da ZEIS-4 na cidade) a 2015 (ano anterior a promulgação da LPUOS de 2016) não tenha se efetivado a implantação de empreendimentos habitacionais, cerca de 89% da extensão territorial e a maior parte dos perímetros da ZEIS-4 foram mantidos se considerado a primeira demarcação do zoneamento, demonstrando que foi mantida essa política habitacional mesmo que inicialmente não tenha produzido resultados.

Com 70% dos projetos de HIS em andamentos na SUBCS estarem situados em ZEIS-4 (incluindo o empreendimento entregue), o zoneamento tem sido utilizado para o seu objetivo proposto. Ainda assim, cerca de 44% dos perímetros deste zoneamento não possuem projetos de HIS em andamento, podendo assim contribuir para novos moradias, desde que estas áreas estejam em condições (não estejam ocupadas por assentamentos informais ou edifícios institucionais) para se implantar novas edificações habitacionais.

É evidente a importância da manutenção da demarcação deste zoneamento e da vacância dos terrenos, para que essa ferramenta de planejamento urbano continue contribuindo para a implantação de HIS. A efetivação de um empreendimento construído depende de questões que vão além do zoneamento, como aprovação dos projetos em instâncias administrativas municipais e estaduais (por conta destas áreas situarem em APRM) e principalmente a melhora da situação econômica do país para a obtenção de recursos para a construção dos empreendimentos.

REFERÊNCIAS

- ABIKO, A.; DANIEL, M; RIBEIRO, S. C. L. **ZEIS maps: Comparing areas to be earmarked exclusively for social housing in São Paulo city.** *Land Use Policy*, v. 58, p. 445-455, 2016.
- AFFONSO, A. I. **A efetividade das ZEIS em áreas vazias: o caso de Santo André.** Dissertação (Mestrado). Faculdade de Planejamento e Gestão do Território, Universidade Federal do ABC, Santo André, São Paulo, 2013. 163 p.
- ALVIM, A. A. T. B. *et al.* **Das políticas públicas ambientais e urbanas às intervenções:** Os casos das sub-Bacias Guarapiranga e Billings no Alto Tietê, Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2014. 277 p.
- BERNADINI, S. P. **Negociando o território:** a formulação do Plano Diretor Estratégico de São Paulo (2002-2004). *Cadernos Metrôpole*, vol. 14, n. 27, 2012, pp. 135-154.
- BOCUTTI, Y. D. **Habitação social em ZEIS 4:** o caso de Capela do Socorro, Município de São Paulo, SP. 2018. 196 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2018.
- BORRELLI, J. F. S. **O desafio da gestão das Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) de áreas subutilizadas ou vazias em São Paulo.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2015, 189 p.
- BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da União.** Brasília, DF. 10 jul. 2001.
- BRASIL. Ministério das Cidades. **Como delimitar e regulamentar Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS de vazios urbanos).** Brasília: Ministério das Cidades, 2009.
- CALDAS, N. M. P. **Os novos instrumentos da política urbana:** alcance e limitações das ZEIS. 2009. 260 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- SÃO PAULO. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: *Wikimedia Foundation*, 2019. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=S%C3%A3o_Paulo&oldid=54689759>. Acesso em: 2 abr. 2019.
- SÃO PAULO (Município). Lei nº 13.430, de 13 de setembro de 2002: Plano Diretor Estratégico. **Diário Oficial do Município de São Paulo**, São Paulo, SP, 13 set. 2002.
- SÃO PAULO (Município). Lei nº 13.885, de 25 de agosto de 2004: Estabelece normas complementares ao Plano Diretor Estratégico, institui os Planos Regionais Estratégicos das Subprefeituras, dispõe sobre o parcelamento, disciplina e ordena o Uso e Ocupação do Solo do Município de São Paulo. **Diário Oficial do Município de São Paulo**, São Paulo, SP, 26 ago. 2004.
- SÃO PAULO (Município). **Revisão do Plano Diretor Estratégico:** Habitação. São Paulo, 2013. Disponível em: <http://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/GT_HABITACAO_PDE_-_APRESENTACAO_-_04maio2013_-_v09_05.pdf>. Acesso em 02 abr. 2019.
- SÃO PAULO (Município). Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014: Aprova a Política de Desenvolvimento Urbano e o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo e revoga a Lei nº 13.430/2002. **Diário Oficial do Município de São Paulo**, São Paulo, SP, 31 jul. 2014.

SÃO PAULO (Município). Lei nº 16.402, de 22 de março de 2016: Disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo, de acordo com a Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014 - Plano Diretor Estratégico (PDE). Diário Oficial do Município de São Paulo, São Paulo, SP, 23 mar. 2016a.

SÃO PAULO (Município). **Cadernos das Subprefeituras**: Capela do Socorro. São Paulo, 2016b. 52 p.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal das Prefeituras Regionais. **Mapa da Cidade**. 2019a. Disponível em: <<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/regionais/subprefeituras/mapa/index.php?p=14894>>. Acesso em 02 abr. 2019.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Habitação. **Sistema de Informações para Habitação Social na Cidade de São Paulo**. 2019b. Disponível em: <<http://mapa.habitasampa.inf.br/>>. Acesso em 02 abr. 2019.

EFICIÊNCIA GEOMÉTRICA DE ELEMENTOS VAZADOS NA ACELERAÇÃO DO FLUXO DE AR PARA VENTILAÇÃO NATURAL

Anny Cardelli
Universidade Presbiteriana Mackenzie

Sasquia Hizuru Obata
Universidade Presbiteriana Mackenzie

Samuel Bertrand Melo Nazareth
Faculdade das Américas (FAM)

RESUMO

O estudo aborda o desempenho de diferentes geometrias de condutos na aceleração do fluxo de ar para a aplicação na construção civil. O objetivo é identificar seletivamente a relação entre forma e otimização da ventilação cruzada em ambientes onde sua utilização é normativamente prescrita, como uma estratégia para a manutenção do conforto térmico. Por meio de simulações computacionais, percebeu-se que a eficiência de distintas configurações geométricas, justifica-se pela relação de variáveis como curvatura, proporções das aberturas de entrada e saída, e a influência de caixas. Tais resultados demonstram como se pode promover a redução significativa do impacto ambiental, do consumo energético, bem como, indicar soluções de baixo custo e acessíveis, especialmente para populações em situação de vulnerabilidade, contribuindo para a sustentabilidade e o conforto térmico.

Palavras-chave: Ventilação natural; conforto térmico; geometria de condutos; princípio de venturi; simulação computacional.

INTRODUÇÃO

Segundo o IPCC (2022), prevê-se que metade da população urbana futura será exposta a riscos de calor extremo, especialmente nas regiões do Sul Global, em países de baixa e média renda situados em áreas tropicais ou subtropicais, afetando desproporcionalmente comunidades de baixa renda, crianças, idosos, pessoas com deficiência e minorias étnicas (*apud* IPCC, 2022). No entanto, a oferta de sistemas ativos; ventiladores e aparelhos de ar condicionado, não acompanham a demanda de sua necessidade, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental. O crescimento de seu uso intensifica o consumo de energia elétrica e eleva as emissões de gases do efeito estufa. Por isso, é essencial a busca por novas abordagens que reduzam essas dependências, priorizando tecnologias passivas ou de baixa demanda energética. O resgate de conhecimentos tradicionais sobre ventilação e resfriamento podem aprimorar soluções contemporâneas para desempenho ambiental, por exemplo, a ventilação natural.

No enfrentamento das questões climáticas, do conforto térmico e das tecnologias passivas, destacam-se soluções criativas como o Eco-Cooler, desenvolvido em Bangladesh por Ashis Paul, que utiliza a geometria de garrafas PET, instaladas em janelas, para acelerar o fluxo de ar através do princípio de Bernoulli, reduzindo a sensação térmica (PAUL, 2016). De maneira semelhante, no Cairo, Marwa Dabaieh utilizou o princípio de Venturi em um projeto que incorporou funis de Shisha, típicos da região, em telhados e paredes residenciais. A pesquisa indicou que, ao aplicar esses funis em dois lados opostos dos quartos, utilizando ventilação cruzada, houve melhora na distribuição de ar em relação a aberturas convencionais (DABAIEH, 2021).

Inspirados por esses modelos, observa-se uma diferença na geometria utilizada, o que levanta o questionamento sobre qual formato seria mais eficiente para a aceleração do fluxo de ar em ventilação cruzada. Por isso, este estudo analisa o comportamento do fluxo de ar em diferentes geometrias cônicas, inspiradas nos formatos de garrafas PET. O recorte deste estudo concentra-se na eficiência geométrica de elementos isolados vazados para a ventilação cruzada. Futuramente os ensaios contemplarão testes mais específicos, avaliando o desempenho dos funiculares em grupo e em ambientes reais. Reconhece-se que outros parâmetros como vazão de ar, níveis de ruído e esforços horizontais

induzidos também impactam o desempenho global do sistema, sendo indicados para investigações futuras.

A investigação avalia o desempenho aerodinâmico dessas geometrias com base no princípio de Venturi, considerando sua capacidade de moldar o escoamento do ar e maximizar a aceleração do vento sem a necessidade de energia externa. Para isso, são realizadas simulações computacionais com variações na curvatura, dimensões e na presença de caixas, a fim de identificar a configuração mais eficiente para potencializar a ventilação natural. Espera-se identificar um design otimizado para elementos de ventilação passiva aplicáveis à construção civil, especialmente edificações de infraestrutura precárias, onde soluções passivas são essenciais para garantir o conforto térmico.

O sistema aplica-se a ambientes com temperaturas superiores às de conforto conforme o gráfico de Givoni (29°C a 32°C) ou com umidade relativa inferior a 80%, condições em que a ventilação passiva é uma estratégia recomendada (Lamberts *et al.*, 2004). A eficácia do protótipo pode, contudo, ampliar esse intervalo, ao reduzir a sensação térmica. No Brasil, sua aplicação segue as zonas bioclimáticas estabelecidas na NBR 15220-3 (2024), que indicam a ventilação cruzada como estratégia essencial para o atender aos requisitos de desempenho térmico das edificações.

METODOLOGIA

A metodologia a seguir descrita teve como objetivos: Avaliação da eficiência individual de condutos e comportamento isolado em termos de aceleração do fluxo de ar, a partir deste, ter subsídios para a seleção das geometrias mais promissoras em desempenho individual e oferecer um filtro inicial para análises mais complexas e realistas. Para esse estudo, selecionaram-se diferentes modelos de garrafas PET, considerando variações geométricas com curvaturas distintas e formas cônicas. A análise inicial identificou duas geometrias predominantes: uma com curvatura voltada para fora e outra com curvatura dupla. Foram incluídos, também, modelos sem curvatura e um com curvatura interna. Baseado neles, desenvolveram-se modificações para avaliar sua influência no desempenho aerodinâmico, conforme exemplificado no quadro 1. As variáveis analisadas incluem curvatura, razão entre diâmetros de entrada e saída,

comprimento total do conduto e presença de caixas. Estas funcionam como variações geométricas acopladas ao cônico, permitindo investigar efeitos sobre o escoamento do ar, como conservação da direção do fluxo ou ocorrência de desvios (quadro 1).

Quadro 1 - Classificação das Variações Geométricas dos Condutos.

Família Principal					
Curvatura	Sem curvatura	Curvatura externa	Curvatura interna	Curvatura dupla	
Comprimento	100mm	200mm	400mm		
Presença de caixa	Sem caixa	Caixa pequena	Caixa média	Caixa grande	Caixa de entrada
Diâmetro de saída	20mm	40mm	60mm	Caixa Reduzida	

Fonte: dos autores.

Quadro 2 - Tipologias geométricas dos perfis em corte dos condutos da família principal.

	Comprimento de 100 mm:			Comprimento de 200 mm:			Funiculares com caixa:				
	Saída 20mm	Saída 40mm	Saída 60mm	Saída 20mm	Saída 40mm	Saída 60mm	Entrada	Pequena	Média	Grande	Reduzida
Curvatura Interna											
Curvatura Dupla											
Curvatura Externa											
Reto											

Fonte: dos autores.

Quadro 3 - Tipologias geométricas dos perfis em corte dos condutos das famílias complementares.

			Sem caixa	Com caixa
	Pequeno			
	Médio	Grande		

Fonte: dos autores.

Os funiculares foram organizados em famílias e subfamílias, a família principal compõem o maior conjunto que possibilita diferentes parâmetros de variações que compõem as subfamílias, estas todas já ilustradas no quadro 2. Testaram-se também modelos baseados em estudos anteriores, como, o trabalho de Marwa Dabaieh (2021), no Cairo, que utilizou funis de shisha como dispositivos Venturi. Replicaram-se, portanto, os cônicos de 5 cm e 7 cm usados pela autora, além de uma versão adaptada. Adicionalmente, considerou-se o “Portable Cooling Module”, projeto de Rob Goodier (2017), que combina o princípio de Venturi com a porosidade da cerâmica promoção da evapotranspiração. Inspirados nesse conceito, desenvolveram-se dois funiculares com ondulações internas: um com arestas secas e outro suavizado, para analisar exclusivamente o desempenho da passagem do vento. Essas mesmas geometrias, também foram testadas com a acoplagem de caixas, ampliando a avaliação dos efeitos estruturais no fluxo, todas também ilustradas no quadro 3.

Como etapa preliminar, as geometrias foram simuladas isoladamente para avaliar sua eficiência individual. Essa abordagem subsidia a seleção das configurações mais promissoras para futuras análises em conjunto e em ambientes construídos. As simulações foram conduzidas em regime estacionário, isotérmico, incompressível, turbulento com malha estruturada hexaédrica. Utilizou-se uma velocidade constante de 1m/s, desconsiderando a rugosidade do solo. A partir dos resultados, coletaram-se as imagens e os dados de velocidade no centro da entrada e da saída de cada peça.

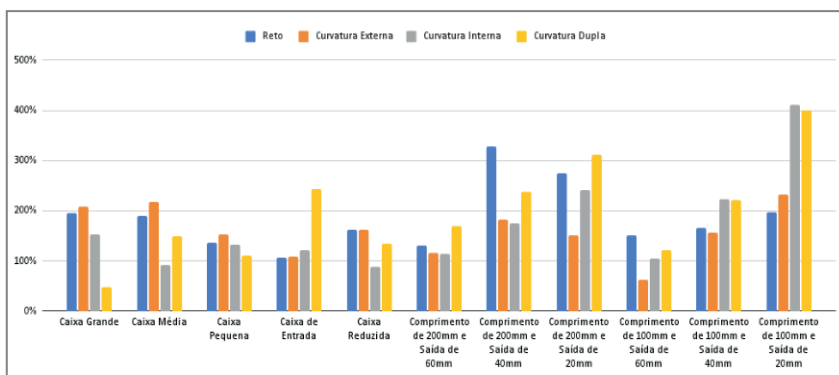
Como software de simulação CFD foi utilizado o Openfoam com a interface do BlueCFD 2020. Em virtude da natureza paramétrica no estudo realizado, os modelos foram modelados no software Rhinoceros 8 e as simulações foram executadas através da codificação algorítmica visual do Grasshopper pelo plug-in eddy3d (KASTNER, DOGAN, 2021). Este, utilizando o módulo SIMPLEFOAM e o modelo de turbulência K-epsilon. O volume simulado deve estar inscrito em um espaço chamado de volume, que segundo Brandão (2009), deve ser estanque, sem aberturas e possuir o negativo volumétrico do modelo simulado. COST (2004) aconselha a relação de 3% entre a área de obstrução dos elementos simulados e o tamanho do domínio. Para o início da simulação, o domínio deve ser dividido em pedaços em um processo chamado meshing. Estas novas geometrias podem ter diversas formas geométricas, a utilizada neste experimento

é hexaédrica. A partir disso, a simulação pode ser realizada. A cada nova interação numérica são criados resíduos, este representa a magnitude do erro das equações entre os dados da interação atual e a anterior. Cóstola (2006) e Leite (2010) apontam que simulações com valores mínimos de resíduos na ordem de 1×10^{-4} são simulações aceitáveis. Todas as simulações realizadas apresentaram estabilidade física de pressão e resíduos na ordem supracitada.

ANÁLISE DE RESULTADOS

Foram analisadas 51 geometrias simuladas com base nas imagens extraídas das simulações e nos dados de velocidade obtidos nas entradas e nas saídas dos funiculares. A partir desses valores, calculou-se a porcentagem de aceleração. Os dados foram organizados em diferentes agrupamentos familiares para fins comparativos, permitindo a discussão dos resultados. O Gráfico 1 apresenta o desempenho aerodinâmico dos condutos cônicos da família principal, enquanto a Tabela 1 reúne os resultados dos modelos funiculares das famílias adicionais.

Gráfico 1 - Resultados do desempenho aerodinâmico dos condutos da família principal quanto à velocidade do escoamento de ar.



Fonte: dos autores.

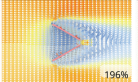
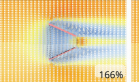
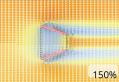
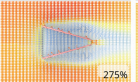
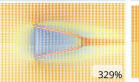
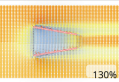
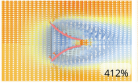
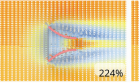
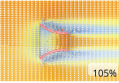
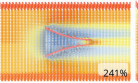
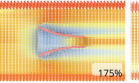
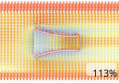
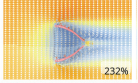
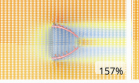
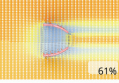
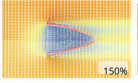
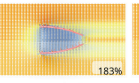
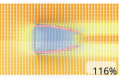
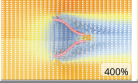
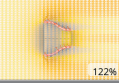
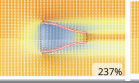
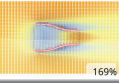
Tabela 1 - Resultados do desempenho aerodinâmico dos condutos das famílias complementares quanto à velocidade do escoamento de ar.

Funicular			Inlet Entrada	Outlet Saída	Desempenho
Complexos	Sem caixa	Arestas secas	0,47 m/s	1,22 m/s	160%
Complexos	Sem caixa	Suavizado	0,48 m/s	1,25 m/s	160%
Complexos	Com caixa	Arestas secas	0,56 m/s	0,88 m/s	57%
Complexos	Com caixa	Suavizado	0,52 m/s	0,85 m/s	63%
Shisha		Pequeno	0,45 m/s	0,91 m/s	102%
		Médio	0,34 m/s	0,85 m/s	150%
		Grande	0,35 m/s	0,65 m/s	86%

Fonte: dos autores.

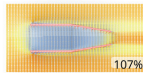
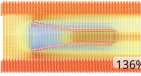
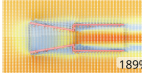
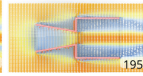
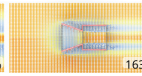
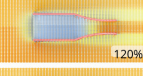
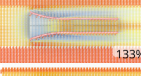
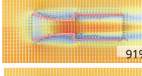
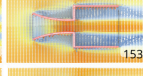
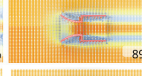
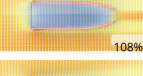
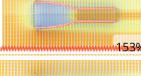
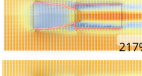
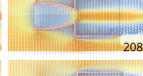
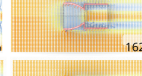
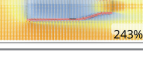
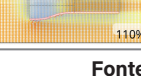
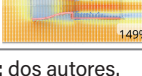
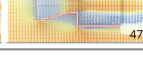
A análise geral dos dados obtidos nas simulações do grupo principal indica que, em média, o funicular com curvatura dupla apresentou a maior aceleração ao longo do conduto, enquanto os modelos com curvatura externa registraram os menores valores de velocidade e aceleração. Por outro lado, os funiculares com curvatura interna atingiram as maiores velocidades na saída, configurando-se como a geometria de melhor desempenho.

Quadro 4 - Simulações e resultados da família principal sem caixa.

	Comprimento de 100mm			Comprimento 200		
	Saída de 20mm	Saída de 40mm	Saída de 60mm	Saída de 20mm	Saída de 40mm	Saída de 60mm
Sem Curvatura	 196%	 166%	 150%	 275%	 329%	 130%
Curvatura Interna	 412%	 224%	 105%	 241%	 175%	 113%
Curvatura Externa	 232%	 157%	 61%	 150%	 183%	 116%
Curvatura Dupla	 400%	 221%	 122%	 312%	 237%	 169%

Fonte: dos autores.

Quadro 5 - Simulações e resultados da família principal com caixa.

	Funiculares com Caixa				
	Caixa Entrada	Caixa Pequena	Caixa Média	Caixa Grande	Caixa Reduzida
Sem Curvatura	 107%	 136%	 189%	 195%	 163%
Curvatura Interna	 120%	 133%	 91%	 153%	 89%
Curvatura Externa	 108%	 153%	 217%	 208%	 162%
Curvatura Dupla	 243%	 110%	 149%	 47%	 134%

Fonte: dos autores.

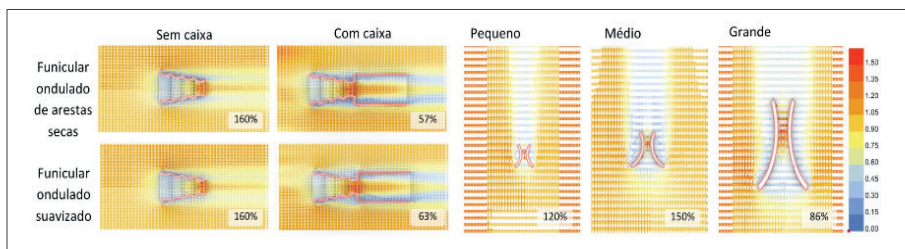
De maneira geral, observa-se que os funiculares com maiores proporções entre entrada e saída tendem a apresentar melhor desempenho, independentemente da curvatura. Além disso, enquanto nas proporções de 1:2 e 1:3 os funiculares longos se destacam, na proporção de 1:4 os funiculares curtos apresentam, em média, um desempenho significativamente superior.

Embora o uso de caixas acopladas não tenha demonstrado uma influência significativa no desempenho das geometrias quando analisado de forma geral, é possível identificar alguns padrões dentro desse recorte específico. Em termos médios, os funiculares de curvatura externa apresentaram os melhores valores de desempenho geral quando acoplados às caixas, enquanto aqueles com curvatura interna registraram os menores índices. Entre as variações de caixa, o melhor desempenho foi obtido com a caixa de tamanho médio, cujo diâmetro correspondia ao da abertura de entrada do funicular, independentemente da curvatura adotada.

Ao analisar as variações de proporção entre a saída e o comprimento dos cônicos, observa-se que, independentemente do comprimento, um maior fator de proporção resulta em um melhor desempenho. Dentro dessa lógica, o cônico mais curto de curvatura interna, com saída de 20 mm, obteve o melhor desempenho entre todos os funiculares simulados, registrando uma aceleração de 414%. Já a curvatura reta demonstrou a melhor performance nos longos. De forma geral, embora as médias finais dos desempenhos sejam próximas,

é possível concluir que os funiculares de menor comprimento apresentaram as melhores performances.

Quadro 6 - Simulações e resultados dos condutos complementares.



Fonte: dos autores.

Entre as famílias de funiculares complexos, quadro 3, de arestas secas e os suavizados, não foram observadas diferenças significativas de desempenho. Porém, ao comparar o desempenho com a família de elementos cônicos de 200 mm de comprimento e 60 mm de saída, os resultados foram positivos. Outro aspecto que verificou-se foi um aumento da velocidade em cada curvatura interna, o que inicialmente se acreditava poder ser potencializado pela estrutura em caixa. Contudo, essa hipótese não se confirmou, uma vez que os resultados obtidos não foram promissores, quando comparados às famílias de cônicos com estrutura de caixa média. Já os cônicos remodelados dos funis de shisha, também apresentados no quadro 3, apresentaram parâmetros distintos dos utilizados nesta pesquisa. Por esse motivo, apenas o cônico denominado “grande”, ajustado para atender a esses parâmetros, pôde ser comparado de forma precisa. De modo geral, os funis pequeno e médio, apesar de suas dimensões reduzidas, demonstraram um desempenho tão promissor quanto os demais. No entanto, o mesmo não pode ser afirmado para o funil grande, cujo desempenho não se destacou.

CONCLUSÃO

A análise inicial dos dados revela que as geometrias com curvatura externa apresentaram os piores desempenhos, enquanto aquelas com curvatura interna demonstraram maior eficiência. Embora a presença de uma estrutura em formato de caixa parecesse favorecer a aceleração do vento em uma análise visual das

simulações, os dados indicam o contrário. Além disso, observou-se que quanto maior a proporção dos diâmetros de entrada e saída, melhor seu desempenho. Essa relação, no entanto, não se confirmou para o comprimento do funicular onde os dados mostraram que as geometrias com 100 mm de comprimento foram mais eficientes. O melhor resultado foi obtido por um modelo de curvatura interna com saída de 20 mm, que apresentou uma aceleração de 414%.

Outras geometrias analisadas também trouxeram ideias relevantes. Os cônicos do tipo “shisha” demonstraram um desempenho promissor nas menores variações. Já os cônicos complexos, sem a presença de caixa, se destacaram como a segunda melhor configuração, entre aqueles com 200 mm de comprimento e 60 mm de saída.

Embora a pesquisa se concentre na dinâmica do vento em contextos arquitetônicos, seu foco está exclusivamente no desempenho geométrico, permitindo ampla aplicabilidade. Esses achados corroboram princípios da dinâmica dos fluidos, como o Princípio de Venturi, e se alinham com estudos anteriores, como o trabalho de Dabaieh (2021) com funis de shisha e a solução do Eco-Cooler de Paul (2016). A presente pesquisa expande esses conhecimentos ao testar sistematicamente uma variedade de geometrias e proporções, oferecendo um panorama mais detalhado do desempenho aerodinâmico de diferentes elementos vazados. Por exemplo, a análise de garrafas PET comuns mostra que a geometria de curvatura dupla, típica das garrafas de Coca-Cola, tende a ser mais eficiente. Além disso, observou-se que o desempenho do escoamento melhora com a maior proporção entre áreas de entrada e saída, sendo essa proporção favorecida por garrafas com maior diâmetro corporal, dado o padrão fixo da boca.

Considerando desdobramentos futuros, esta pesquisa sugere a realização de simulações paramétricas voltadas à análise do impacto das proporções e comprimentos das geometrias dos condutos, buscando identificar limites críticos que comprometam seu desempenho. Investigações complementares podem incluir a análise de desempenho em conjunto e em ambientes reais ou simulados, validadas por testes em túnel de vento, além da mensuração de vazão de ar, ruído e esforços horizontais. Outras frentes promissoras incluem a aplicação em sistemas mecânicos de ventilação, analogias com o escoamento de fluidos

como a água e a integração com processos de evapotranspiração, a exemplo dos eco-coolers, visando otimizações biofísicas e funcionais.

Esta pesquisa evidencia a relevância das geometrias de condutos como elementos-chave para o aprimoramento de estratégias passivas de ventilação, apontando caminhos viáveis para o desenvolvimento de soluções mais eficientes e acessíveis. Ao propor alternativas que otimizam o conforto térmico e reduzem a dependência de sistemas mecânicos, o estudo contribui para a promoção da sustentabilidade em contextos urbanos diversos, especialmente onde a ventilação cruzada é normativa e os recursos são limitados. O impacto potencial reside não apenas na inovação técnica, mas na ampliação do acesso a tecnologias ambientais de baixo custo e alta eficiência, reforçando a pertinência e a urgência de seu aprofundamento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3: desempenho térmico de edificações – Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

BRANDÃO, Rafael Silva. As interações espaciais urbanas e o clima: incorporação das análises térmicas e energéticas no planejamento urbano. 2009. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

CÓSTOLA, Daniel. Ventilação por ação do vento no edifício: procedimentos para quantificação. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.16.2006.tde-26102010-144530>.

COST. Cost Action 14: Recommendations of the use of CFD in predicting pedestrian wind environment. Brussels: COST, 2004.

DABAIEH, Marwa. Stay cool without fossil fuel: a passive eco-cooler for low-income population in informal settlements. *Journal of Physics*, Malmö, 2021.

GOODIER, Rob. Designed: This air conditioner for homes and offices uses no electricity. *Engineering for Change*, 30 abr. 2019. Disponível em: <https://www.engineeringforchange.org/news/designed-air-conditioner-homes-offices-uses-no-electricity/>. Acesso em: 14 fev. 2025.

IPCC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. In: PÖRTNER, H.-O. *et al.* (eds.). Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/9781009325844>. Acesso em: 06 maio 2024.

KASTNER, P.; DOGAN, T. Eddy3D: A toolkit for decoupled outdoor thermal comfort simulations in urban areas. *Building and Environment*, 2021.

LAMBERTS, Roberto *et al.* Eficiência energética na arquitetura. 2. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2004.

LEITE, Renan Cid Varela. Fortaleza: terra do vento – a influência da mudança de padrões de ocupação do solo sobre a ventilação natural em cidade de clima tropical úmido. 2010. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

PAUL, Ashis. Bangladesh: a low-tech air conditioner made from plastic bottles. France24 Observers, 2 jun. 2016. Disponível em: <https://observers.france24.com/en/20160602-bangladesh-air-conditioner-plastic-bottles-technology>. Acesso em: 14 abr. 2025.

EVALUACIÓN MICROCLIMÁTICA EN UNA PLAZA URBANA RECIENTEMENTE REMODELADA: CASO DE LA PLAZA SAN MARTÍN EN LA CIUDAD DE MENDOZA

Susana Stocco, Erica Correa

INAHE - Instituto de Ambiente Hábitat y Energía, CONICET -
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

RESUMEN

Objetivo: Este trabajo busca evaluar el impacto de las tendencias actuales de diseño aplicadas en las plazas de la ciudad de Mendoza y sus consecuencias en las condiciones microclimáticas. **Métodos:** Se analiza comparativamente el diseño de la plaza San Martín de 1970 respecto a su remodelación en 2018. Se caracterizó desde el punto de vista térmico y espacial tres esquemas de diseño representativos de la plaza: bosque, prado y centro. Con este fin se realizaron mediciones con estaciones fijas y móviles que registraron datos microclimáticos. Se determinó el valor de SVF con el programa RayMan y se calculó el confort térmico con el método COMFA. **Resultados:** Muestran que las estructuras verdes evaluadas mantuvieron o mejoraron las condiciones térmicas y de confort. Mientras que la estructura de centro incrementó sustancialmente su condición de discomfort debido al incremento de las superficies selladas y la exposición solar. **Conclusiones:** La remodelación de la Plaza San Martín mostró mejoras térmicas en las estructuras vegetadas, pero un marcado deterioro en los espacios sellados. Esto evidencia la importancia de incorporar estrategias de diseño que mejoren las condiciones microclimáticas de los espacios verdes urbanos.

Palabras-clave: Remodelación de plazas urbanas; confort térmico; criterios de diseño.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha intensificado el interés por el rol de los espacios verdes urbanos debido a los múltiples beneficios que ofrecen para la conservación de la biodiversidad, el bienestar humano y la adaptación de las ciudades al cambio climático (Akbari *et al.*, 2016). Diversos estudios destacan su contribución en la mejora del clima urbano, particularmente en la atenuación del fenómeno de “isla de calor”. Actores como: Aram *et al.*, 2019; Farhadi *et al.*, 2019; Lai *et al.*, 2019; Zölch *et al.*, 2016; Chow *et al.*, 2012; Wong *et al.*, 2005, documentaron en sus trabajos la necesidad de consolidar una infraestructura verde eficiente en distintas escalas urbanas —parques, plazas, pequeños espacios verdes, huertos urbanos, cubiertas y fachadas vegetadas, además del arbolado en alineación— para mitigar los efectos adversos derivados del calentamiento urbano.

Particularmente las plazas eran concebidas como vacíos dentro de la trama donde su diseño respondía a criterios estéticos y a la construcción de identidad urbana (Lynch, 1958). En la actualidad, estos espacios no solo son valorados por su calidad estética y paisajística, sino que representan una oportunidad estratégica para mejorar el microclima urbano, promover la sostenibilidad ambiental, fortalecer la cohesión social, dinamizar la economía urbana y contribuir a la salud pública (Duivenvoorden *et al.*, 2021). No obstante, su incorporación en tramas urbanas consolidadas constituye un desafío debido a la escasez de suelo disponible (Peschardt *et al.*, 2012).

A pesar de su importancia, muchas intervenciones contemporáneas no consideran adecuadamente los efectos microclimáticos que se generan a escala urbana, edilicia y en la propia microescala del espacio (Lenzholzer, 2014; Kariminia *et al.*, 2015; Scudo *et al.*, 2006; Lin, 2009). Dado que se trata de superficies relativamente acotadas pero estratégicas, resulta imprescindible revisar sus criterios de diseño para potenciar sus beneficios ambientales y maximizar sus efectos positivos sobre el confort térmico.

MÉTODOS

Caso de estudio

Este trabajo se desarrolla en la ciudad de Mendoza – Argentina. Se la reconoce como “Ciudad Oasis” (BÓRMIDA, 1984) por transformar su condición natural árida a partir de la inserción de espacios verdes – parques, plazas, plazoletas y arbolado en alineación en su trama urbana (ver figura 1). En los últimos años, los municipios que integran el Área Metropolitana de Mendoza (AMM) han tomado conciencia respecto del rol que juegan los espacios verdes en la ciudad, iniciando un proceso que involucra la remodelación de espacios verdes y la creación de nuevos parques. (Gallardo, 2017; Romanello, 2016). Sin embargo, el diseño de dichos espacios sigue asociado a criterios estético - paisajísticos, y no consideran estrategias para potenciar los efectos de las áreas verdes sobre el microclima de la ciudad y las condiciones de confort del espacio abierto.

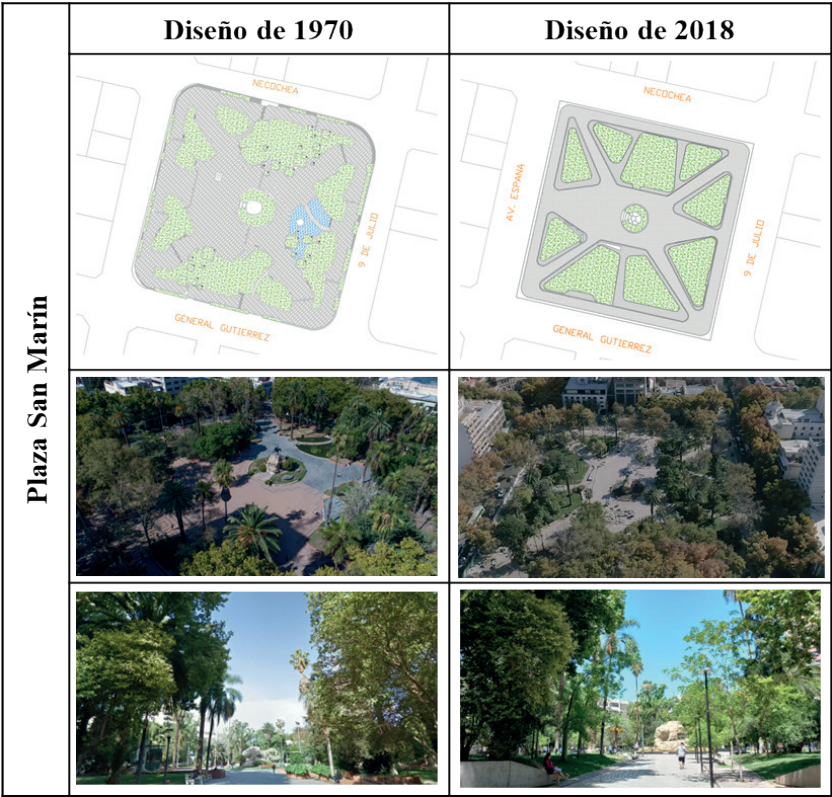
Figura 1 - Estructura urbana de la ciudad de Mendoza – Argentina.



La plaza San Martín es una de las plazas más destacadas y visitadas, ya que está emplazada en un entorno de alta densidad edilicia, cuya altura promedio alcanza los 20 metros de altura. La superficie de la plaza es de 11.699,80 m², su organización interna está compuesta por un núcleo central predominantemente

sellado, con la presencia de un monumento principal. De forma periférica bordeando el centro se sitúan las áreas vegetadas, donde los espacios quedan agrupados con referencia a un sistema radial (ver figura 2). El diseño más reconocido y distintivo de la Plaza San Martín corresponde a la remodelación realizada en 1970, la cual perduró durante casi 48 años.

Figura 2 - Diseño de la plaza San Martín de 1970 – 2018.



A continuación, la Tabla 1 presenta un cuadro comparativo con las principales características de diseño que serán contrastadas en este trabajo, correspondientes al diseño de la Plaza San Martín de 1970 y a la remodelación realizada en 2018 (ver Figura 2 y Tabla 1).

Tabla 1 - Cuadro comparativo de los diseños de la plaza San Martín de 1970 y 2018.

Criterio	Diseño 1970	Diseño 2018
Enfoque general del diseño	Prioriza el aspecto estético-paisajístico. Énfasis en imagen urbana tradicional.	Prioriza accesibilidad universal, apertura visual y actualización tecnológica.
Intención de diseño	Reducir mantenimiento vegetal e intensificar superficies selladas. Composición paisajística dirigida.	Crear una plaza accesible, continua y funcional. Integrar nuevas tecnologías y usos polivalentes.
Configuración espacial	Desniveles pronunciados, escalinatas de hasta 2 m. Jardines asimétricos delimitados por muros y canteros altos. Recorridos dirigidos hacia el centro.	Nivelación total del terreno con veredas y calles perimetrales. Eliminación de barreras arquitectónicas. Espacio central amplio y plano para múltiples usos.
Vegetación	Manejo ornamental para reforzar carácter paisajístico; canteros elevados y zonas verdes perimetrales.	Renovación de especies en mal estado; incremento de vistas abiertas; vegetación más baja y accesible.
Materialidad de superficies selladas	Baldosa calcárea amarilla "vainilla 3 panes", piedra laja negra, canteros de hormigón con revestimiento tipo ladrillo.	Baldosones gris pulido y adoquines cuadrados. Imagen más contemporánea y homogénea.
Superficie verde	42,50%	35,16%
Superficie sellada	57,25%	64,83%
Superficie de agua	0,22%	
Relación verde / sellado	0,75 : 1	0,54 : 1
Visuales	Visuales internas fragmentadas por muros y desniveles. Espacio central jerarquizado, pero no completamente abierto.	Visuales completamente liberadas. Mayor apertura hacia el entorno y al monumento central.
Accesibilidad	Limitada por niveles, escalinatas y canteros elevados.	Accesibilidad total: superficie nivelada, eliminación de barreras, rampas incorporadas.
Infraestructura y servicios	Tradicional	Nuevos mobiliarios y equipamientos: conectividad USB, Wi-Fi, paradas inteligentes.
Uso del espacio central	Espacio central delimitado y elevado, con fuerte carga simbólica y estética.	Espacio central como plataforma polivalente para actos, ceremonias y actividades urbanas.
Carácter general	Plaza clásica, de fuerte carácter estilístico y paisajístico.	Plaza contemporánea, funcional, abierta y tecnológica.

Fuente. Elaboración propia

Objetivo de este trabajo

Este trabajo busca evaluar el impacto de las tendencias actuales de diseño aplicadas en las plazas de la ciudad de Mendoza y sus consecuencias en las condiciones microclimáticas, particularmente en el comportamiento térmico y el confort. En este marco, se analizan dos lineamientos de diseño implementados en la Plaza San Martín en distintos períodos: el diseño de 1970 y la remodelación realizada en 2018.

Caracterización térmica y espacial de la plaza

Con el fin de comparar el impacto de la remodelación de la Plaza San Martín en sus condiciones térmicas y de confort, se registraron datos a partir de mediciones realizadas en dos períodos. El primer monitoreo corresponde al diseño de 1970 y se llevó a cabo durante el verano de 2013, con un registro continuo de 30 días mediante estaciones fijas y un día adicional con estaciones

móviles. El segundo período de monitoreo se realizó sobre el diseño de la remodelación de 2018, replicando el esquema metodológico de la campaña anterior.

Para comparar el desempeño térmico de la plaza en dos períodos de medición es importante verificar que los días de monitoreo analizados son contrastables desde el punto de vista climático. Es por ello que del conjunto de días monitoreados en la plaza San Martín para el año 2013 y 2023, se seleccionó un día con características representativas, para cada período, que replica estadísticamente las condiciones microclimáticas del 80% del total de días medidos. Los días seleccionados cumplen con la condición de día estable y representativo de un día de verano en Mendoza: con altos niveles de radiación solar, baja nubosidad, baja velocidad de viento y bajos porcentajes de humedad. Los días seleccionados para trabajar son: el 6 de febrero de 2013 y el 24 de enero de 2023.

Los puntos de medición fueron seleccionados siguiendo el criterio empleado por Stocco *et al.*, (2015). En el cual se describe al espacio mediante tres esquemas de diseño en el interior de la plaza: bosque, prado y centro.

Se desarrollaron monitoreos mediante estaciones fijas del tipo Hobo H08-003-02, con dos canales internos de temperatura y humedad relativa. Los datos fueron adquiridos cada 15 minutos a una altura de 2 metros (OKE, 2004). Y los monitoreos mediante estaciones móviles se realizaron con estaciones del tipo Hobo Weather Stations que permiten recolectar datos de temperatura del aire (T_a), radiación solar, velocidad de viento (V_v), dirección de viento (D_v), humedad relativa (HR) y presión atmosférica en cada punto cada 15 minutos. Simultáneamente, se midieron las temperaturas superficiales mediante un termómetro infrarrojo Fluke 66.

Además de los datos registrados en la plaza fue necesario obtener datos de radiación solar global y difusa de una estación fija próxima a la plaza San Martín. En este caso se utilizó la estación ubicada en el centro científico y tecnológico - CCT Mendoza. Se encuentra en latitud $32^{\circ}53'52.83''S$, longitud $68^{\circ}52'31.30''O$ y forma parte de la red mundial de estaciones de radiación dependiente de la CIE (Monteoliva, *et al.* 2012).

Por otra parte, fue necesario obtener el factor de visión de cielo -SVF- para ello se utilizaron imágenes digitales hemisféricas tomadas en cada uno de los puntos de medición dentro de la plaza (bosque, prado y centro) y se procesaron mediante el programa RayMan (MATZARAKIS *et al.* 2007; 2010).

Cálculo de confort térmico mediante el método COMFA

El confort térmico se determinó con el método COMFA (Brown et. al, 1995), el cual, junto con el uso del SVF tiene una buena capacidad predictiva para ciudades de clima árido (Ruiz et. al 2015). Para esta evaluación, se determinó el período de 11:00 a 18:00 horas, ya que se considera el más exigente en cuanto a habitabilidad térmica.

$$S = M + R_{abs} - Conv - Evap - TR_{emitted}$$

Ecuación 1

Donde: M, es la energía metabólica utilizada para calentar a una persona; Rabs, la radiación absorbida tanto solar como terrestre; Conv, el calor sensible perdido o ganado por convección; Evap, la pérdida de calor por evaporación; TR emitida, la radiación terrestre emitida.

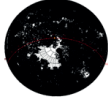
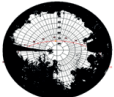
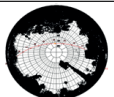
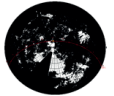
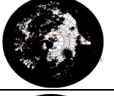
De los resultados obtenidos en -S- se considera que la gente está en confort térmico cuando el balance se acerca a cero. Si el balance supera los 50, las personas ganan energía y se sienten incómodamente calientes. Si el balance es negativo (<50) sienten un frío incómodo.

RESULTADOS

Condiciones radiativas y exposición solar

La Tabla 2 presenta una síntesis del procesamiento de las imágenes hemisféricas obtenidas y analizadas mediante el programa RayMan, a partir del cual se determinaron los valores de SVF (factor de visión del cielo), así como imágenes de cielo libre y cielo obstruido por elementos del entorno. Además, se incluye la superposición de las imágenes con el recorrido solar. La tabla incorpora también imágenes extraídas de Street View que ilustran las características espaciales de las estructuras de bosque, prado y centro sellado, correspondientes tanto al diseño de 1970, monitoreado en 2013, como a la remodelación realizada en 2018, monitoreada en 2023.

Tabla 2 - Valores de SVF, imagen de distribución de los obstáculos en relación con el recorrido solar e imagen de caracterización espacial para las estructuras de bosque, prado y sellado.

		Estructura	SVF		Espacio monitoreado
			Valor de SVF	Imagen	
Plaza San Martín	Diseño de 1970, monitoreo en 2013	Bosque	0.14		
		Prado	0.66		
		Centro	0.73		
	Diseño de 2018, monitoreo en 2023	Bosque	0.20		
		Prado	0.52		
		Centro	0.63		

Fuente. Tabla de elaboración propia, imágenes de los espacios extraídas de Steet view.

Comportamiento térmico

Este punto contrasta resultados sobre el comportamiento térmico de las estructuras de bosque, prado y centro para los diseños de 1970 (monitoreado en febrero de 2013) y el diseño de 2018 (monitoreado en enero de 2023) en la plaza San Martín. Los datos obtenidos se analizaron teniendo en cuenta dos períodos: período de calentamiento, comprendido entre 8:00 horas y las 19:00 horas. El segundo, período de enfriamiento, comprendido entre 20:00 horas y las 7:00 horas.

La tabla 3 nos muestra que en términos generales el diseño de 1970 conserva un mismo patrón de comportamiento tanto para el período de enfriamiento como para el período de calentamiento. Los promedios diarios se dan

en el orden de 28.67°C para la estructura de bosque, 28.44°C para la estructura de prado y 29.11°C para la estructura de centro.

Respecto al período de enfriamiento la estructura de prado presenta los menores valores en términos de temperaturas máximas y mínimas. Las temperaturas más elevadas se dan en la estructura de centro tanto en sus temperaturas máximas como mínimas. Esto se debe a que la estructura de centro tiene el mayor porcentaje de SVF - 0.73%. En este período la estructura de bosque presenta condiciones intermedias.

Para el período de calentamiento la estructura que atenúa en mayor medida las temperaturas máximas es el bosque. Esto se debe a que el bosque presenta el menor valor de SVF 0.14% sin horas de exposición solar directa y materialidad verde. La estructura que presenta las condiciones más desfavorables es el centro. Esto se debe a que el centro tiene el mayor porcentaje de SVF 0.73%, la mayor cantidad de horas de exposición solar (8 horas) y materialidad sellada.

Tabla 3 - Valores de temperaturas máximas, mínimas, promedios y diferencias de temperatura diarias en °C para el período de enfriamiento y período de calentamiento registradas en las estructuras de bosque,, prado y centro para los diseños de la plaza San Martín de 1970 monitoreados en 2013 y remodelación de 2018 monitoreado en 2023.

	Diseño de 1970 monitoreado en el año 2013			Diseño de 2018 monitoreado en el año 2023		
	Bosque	Prado	Centro	Bosque	Prado	Centro
Temperatura del aire diarias						
Máx.	34.43	35.60	36.90	35.75	35.65	38.50
Mín.	24.01	23.34	24.11	21.67	21.41	21.48
Promedio	28.67	28.44	29.11	28.06	28.14	29.45
Diferencias	10.42	12.26	12.79	14.08	14.24	17.02
Periodo de enfriamiento						
Máx.	33.49	31.62	34.86	32.96	32.66	33.52
Mín.	24.01	23.34	24.11	21.67	21.41	21.48
Promedio	28.53	27.97	28.65	27.30	27.16	27.60
Diferencias	9.48	8.28	10.75	8.40	8.21	8.82
Periodo de calentamiento						
Máx.	34.43	35.60	36.90	35.75	35.65	38.50
Mín.	26.05	25.37	24.13	27.31	27.61	29.70
Promedio	30.91	31.58	31.98	32.43	32.74	36.12
Diferencias	8.38	10.23	12.77	8.44	8.04	8.80

Fuente. Elaboración propia.

El análisis de la tabla 3 muestra los valores obtenidos para el diseño de la remodelación de 2018, donde el bosque y el prado tienen un comportamiento similar, a diferencia del centro donde se elevan notablemente las temperaturas en el período de calentamiento. Los promedios diarios se dan en el orden de 28.06°C para el bosque, 28.14°C para el prado y 29.45°C para el centro.

Durante el período de enfriamiento, la estructura de prado registra las temperaturas máximas y mínimas más bajas, mientras que la estructura de centro presenta los valores más elevados. Esto se debe a que la estructura de centro tiene un mayor SVF de 0.63%. Al igual que en el diseño de 1970 la estructura de bosque se encuentra en una situación intermedia.

Para el período de calentamiento la estructura de prado presenta las menores temperaturas máximas y el bosque las menores temperaturas mínimas.

Esto se debe a la cobertura vegetal que produce sombras en las horas de mayor exposición solar. La estructura de centro presenta las condiciones más desfavorables de temperaturas máximas y de temperaturas mínimas.

Análisis del confort térmico

Las condiciones de confort se calcularon a partir de los datos obtenidos en las mediciones móviles. El período evaluado comprende desde las 10:00 horas hasta las 19:00 horas (ver figura 3).

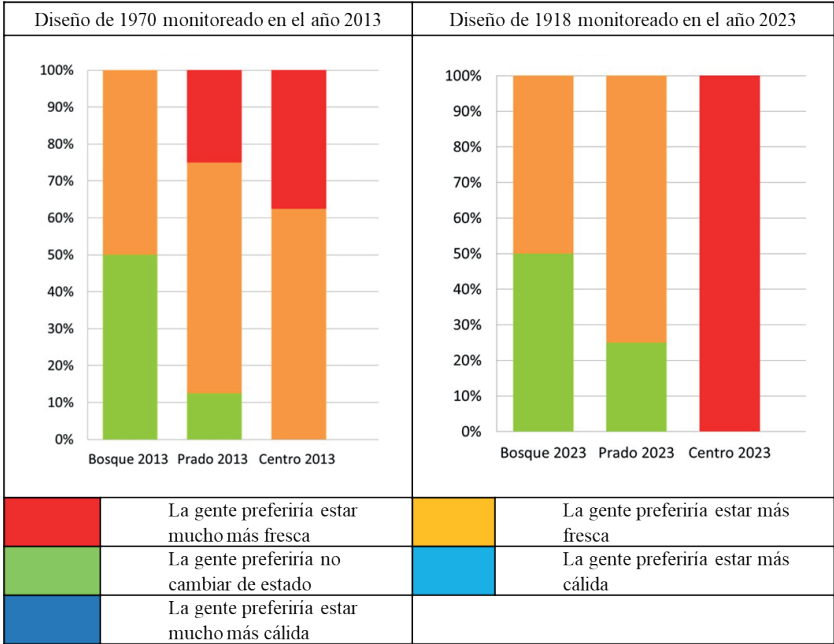
Podemos observar que para las dos condiciones evaluadas (diseño de 1970 - medido en el año 2013 y la remodelación del año 2018 - medida en el año 2023), las condiciones de la estructura de bosque no varían. Se mantiene la condición de un 50% de las horas evaluadas donde la gente preferiría no cambiar de estado y el otro 50% del tiempo restante donde la gente preferiría estar más fresca. Esto se debe a que si bien el SVF aumentó de un 0.14% a un 0.20% en el diseño de 2018, la estructura no alteró su condición respecto del recorrido solar que se mantiene bloqueado a lo largo del día.

Para el caso del prado podemos ver que en el diseño de 1970 un 12.5% de la gente preferiría no cambiar de estado, un 62.5% del tiempo evaluado la gente preferiría estar más fresca y hay un 25% del tiempo donde la gente preferiría estar mucho más fresca. A diferencia en la remodelación de 2018 los datos muestran un 25% del tiempo donde la gente preferiría no cambiar de estado y un 75% donde la gente preferiría estar más fresca. En este caso podemos decir que la estructura de prado mejoró sus condiciones ya que se incrementa la condición de confort en un 12.5%, desaparece el discomfort severo en el mismo porcentaje y decrece el discomfort leve. Esta mejora se debe a las modificaciones que sufrió el espacio en la remodelación de 2018 donde se redujo un 0.14% el valor de SVF y por acción de la vegetación queda bloqueado el recorrido solar a partir del mediodía. Esta variación en el espacio es producto de la renovación de especies forestales y del crecimiento y a la evolución a lo largo del tiempo transcurrido.

En el caso de la estructura de centro para el diseño de la plaza de 1970, el espacio muestra un 62.5% del tiempo donde la gente preferiría estar más fresca y un 37.5% en el que la gente preferiría estar mucho más fresca. Mientras que en el diseño de 2018 el espacio muestra que durante el 100% del tiempo

evaluado la gente preferiría estar mucho más fresca. Estos resultados indican que la estructura de centro empeoró un 62.5% sus condiciones incrementando su disconfort de leve a severo. Este empobrecimiento en las condiciones de confort del espacio se debe a que si bien el valor de SVF disminuyó un 10% se incrementó en dos horas la exposición solar del espacio sellado (SVF de 0.73% con 8 horas de sol vs SVF de 0.63% con 10 horas de sol).

Figura 3 - Diagramas de distribución de frecuencias del confort térmico para cada estructura evaluada en los dos períodos analizados.



Fuente. Elaboración propia.

DISCUSIÓN

A nivel internacional, diversos autores destacan que los espacios verdes urbanos constituyen una oportunidad estratégica para mejorar el microclima y avanzar hacia la sustentabilidad ambiental (DUIVENVOORDEN *et al.*, 2021, WARD *et al.* 2015). Estudios previos realizados por este equipo de trabajo, como Stocco *et al.* (2015, 2021), ofrecen una serie de recomendaciones orientadas a

mejorar la eficiencia térmica y las condiciones de confort que pueden alcanzar las plazas cuando su diseño es adecuado.

En relación con la proporción de superficie verde, Stocco *et al.* 2015 señalan que esta debe superar ampliamente a la superficie sellada para asegurar un buen desempeño térmico. Más específicamente, Stocco *et al.* 2021 indican que las áreas arboladas deberían representar al menos el 60% de la superficie total de la plaza, manteniendo una relación verde/sellado cercana a 1,5:1. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio muestran que la remodelación de 2018 redujo las áreas verdes del 42,5% al 35,16% e incrementó las superficies selladas del 57,25% al 64,83%, configurando un esquema menos favorable desde el punto de vista térmico. Las relaciones verdes/sellado observadas 0,75:1 en el diseño de 1970 y 0,54:1 en el de 2018 evidencian que ambos diseños se encuentran muy alejados de la proporción recomendada por la literatura.

Asimismo, Stocco *et al.* (2015) en su trabajo evalúan tres estructuras características de los espacios verdes (bosque, prado y centro) y señalan que la estructura de bosque es la más eficiente para moderar las temperaturas máximas durante el día, gracias a la superposición de copas y la generación de sombra. Esta condición se verifica en ambos diseños analizados de la Plaza San Martín: en los dos casos, la estructura de bosque mantiene temperaturas estables y condiciones de confort favorables. Incluso con un SVF ligeramente mayor en 2018, su desempeño no se ve comprometido, ya que conserva la capacidad de obstruir el recorrido solar directo. En contraste, respecto a la estructura de prado, advierten que suele registrar temperaturas elevadas y mayores niveles de discomfort durante el día, aunque cumple un rol fundamental en el enfriamiento nocturno gracias a su mayor SVF y baja capacidad de acumulación térmica. En este estudio, los resultados muestran que el diseño de 2018 mejora el comportamiento térmico del prado en relación con el diseño de 1970: la renovación de la vegetación y una mayor obstrucción solar a partir del mediodía reducen la ganancia térmica durante la tarde, sin afectar su eficiencia en el enfriamiento radiativo nocturno. En cuanto a la estructura de centro, indican que constituye el escenario más desfavorable desde el punto de vista del confort térmico, debido a su elevada exposición solar, predominio de superficie sellada y escasez de sombra. La remodelación de 2018 profundiza estas condiciones: aunque presenta una leve disminución del SVF, aumenta la duración de la

exposición solar (de 8 a 10 horas) y amplía el área sellada. Como resultado, se incrementa en un 62,5% la cantidad de horas del día que registran discomfort severo, evidenciando un deterioro en el desempeño térmico del espacio central.

En síntesis, el diseño de la Plaza San Martín remodelada en 2018 se aleja de los lineamientos propuestos por Stocco *et al.* (2015, 2021), al privilegiar criterios estéticos y formales por sobre las consideraciones microclimáticas. Como consecuencia, los beneficios obtenidos en las estructuras verdes resultan limitados, mientras que los espacios sellados —que representan aproximadamente el 65% de la plaza— muestran un deterioro significativo en su desempeño térmico. Estos resultados refuerzan la necesidad de revisar y actualizar los criterios de diseño de las plazas urbanas, incorporando estrategias de diseño que articulen vegetación, materialidad y morfología como herramientas fundamentales para la adaptación climática en contextos urbanos áridos.

CONCLUSIONES

Las ciudades consolidadas ya no cuentan con espacios libres para destinarlos a nuevas plazas. Por esta razón es necesario trabajar en la remodelación de estos espacios verdes utilizando estrategias de diseño que permitan maximizar el potencial de los espacios abiertos para mejorar las condiciones microclimáticas de la plaza y del entorno. Atendiendo a esta problemática, se analizó el caso de la plaza San Martín para conocer si las tendencias de diseño actuales mejoran o empobrecen las condiciones térmicas del espacio público.

Las premisas de diseño que rigen la remodelación de la plaza San Martín 2018 priorizan las mejoras en la accesibilidad peatonal, la ampliación de las visuales y la incorporación de tecnologías al diseño urbano. Respecto a la materialidad de la plaza las superficies verdes disminuyeron un 7.34% y las superficies selladas se incrementaron en un 7.58%. Las superficies transitables fueron reemplazadas por baldosas de color gris claro pulido y adoquines. Se incorporaron árboles jóvenes en reemplazo de la vegetación que estaba en mal estado.

Desde el punto de vista térmico podemos concluir que las estructuras de centro presentan una condición favorable para el enfriamiento de la plaza. El centro que corresponde al diseño de 1970 se encuentra durante el enfriamiento 1.00°C más fresco que el diseño del año 2018. La estructura de bosque es la

que atenúa las temperaturas extremas durante el período de calentamiento. Podemos determinar que para el diseño de 1970 como para el diseño de 2018 las condiciones son similares ya que se mantuvieron las características del espacio. En lo que respecta a la estructura de prado el diseño que responde a la remodelación de 2018 mejoró notablemente su comportamiento térmico respecto al diseño de 1970. Esto se debe a que la cobertura vegetal del espacio aumentó cubriendo el recorrido solar a partir del mediodía.

Desde el punto de vista del confort las estructuras donde no se modificó sustancialmente la configuración del espacio mantienen las condiciones de confort, como es el caso de la estructura del bosque. En la estructura donde sí se modificó la configuración del espacio a razón del manejo de la vegetación la condición de confort mejoró en un 12.5%, aun cuando la vegetación todavía está en desarrollo. Sin embargo, la estructura que aumentó la exposición solar y las superficies selladas incrementó su discomfort extremo en un 62.5%. Estos porcentajes muestran que las decisiones de diseño adoptadas en torno a la remodelación de la plaza han impactado levemente en términos de beneficios y sustancialmente en términos de perjuicios asociados a las condiciones de confort térmico.

Los resultados obtenidos destacan la importancia de la vegetación en la configuración del espacio para disminuir las temperaturas del aire y para mantener el confort térmico en las plazas urbanas. Puntualmente, el diseño de la remodelación de 2018 de la plaza San Martín demostró que las estructuras verdes evaluadas mantuvieron o mejoraron las condiciones térmicas y de confort. Por otro lado, se perjudicaron las condiciones de los espacios sellados que representan el 65% del espacio de la plaza.

En síntesis, los resultados evidencian que la incorporación de criterios microclimáticos en el diseño urbano es indispensable para potenciar el desempeño térmico de las plazas en ciudades áridas. Avanzar hacia remodelaciones que integren confort, sustentabilidad y bienestar térmico resulta clave para garantizar espacios públicos habitables y resilientes en el futuro urbano de Mendoza.

REFERENCIAS

- Akbari, H., Dionysia, K., Three decades of urban heat islands and mitigation technologies research. **Energy Build**, vol.133, 834e852. Elsevier Ltd. 2016.
- Bórmida, E. Mendoza, una ciudad oasis. Facultad de Diseño, Arquitectura y Urbanismo. **Revista de la Universidad de Mendoza**. Edición año 1984. Mendoza. 1984.
- Brown. R. D., Gillespie, T. J. Microclimate landscape design. Wiley, New York. 1995.
- Chow, W. T.L., Brazel, A. J. Assessing xeriscaping as a sustainable heat island mitigation approach for a desert city. **Build. Environ**, vol. 47 (1), 170e181. 2012.
- Duivenvoorden, E., Hartmann, T., Brinkhuijsen, M., Hesselmanns, T. Managing public space – A blind spot of urban planning and design, **Cities**, vol 109, 2021.
- Farhadi, H., Faizi, M., Sanaieian, H. Mitigating the urban heat island in a residential area in tehran: investigating the role of vegetation, materials, and orientation of buildings. **Sustain. Cities Soc.**, 101448. Elsevier BV. 2019.
- Gallardo, G. En el gran Mendoza se invertirán 360 millones en espacios verdes. (07 de marzo de 2017) **El Sol Online**. <http://www.elsol.com.ar/nota/296726>. 2017.
- Kariminia, S.; Ahmad, S., y Saber, A. Microclimatic Conditions of an Urban Square: Role of built environment and geometry. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, vol.170, pp. 718-727. 2015.
- Lai, D., Liu, W., Gan, T., Liu, K., Chen, Q. A review of mitigating strategies to improve the thermal environment and thermal comfort in urban outdoor spaces. **Sci. Total Environ**. Elsevier B.V. 2019.
- Lenzholzer, S. Research and design for thermal comfort in Dutch urban squares. Resources, **Conservation and Recycling**, vol. 64:39–48. 2012.
- Lin, T. perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions. **Building and Environment**, vol. 44, pp. 2017-26. 2009.
- LYNCH, K. La Imagen de la ciudad (4a ed.--). **Buenos Aires: infinito**. 1976.
- Matzarakis, A.; Rutz, F.; Mayer, H Modelling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the RayMan model, **Int J Biometeorol** vol. 51, 323–334. 2007.
- Matzarakis, A.; Rutz, F.; Mayer, H. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model. **Int J Biometeorol** vol. 54, 131–139. 2010.
- Monteoliva, J.; Villalba, A.; Pattini, A. Impacto de la utilización de bases climáticas regionales en la simulación de alta precisión de iluminación natural. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, vol. 16: 57–64. 2012.
- Oke, T. Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites. **Iom Report**, Td in Press, World Meteorological Organiz, Geneva. 2004.
- Pescharadt, K. K.; Schipperijn, J.; Stigsdotter, U. K. Use of Small Public Urban Green Spaces (SPUGS). **Urban Forestry & Urban Greening**, vol.11(3), 235–244. 2012.
- Ruiz, M.A.; Correa, E.N. Suitability of different comfort indices for the prediction of thermal conditions in tree-covered outdoor spaces in arid cities. **Theoretical and Applied Climatology**, 122: 69–83. 2015.

Romanello, C. La plaza San Martín, sin desniveles y más verde. (7 de octubre de 2016). **Los Andes**, <http://www.losandes.com.ar/article/la-plaza-san-martin-sin-desniveles-y-masverde> 2016.

Scudo, G.; Dessi, V. Thermal comfort in urban space renewal. En: **PLEA 2006, 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture**. Geneva, Switzerland, 6-8 September, 2006.

Stocco, S.; Cantón, A.; Correa, E. Design of urban green square in dry areas: Thermal performance and comfort. **Urban Forestry & Urban Greening**, vol. 14, 323–335. 2015.

Stocco, S.; Cantón, A.; Correa, E. Evaluation of design schemes for urban squares in arid climate cities, Mendoza, Argentina. **Building Simulation** doi:10.1007/s12273-020-0691-5, 2020.

Ward, H. C.; Kotthaus, S.; Grimmond, C. S. B.; Bjorkegren, A.; Wilkinson, M.; Morrison, W. T. J.; Iamarino, M. Effects of urban density on carbon dioxide exchanges: Observations of dense urban, suburban and woodland areas of southern England. **Environmental Pollution**, 198, 186–200. 2015.

Wong, N. H., Yu, C., Study of green areas and urban heat island in a tropical city. **Habitat Int.** vol. 29 (3), 547e558. Elsevier Ltd. 2005.

Zölch, T., Maderspacher, J., Wamsler, C., Pauleit, S., Using green infrastructure for urban climate-proofing: an evaluation of heat mitigation measures at the micro-scale. **Urban For. Urban Green**, vol. 20, 305e316. Elsevier GmbH. 2016.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Matheus Barreto de Góes

Doutorando em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável pela Universidade Federal de Minas Gerais, Mestrado em Engenharia de Construções pela Universidade Federal de Ouro Preto, Especializações nas áreas de Engenharia de Segurança do Trabalho, Engenharia de Obras, Engenharia Elétrica, Educação Ambiental e Sustentabilidade. Atuação como professor pelo Centro Universitário UNA, nos cursos de graduação em Arquitetura e Urbanismo, e vários cursos de pós-graduação, atuação como professor pelo IF Sul de Minas, *Campus* Muzambinho nos cursos Técnico em Edificações e Técnico em Segurança do Trabalho .

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0793670348344093>

Diego Vieira Ramos

Tur repra nem. Nam quiate denisqui doluptatque vello mod quam, con re mi, nia volore denist la consequame ipsunte nimilic to consequi ni core in reptaeuctum reptatur autes illigen issitat iatquam nus repe prae erum eumque odignist rest que aut adipid et eatempore non nemo consequi se eos duciis eatu endi omnihi iquiati venihil mos moloriat.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1037467318325071>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Armazenamento Temporário: 9, 11, 18, 20, 22, 24

B

Brasil: 11, 12, 13, 15, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 43, 53, 58

C

Conforto Térmico: 56, 57, 58, 66

G

Geometria de Condutos: 56

Gestão de Resíduos Sólidos: 9, 11, 12, 13, 16, 23, 24

Gestão de Risco: 26

H

Habitação de Interesse Social: 42, 43

I

Incêndios Florestais: 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40

M

Microclima Urbano: 70

Mudanças Climáticas: 14, 25, 26, 27, 34

P

Políticas Públicas: 10, 11, 14, 23, 26, 28, 37, 38, 42, 44, 53

Portugal: 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 36, 37, 38, 39, 40

R

Remodelación de Plazas Urbanas: 69

S

Simulação Computacional: 56

V

Ventilação Natural: 21, 55, 56, 57, 58, 67

Z

Zona Especial de Interesse Social: 42, 43



científica digital



VENDA PROIBIDA - ACESSO LIVRE - OPEN ACCESS

