

PLANEJAMENTO AMBIENTAL URBANO:

ALICERCES DE UMA CIDADE INTELIGENTE E SUSTENTÁVEL

ORGANIZAÇÃO:

EDILSON DE SOUZA BIAS
VALDIR ADILSON STEINKE



caliandra

Universidade de Brasília
ICH - Instituto de Ciências Humanas

PLANEJAMENTO AMBIENTAL URBANO: ALICERGES DE UMA CIDADE INTELIGENTE E SUSTENTÁVEL

Organizadores:

Edilson de Souza Bias
Valdir Adilson Steinke



caliandra

Brasília - DF
2024



Conselho Editorial

Membros internos:

Prof. Dr. Bruno Leal (HIS/UnB) - Presidente

Prof. Dr. Herivelto Pereira de Souza (FIL/UnB)

Prof^a Dr^a Maria Lucia Lopes da Silva (SER/UnB)

Prof^a. Dr^a. Ruth Elias de Paula Laranja (GEA/UnB)

Membros externos:

Prof^a Dr^a Ângela Santana do Amaral (UFPE)

Prof^a Dr^a Joana Maria Pedro (UFSC)

Prof^a Dr^a Marine Pereira (UFABC)

Prof. Dr. Ricardo Nogueira (UFAM)

Membros internacionais:

Prof. Dr. Fernando Quiles García (Universidad Pablo de Olavide - Espanha);

Prof^a Dr^a Ilía Alvarado-Sizzo (Universidad Autonoma de México)

Prof^a Dr^a Paula Vidal Molina (Universidad de Chile)

Prof. Dr. Peter Dews (University of Essex - Reino Unido)

© 2024.



Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0)

A responsabilidade pelos direitos autorais de textos e imagens dessa obra é dos autores.

[1ª edição]

Elaboração e informações

Universidade de Brasília

ICH - Instituto de Ciências Humanas

Campus Universitário Darcy Ribeiro, ICC Norte, Mesanino Bloco 01qr Campus Universitário Darcy Ribeiro - Asa Norte, Brasília DF CEP: 70297-400 Brasília - DF, Brasil

E-mail: ihd@unb.br

Contato: (61) 3107-7364

Site: ich.unb.br

Equipe técnica

Parecerista: Charlei Aparecido da Silva (UFGD)

Editoração: Valdir Adilson Steinke e Edilson de Souza Bias

Revisão: Amabile Zavattini

Capa: Thamirys Verneque Silva dos Reis

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade de Brasília - BCE/UNB)

P712 Planejamento ambiental urbano [recurso eletrônico]
 : alicerces de uma cidade inteligente e
 sustentável / organizadores: Edilson de Souza
 Bias, Valdir Adilson Steinke. – Brasília :
 Universidade de Brasília, Instituto de Ciências
 Humanas, 2024.
 262 p. : il.

 Inclui bibliografia.
 Modo de acesso: World Wide Web:
 <caliandra.ich.unb.br>.
 ISBN 978-85-93776-08-3.

 1. Planejamento urbano. 2. Sustentabilidade. 3.
 Cidades inteligentes. I. Bias, Edilson de Souza
 (org.). II. Steinke, Valdir Adilson (org.).

CDU 711.4

Heloiza dos Santos - CRB 1/1913



Dedicatória

A organização de uma obra exige tempo, esforço, paciência e muito trabalho, o qual deve ser orientado por uma finalidade, um objetivo, um fator motivador. No caso deste trabalho, o fator motivador foi proporcionar a pesquisadores, estudiosos e estudantes das questões urbanas uma articulação de textos úteis e atuais para apoiá-los e orientá-los em seus estudos.

Dedicamos esta obra às nossas instituições, que nos proporcionam o ensino e a pesquisa contínua, bem como a todos os nossos estudantes, tanto de graduação quanto de pós-graduação. As atividades de docência representam para todos nós um rico manancial de reflexões, que possibilitam aprofundamentos sobre todos os temas abordados nesta obra.

Índice

| | |
|---|------------|
| Prefácio _____ | 10 |
| Capítulo 1: Planejamento Urbano e a construção de Indicadores de Sustentabilidade – O que aprendemos ou o que temos que aprender._____ | 16 |
| Capítulo 2: Cidades sustentáveis, ODS 11 - Educação ambiental: um desafio para o planejador urbano ou uma ferramenta indispensável?_____ | 50 |
| Capítulo 3: Proposição de indicadores de qualidade ambiental urbana_____ | 64 |
| Capítulo 4: O desenho da cidade e o conforto térmico ambiental: estratégias para obtenção de formas urbanas com maiores alternativas ecotérmicas._____ | 82 |
| Capítulo 5: O planejamento com a infraestrutura da paisagem cerratense: a contribuição da arborização_____ | 102 |
| Capítulo 6: Mobilidade como um Serviço: Indicações de Estratégias Interventivas no Hábito de Usar Automóvel Baseadas na Revisão da Literatura_____ | 122 |
| Capítulo 7: Eventos pluviais extremos no Distrito Federal: desafios para adaptação às mudanças climáticas em busca de uma cidade sustentável_____ | 140 |
| Capítulo 8: Drenagem urbana sustentável, geotecnologias e cidades inteligente_____ | 170 |
| Capítulo 9: Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como instrumento de análise da qualidade ambiental urbana: Uma abordagem metodológica_____ | 198 |
| Capítulo 10: Aplicações e Ferramentas Geotecnológicas para a Gestão Ambiental Urbana_____ | 222 |
| Capítulo 11: A integração de dados geográficos para o planejamento urbano sustentável – o que usar e como usar?_____ | 238 |

CAPÍTULO 4

O desenho da cidade e o conforto térmico ambiental: estratégias para obtenção de formas urbanas com maiores alternativas ecotérmicas.



Marta Adriana Bustos Romero

Professora Titular UnB. Mestre Planejamento Urbano, Doutora Arquitetura, Pós Doutora Landscape Architecture. Lider Grupo de Pesquisa A Sustentabilidade em Arquitetura e Urbanismo, coordena Laboratório de Sustentabilidade Aplicada – LaSUS e Curso de Especialização, Reabilita. Autora: Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano, Arquitetura Bioclimática do Espaço Público, Arquitetura do Lugar. Coordenou a elaboração dos Projetos Diretores Urbanísticos para os Campi Gama e Ceilândia da UnB. Coordenou pesquisa com MS para a reabilitação ambiental da Hemorrede e coordena com MS pesquisa de acessibilidade de Centros Especializados em Reabilitação.

O desenho da cidade e o conforto térmico ambiental: estratégias para obtenção de formas urbanas com maiores alternativas ecotérmicas.

Marta Adriana Bustos Romero

Apresentação

Neste capítulo, tecemos algumas reflexões acerca do que *Habitar no Planalto*¹ significa, na busca de formas urbanas mais favoráveis para um urbanismo sustentável e de estratégias para a obtenção do conforto. É próprio de Brasília forjar uma mirada especial da divisão rítmica do tempo entre uma estação de seca e uma época de chuva, pois, quando a cidade foi projetada, procurou-se acomodar seu desenho ao sítio, visando recriar as características especiais desse por meio da valorização das perspectivas e da introdução do elemento água, que faltava. A Capital projetada visando à otimização ambiental e a sustentabilidade da malha urbana, na *Busca das formas urbanas mais favoráveis*, leva-nos a refletir acerca do conjunto de geometrias urbanas com dimensões variadas dos edifícios no espaço que abriga a capital da república. Sabemos que o urbano apresenta variados desempenhos térmicos, indicativos, respectivamente, da capacidade natural do construído para aquecer, quando exposto a energia solar, e para resfriar, através das perdas; sabemos também que essas trocas dependem da forma da estrutura urbana, fundamental no controle das *Ilhas de calor Urbanas*. A proporção entre as alturas dos edifícios e os espaços existentes entre eles, abertos, pavimentados e impermeáveis, possui relação direta com o impacto da radiação solar no clima urbano. Esse efeito, associado à poluição, à redução dos espaços verdes e ao calor antropogênico liberado pela indústria, pela frota de veículos, e pelas atividades humanas, contribui para o estabelecimento de elevações de temperaturas, designadas ilhas de calor urbanas, que são especialmente problemáticas para as cidades tropicais, pois aumentam a demanda de energia no verão e afetam a saúde e o conforto térmico. A fim de evitar tal situação, a concepção original criada por Lucio Costa para Brasília, *A superquadra como a unidade morfológica por excelência*, vendia ao usuário a projeção para construir edifícios habitacionais sobre pilotis; em outras palavras, oferecia apenas o direito de construir num sistema coletivo de propriedade do solo ao redor de um parque, assim dotando de conforto ambiental e grande uniformidade o conjunto. Todavia, nossos estudos mostram o fechamento ao redor dos edifícios,

¹ Os itálicos se referem aos nomes das seções deste capítulo.

uma *Deturpação do Projeto original* na qual as intervenções no solo público são constantes. Os projetos mais deturpados correspondem as superquadras novas, na Asa Norte, que implantaram uma vegetação pouco adequada ao lugar, que alinha desajeitadamente uma série de palmeiras em uma composição estética duvidosa e que não fornece sombra, nem frutos, nem deleite visual. O paisagismo brasiliense atual abandonou os elementos básicos de Lucio Costa: "árvores de grande porte", solo público aberto, arborizado, gramado, permeável e desimpedido para o ir e vir - originalíssima concepção de *espaço urbano com significado*, que definitivamente auxilia o desenvolvimento de uma relação com o ambiente. Um urbanismo assim pensado é sustentável porque projeta entornos que favorecem a constituição de comunidades. Os espaços urbanos que admiramos por sua beleza e harmonia estão em regiões que possuem grande adaptabilidade e visibilidade, fatores fundamentais da sustentabilidade.

Encerramos essas reflexões na seção *Estratégias para a obtenção do conforto*, cuidando para que o ato de projetar considere as condições do ambiente, evitando a perda evidencial do entorno e colaborando para a percepção da cidade integrada nos processos naturais que sustentam a vida, ambos fatores que podem influenciar significativamente o desempenho térmico da cidade e, conseqüentemente, o conforto térmico de seus ocupantes. O conforto bioclimático de determinado ambiente externo, ou interno, envolve diversas variáveis que influenciam por sua vez a sensação de conforto humano e a avaliação que o usuário faz do ambiente: nesse sentido, devemos considerar que os *Índices de Conforto para Espaços Abertos*, apresentados na última seção, são fundamentais para a concepção dos edifícios e a adoção de estratégias de adequação em função das atividades realizadas, da sua vestimenta e das variáveis climáticas do local.

Habitar no Planalto: a divisão rítmica do tempo entre uma estação de seca e uma época de chuva.

Habitar no Planalto é estar em constante contato com o céu e contemplar o horizonte e a paisagem. A paisagem não representa algo dominado e controlado, ou algo desumanamente poderoso, e sim uma manifestação cósmica capaz de oferecer abrigo à vida cotidiana que ao mesmo tempo sinaliza a sua transcendência.

A divisão rítmica do tempo entre uma estação de seca e uma época de chuva é elemento fundamental da estruturação do lugar. Na seca, o cerrado se torna uma paisagem árida que aumenta o contraste entre o verde-escuro das matas de galeria e as cores amareladas dos campos e cerrados ressequidos. O céu absolutamente livre de nuvens se torna cinzento e estagnado. Na época das chuvas o céu varia de azul brilhante a inteiramente coberto por nuvens baixas de chuva e a vegetação recupera o viço e o verde.

Em Brasília existe uma experiência diária, quase tangível, de testemunhar pela manhã o nascer do sol atrás de um horizonte visível, acompanhando seu trajeto ao longo da abóbada celeste e seu crepúsculo ao final do dia.

O que dá ao “homem de Brasília” a sensação de segurança no lugar e no domínio visual sobre a paisagem (céu e terra) é a facilidade que a paisagem oferece de se fazer compreender através de relações espaciais claras entre os seus elementos, ou seja, sua legibilidade.

Brasília exemplifica a relação do ambiente edificado com o sítio, nessa especial situação que é construída quando se criam lugares, quer dizer, quando aflora o *genius loci*. Brasília que, quando projetada, soube acomodar seu desenho ao sítio e soube recriar as características especiais desse, com a valorização das perspectivas e a introdução do elemento que faltava, a água. A configuração urbana de Brasília lhe garante uma excepcional qualidade de orientabilidade que se apoia em princípios “cósmicos” de localização no espaço, evidente na localização dos lugares e objetos em relação aos eixos abstratos que arquetipicamente estruturam a abóbada celeste e definem os quatro pontos cardeais (ROMERO, 2004).

A busca das formas urbanas mais favoráveis

A busca das formas urbanas mais favoráveis que visam a otimização do ponto de vista ambiental e da sustentabilidade da malha urbana passa pela análise do conjunto de geometrias urbanas com dimensões variadas dos edifícios, assim como pelo espaçamento entre os mesmos.

O urbano apresenta variados desempenhos térmicos, com base em dois indicadores físicos: a absortância e a emitância efetiva do edificado. Esses parâmetros são indicativos, respectivamente, da capacidade natural de um edifício inserido numa malha urbana para “aquecer”, através da exposição solar do mesmo, e para “resfriar” através das perdas por trocas de radiação de onda longa.

No entanto, as trocas dependem da forma da estrutura urbana. A poluição pode também contribuir para a retenção de calor, ao minimizar as trocas radiativas entre os edifícios e a abóbada celeste. Quanto à insolação, um dos elementos mais importantes do clima, essa atinge a superfície terrestre, sendo parte absorvida e parte refletida, em proporções variáveis consoante às propriedades dos materiais onde incide. O calor total absorvido pelas estruturas urbanas irregulares e de elevada densidade fica assim retido e é dificilmente reenviado, provocando um aumento da temperatura urbana, quando convertido em calor sensível (Fig. 1). Se a radiação incidente é absorvida por uma superfície seca, transforma-se em calor sensível, com um conseqüente aumento da temperatura, enquanto as superfícies úmidas e as folhas das plantas a convertem em calor latente (OKE et al., 2017).

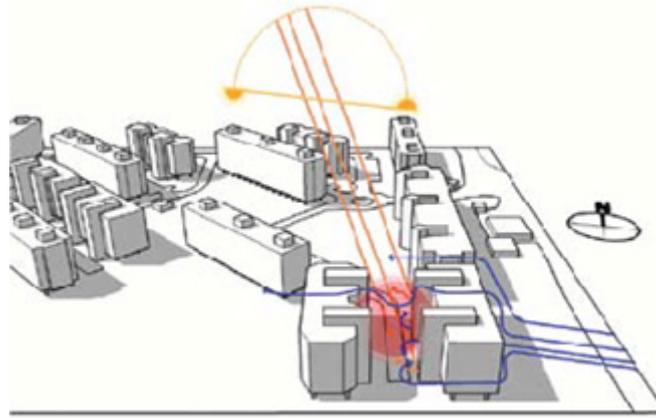


Figura 1. Calor armazenado durante o dia. SQN 309. Fonte: Romero, 2011, p. 69

Ao longo de um ciclo diário, as superfícies que constituem a rua experimentam diferenças espaciais e temporais de temperatura, devido aos diferentes níveis de exposição solar. Os materiais de construção são também, tal como a vegetação, elementos com uma elevada absorção e baixa refletividade e, como tal, uma grande parte da radiação solar que neles incide é absorvida.

A elevada capacidade térmica dos materiais de construção promove o armazenamento de calor. Os fenômenos evapotranspirativos são, no entanto, consideravelmente reduzidos devido à impermeabilidade e ao baixo teor de umidade dos materiais.

A proporção entre as alturas dos edifícios e os espaços existentes entre eles exerce influência direta sobre o impacto da radiação solar no clima urbano. Essa relação se denomina W/H (onde W é o espaço horizontal entre edificações e H é a altura delas) e deve variar de acordo com a densidade da área avaliada. A geometria urbana é fundamental no controle da ilha de calor, por ter influência no processo de absorção da radiação solar e da radiação de ondas longas, emitidas pelas superfícies dos edifícios e do solo, na redução das perdas de calor devido aos ventos e na produção antropogênica de calor (ROMERO, 2015).

A associação entre impermeabilização do solo pela baixa infiltração de água no meio urbano, a supressão vegetal e o aumento do escoamento superficial também se manifesta negativamente nas alterações dos microclimas e dos climas locais. A redução da umidade relativa do ar no meio urbano se desdobra na acentuação da amplitude térmica diária e no desconforto térmico urbano.

A ocupação do solo numa cidade é fundamentalmente caracterizada por uma elevada densidade edificada e por uma área aberta pavimentada e impermeável. Essas modificações superficiais e atmosféricas alteram o clima local, tornando as cidades mais quentes que as áreas não urbanizadas ao redor. Esses elementos, por si só, podem dar origem a uma elevação na temperatura de alguns graus centígrados. Esse efeito, associado à poluição, à redução dos espaços verdes e ao calor antropogênico libertado pela indústria, veículos, e atividades

humanas, contribui para o estabelecimento de um campo mais elevado de temperaturas, designado como ilha de calor urbana - ICU e pode ser problemático para as cidades tropicais, pois aumenta a demanda de energia no verão, afeta a saúde e o conforto térmico.

Como exemplo, podemos citar o cenário simulado da implantação dos edifícios da Superquadra 500, cujo resultado mostra que irá prejudicar a ventilação urbana tanto no interior da própria quadra, como também no seu entorno imediato; o estudo revela o aumento significativo de mais de 10°C na temperatura da superquadra (Faria; Romero, 2021). Além disso, a ventilação sofrerá em termos de velocidade e direção. Os parâmetros analisados indicam, portanto, a nova Superquadra como uma área potencial de ilha de calor urbana para o bairro existente, que já apresenta padrões menores de sustentabilidade do que os projetados por Lucio Costa.

Ilhas de calor urbanas

Devido às mudanças climáticas globais, e considerando que as iniciativas de mitigação dos efeitos nocivos à saúde humana decorrentes dessas mudanças se apresentam de forma discreta e não acompanham a urgência da crise ambiental, pesquisamos padrões de ocupação que se aproximam de um ambiente sustentável. Realizamos, no âmbito do Laboratório de Sustentabilidade Aplicada à Arquitetura e Urbanismo – LaSUS, da Universidade de Brasília, estudos das ICU com transectos móveis em conjunto com imagens termográficas – no contexto específico do Plano Piloto e em 8 Regiões Administrativas do Distrito Federal: Paranoá, Itapoã, Sudoeste, Mangueiral, Areal, Arniqueiras, Vila Telebrasília e Lucio Costa (ROMERO et Al, 2019). Para realizar esse estudo propôs-se a análise das geometrias urbanas que aprisionam o calor e das geometrias urbanas que diminuem a velocidade dos ventos (Figura 2), levando em conta que as superfícies urbanas são mais escuras que as não urbanas e, portanto, absorvem e armazenam o calor do sol em conjuntos e configurações espaciais impermeáveis e estanques. Nessas configurações, a água de chuva escorre pela sua superfície e não consegue dissipar o calor por meio da evaporação (ou evapotranspiração quando existe verde). Em outras palavras, não há umidade disponível para dissipar o calor do sol em decorrência da escassa vegetação das vias e das praças existentes, se comparadas com as morfologias características dos bairros de classe média e das áreas abastadas da cidade.

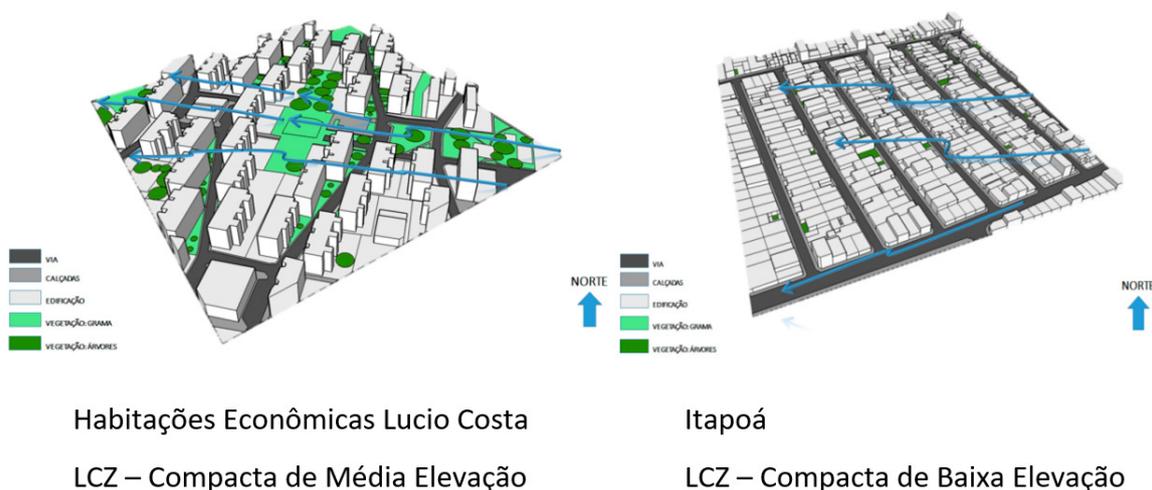


Figura 2. Esquema de fluxos dos ventos nas cidades do estudo: Lucio Costa e Itapoá. Fonte: Romero et al, 2019, p. 113

Segundo estudos da Secretaria de Meio Ambiente², significativas mudanças estão sendo detectadas nos últimos 50 anos no clima do DF e da Região Integrada de desenvolvimento do DF e Entorno - RIDE, confirmando as sinalizações das projeções climáticas, tanto estatísticas quanto dinâmicas. Verificou-se, assim, um aumento do número de dias com umidade relativa abaixo de 30%, e um aumento de 2,1°C na mínima da temperatura máxima e 0,85°C na máxima temperatura máxima, assim como uma diminuição da amplitude térmica entre as temperaturas máxima e mínima. O clima está mudando e intensificando seus eventos, os verões têm sido mais quentes e os invernos mais secos.

Nesse contexto, é preocupante essa recente perda e a decadência dos espaços públicos em Brasília, quando fecha-se, literalmente, o espaço público e o clima de convivência cidadã na capital da República, comprometendo a sustentabilidade do espaço urbano. A questão é preocupante pois todo o projeto do Lucio Costa está sendo deturpado.

As consequências negativas associadas ao clima se traduzem nas alterações microclimáticas provocadas pela redução da umidade relativa no meio urbano, na acentuação da amplitude térmica diária e no desconforto térmico urbano. Assim, muitos estudos focam na relação entre índices de vegetação e temperatura do ar e de superfície para avaliação do efeito de resfriamento e do conforto térmico humano, especialmente no verão (FERREIRA, 2019).

Para monitoramento do estresse térmico aos quais os habitantes das cidades estão sujeitos é comum a utilização de índices de conforto térmico urbano. Nesse sentido, os estudos de Werneck (2022) nos trazem os dados do portal Lobe-lia Earth, que acompanham como capitais e populações sofrerão com o estresse térmico, tendo 2010 como ano-base de referência e projeções que vão até 2090.

Para calcular os valores futuros do índice utilizado para a ranqueamento é o

² Mudanças climáticas no DF e Região Integrada de Desenvolvimento do DF e Entorno - RIDE. Secretaria de Meio Ambiente – GDF, Brasília, 2016, páginas 90 e 91.

UTCI - Índice Climático Universal UTCI, o portal utilizou projeções climáticas CMIP5 do modelo ACCESS1-0, sob o cenário socioeconômico RCP8.5. As posições do ranqueamento são calculadas observando diferentes meses do ano e horas do dia em que o índice UTCI pode atingir valores máximos ou mínimos. Dentre as capitais sul-americanas, Brasília lidera entre o período de 2030 a 2070 como a capital com maior incremento na escala de estresse térmico. No ranqueamento de maiores índices de estresse térmico dessas capitais, Brasília ocupa o sexto posto. (WERNECK, 2022, p.96).

Mais da metade da população mundial vive em cidades onde, para acomodar as necessidades da população urbana e suas atividades, superfícies naturais foram convertidas em superfícies impermeáveis. As nossas pesquisas mostram maior frequência do intervalo de temperatura do ar entre 19 °C a 20 °C. Esses valores caracterizam o clima ameno do DF que, de acordo com a carta bioclimática da NBR 15220-3 (ABNT, 2003), possui a maioria das horas do ano na zona de conforto.

A superquadra como a unidade morfológica por excelência

Na concepção original, num sistema coletivo de propriedade do solo, vendeu-se ao usuário apenas o direito de construir edifícios habitacionais sobre pilotis, ao redor de um parque. Concedendo grande uniformidade ao conjunto urbano, quase todas as 120 superquadras do Plano Piloto apresentam um arranjo de volumes ortogonais dispostos perpendicularmente entre si, distribuídos em uma área predominantemente ajardinada, privilegiando a identificação da superquadra como a unidade morfológica por excelência. O térreo dos prédios foi concebido menos como um espaço privativo e mais como um prolongamento das áreas ajardinadas.

Concebido inicialmente como um prolongamento dos jardins, oferecendo tanto sombra como proteção da chuva, o térreo vem sendo usado, cada vez mais, para estabelecer fronteiras nítidas entre o público e o privado no interior das superquadras; o entorno imediato fica delimitado com jardins diferenciados e cercas vivas.

A desarticulação entre andar térreo e seu entorno é acentuada com o requisito de garagens no subsolo e a ocupação na superfície da área pública adjacente ao bloco, com as suas rampas de acessos externas ao prédio, acentuadas, na maioria das vezes, pela elevação do térreo, permitindo, assim, as aberturas de ventilação permanentes do subsolo, que a legislação exige. O aumento do poder aquisitivo dos moradores do Plano Piloto forçou a ampliação do número de vagas para carros nas garagens do subsolo, acarretando, mais uma vez, na perda de solo público e o avanço para além do perímetro da projeção, eliminando o solo natural, necessário para o plantio das árvores. Jardins de cunho doméstico são criados ao invés do "chão gramado" de Lucio Costa, favorecendo a privatização do espaço.

³ A NBR15220-3 estabelece o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, adotando uma carta bioclimática a partir da sugerida por Givoni em "Comfort Climate Analysis and Building Design Guidelines" (Energy and Building, 18 (1), 11-23, 1992).

As trincheiras, afloramentos taludes e paredões interrompem o percurso e a leitura do espaço, criam problemas de segurança que são resolvidos pela adoção de gradis para impedir acidentes com os moradores (ROMERO, 2007). Entretanto, essas medidas impedem também a passagem de “estranhos”, uma vez que se multiplicam sem necessidade no perímetro do térreo.

As superquadras de ocupação mais recente, quando comparadas com as mais antigas, não apresentam a mesma leitura espacial, uma vez que a proporção espacial entre vazios e cheios é menor e seu terreno perdeu continuidade e legibilidade. A análise do percurso considera como elemento fundamental da segurança urbana o tipo de relação gerada entre o construído e o espaço público, o que favorece as diferentes situações (controle visual, possíveis acessos, iluminação) que promovem maiores ou menores condições e percepções de segurança. As soluções rebuscadas utilizadas nos térreos são trasladadas para o espaço público, que fica balizado de pequenos artifícios que interrompem os passeios e dificultam a identidade com o espaço. Perde-se aos poucos o sentido do lugar - *genius loci*, criado no projeto original, que significava estabilidade e uma fonte de identidade que expressava as características do lugar.

Deturpação do Projeto original

As superquadras de Brasília já não lembram em quase nada o projeto do urbanista Lucio Costa, apresentando, ao longo dos anos, nítida deturpação de seu projeto. Buscamos verificar no Plano Piloto, a partir de pesquisa de campo realizada, se os elementos previstos por Lucio Costa foram mantidos (Fig. 3), considerando o estado dos caminhos e dos acessos, a fluidez dos percursos e o grau de acessibilidade que demonstram. Nossos estudos mostram que as superquadras mais preservadas são as 207, 105, 104, e 308 Sul e os projetos mais deturpados são as superquadras mais novas, 212 e 214 Norte (ROMERO, 2011).

As superquadras, especialmente as da Asa Norte, de construção recente, cercam os pilotis com uma série de elementos que dificultam, mascaram e impedem o acesso e a visão do espaço. O térreo é muito diferente: salões de festas, guaritas, casa de zeladores e bicicletários ocupam todo o espaço antes livre e desimpedido. Esses elementos evidenciam a privatização do espaço público, diminuindo a segurança dos prédios ao tirar a visibilidade e atrapalhando a passagem (Fig. 4 e 5).

4 Em pesquisa realizada em 2011 no âmbito da graduação e da pós-graduação da FAU UnB, sob nossa coordenação, foram analisadas trinta e quatro (34) superquadras, dezessete (17) na Asa Norte e dezessete (17) na Asa Sul, das 120 superquadras que compõem o Plano Piloto de Brasília.

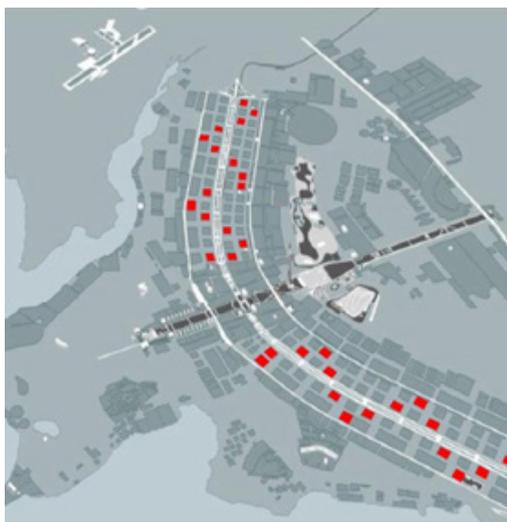


Figura 3. Planta da cidade com a localização (em vermelho) das superquadras analisadas. Fonte: Romero, 2011, p. 45



Figura 4. Pilotis ocupados e acessibilidade restrita na 202 e 402 Norte. Fonte: A autora



Figura 5. Térreo de blocos da superquadra 109 Norte. Fonte: A autora

Nas superquadras Norte, por exemplo, os “pilotis livres”, pensados por Lucio Costa, têm mais de 40% de suas áreas ocupadas. Faz-se necessário considerar que, além da ocupação dos pilotis, existem nas quadras diferentes parâmetros de disposição de edifícios que criam conformações urbanas com grande e média permeabilidade, podendo criar barreiras ao vento, e com baixa permeabilidade, levando a grande possibilidade de ocorrência de efeitos barreira e de canalização - fenômenos que podem ser incrementados pelos diversos obstáculos colocados no caminho dos ventos, (ROMERO, 2006; FARIA e ROMERO, 2021) , Fig. 6.

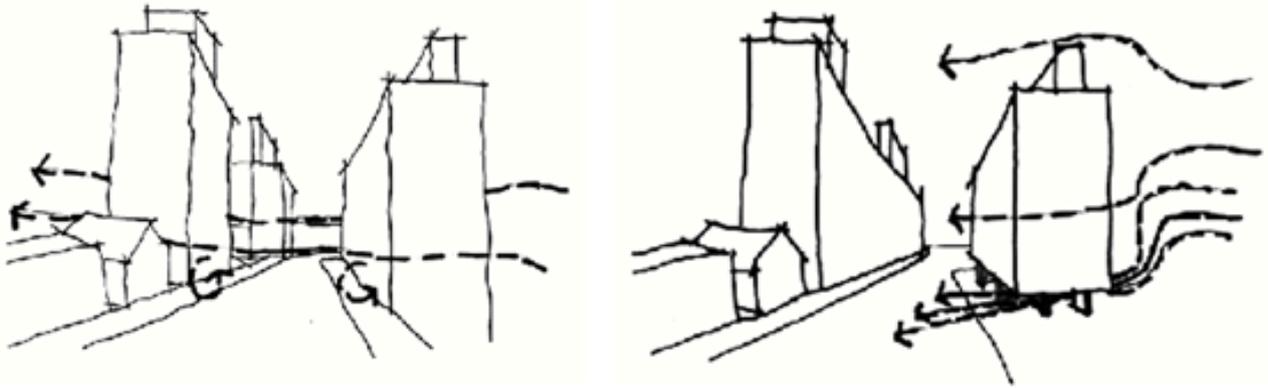


Figura 6. Efeitos do fluxo do vento. Fonte: Romero, 2011, p. 109

Na Asa Sul, o percentual de área dos pilotis ocupada sobe para 70% nas quadras 211, 213, 314, 315 e 412. 90% dos prédios possuem rampa, mas apenas 3,8 % desses têm rampa dos dois lados, dificultando o acesso às pessoas com deficiência.

Junta-se à situação descrita o fato de o calor perdido por ondas longas determinar o resfriamento das superfícies e do ar adjacente, e torna-se preocupante o fato de que apareçam mais compactas as áreas de edificações, pois nelas verificam-se alguns problemas, entre os quais destacamos: a redução da radiação solar direta por sombreamento, o aumento da radiação difusa devido a inter-reflexões entre edifícios e a retenção da radiação de onda longa no espaço urbano (“trapping”).

Quanto aos aspectos de fechamento ao redor dos edifícios, as intervenções também são constantes. Por exemplo, 45% dos blocos das superquadras 211, 213, 314, 315, e 412 Sul possuem gradil (grade baixa), algo que também não estava previsto no projeto de Lucio Costa. Na Asa Norte a quantidade é um pouco menor, 32% dos prédios das quadras 103, 105, 202, 304, 402, 406 Norte também possuem gradil (Fig. 7).



103 Norte



103 Norte



302 Norte



303 Norte

Figura 7. Intervenções de fechamento ao redor dos edifícios. Fonte: A autora

A visibilidade seria responsável pela sensação de segurança, assim a presença das grades de proteção é necessária, por exemplo, quando há um desnível da garagem ou do estacionamento do prédio. Nas superquadras 109, 111, 208, 310, e 407 Norte percebe-se uma obstrução em 47% dos prédios, pela construção de salões de festa ou pela vegetação densa, impedindo o controle social. Nas quadras 115, 212, 214, 216, 316 e 415 Norte a situação é ainda pior – uma média de 86% de visibilidade está impedida, influenciando também nas trocas térmicas.

Essa influência nos remete ao fato de que as edificações constituem obstáculos ao resfriamento urbano, uma vez que dificultam a perda de radiação de ondas longas para o espaço, sem esquecer que a perda de radiação de ondas longas é maior quanto maior for a área de céu visível, que propicia a troca de calor entre a superfície e o espaço. Sobre a influência das edificações nos microclimas urbanos destacamos os estudos realizados por Duarte & Serra (2001), em Cuiabá. Os autores apresentam o indicador que representa a proporção entre a densidade construída, representada pela taxa de ocupação multiplicada pelo coeficiente de aproveitamento do solo e os elementos naturais (água e vegetação arbórea), que tem como objetivo estabelecer a proporção desejada entre as variáveis em função do clima do lugar, buscando amenizar as condições climáticas das áreas urbanas.

Já ao redor dos edifícios, verificou-se a presença de cercas vivas ou sebes em 50% deles e de cercas comuns em 52% dos prédios das quadras 109, 111, 208, 310 e 407 Norte. Nessas superquadras, 45% dos passeios apresentam obstáculos e 37% de escadas nos acessos, 50% das construções no térreo obstaculizam a visão do lugar e o fluir dos ventos.

O paisagismo abandonou os elementos básicos de Lucio Costa ("árvores de grande porte") ao implantar uma vegetação pouco adequada ao lugar, já que não fornece sombra, nem frutos, nem o deleite visual, ao alinhar desajeitadamente uma série de palmeiras em uma composição estética duvidosa; porém, é a vegetação que, junto com muitos recursos de desenho urbano, influencia o clima em escala local, como a forma, estrutura e densidade urbana, permeabilidade da superfície distribuição de edifícios e árvores, orientação e metabolismo - uma vez que existe uma forte relação entre essas características e consumo de energia em edifícios e conforto térmico de espaços ao ar livre (AKBARI et al., 2016).

Lembrando que Lucio Costa criou para Brasília o conceito de cidade-parque, em que a cidade deveria ser coberta por um grande tapete verde, com muitas árvores proporcionando sombras e um cinturão verde em torno da quadra protegendo de ruídos e umidificando o ambiente. Exemplos claros da importância da porcentagem de copas de árvores ficam evidentes na diferença de temperatura que encontramos na SQS 203, que apresenta cerca de 1°C a menos que a SQS 108, nos períodos seco e chuvoso do ano, ambas típicas Superquadras da Asa Sul. O principal motivo identificado para essa diferença é a arborização, pois na SQS 108 a porcentagem dessa é de 33,73% e na SQS 203 de 38,61%, produzindo, portanto, uma sensível diferença no conforto térmico urbano.

A arborização se transforma em um recurso fundamental na construção de elementos que auxiliam o estresse térmico urbano, tais como os corredores verdes, por exemplo. A ventilação urbana depende de fluxos de vento em várias escalas e das características das cidades, tanto do ponto de vista do ambiente construído (porosidade, rugosidade), quanto do clima local (OKE, 2006). Elaborar corredores de vento pode contribuir para a qualidade do ar na dispersão de aerossóis e para o conforto térmico dos pedestres, especialmente em zonas de clima tropical úmido (REN et al., 2018). A ventilação natural, segundo Santamouris (2013), é o instrumento mais eficaz para melhorar a qualidade do ar em áreas urbanas.

No tecido urbano, observamos também a temperatura do ar e das superfícies dentro dos cânions urbanos, já que dependem do balanço da radiação solar. A maior parte da radiação solar atinge as coberturas e paredes e muito pouco o solo, onde é absorvida em função das características dos materiais e transformada em calor sensível. Nos cânions

urbanos boa parte da abóbada celeste que seria vista das superfícies é bloqueada por outros edifícios, e as perdas por radiação de ondas longas são reduzidas. Dessa forma, o balanço entre os ganhos e perdas de calor é positivo e a temperatura é maior que na zona rural.

O estudo das temperaturas do ar e das superfícies, e da circulação do ar dentro dos cânions urbanos, através da análise do balanço térmico, visa otimizar o consumo de energia das edificações, o conforto térmico dos pedestres e a dispersão dos poluentes. A distribuição da temperatura do ar dentro do cânion urbano não é homogênea: regiões com maior porosidade possuem melhor ventilação do que as pouco porosas; nas muito porosas há melhores trocas térmicas, renovação do ar e possibilidade de ventilação cruzada, o que é o ideal para regiões quentes.

No cânion urbano há uma estreita relação entre o padrão de temperatura das superfícies e a geometria das ruas, por exemplo:

- Próximo às fachadas, forma-se uma camada de ar cuja temperatura depende da temperatura da superfície da fachada e do transporte vertical do ar.

- No meio do cânion, no solo, a temperatura do ar é diferente daquela próxima às fachadas e depende também do transporte horizontal do ar. A temperatura no meio do cânion é menor que a temperatura correspondente da camada de ar próximo às fachadas, e em todos os casos a temperatura da camada de ar é maior que a do ar acima dos edifícios.

A circulação do ar dentro de cânions profundos não é devida somente ao fluxo de ar sobre o cânion, mas também é influenciada pela estratificação do ar dentro do cânion e pelo mecanismo de advecção nos cantos dos edifícios (Fig. 8 e 9).

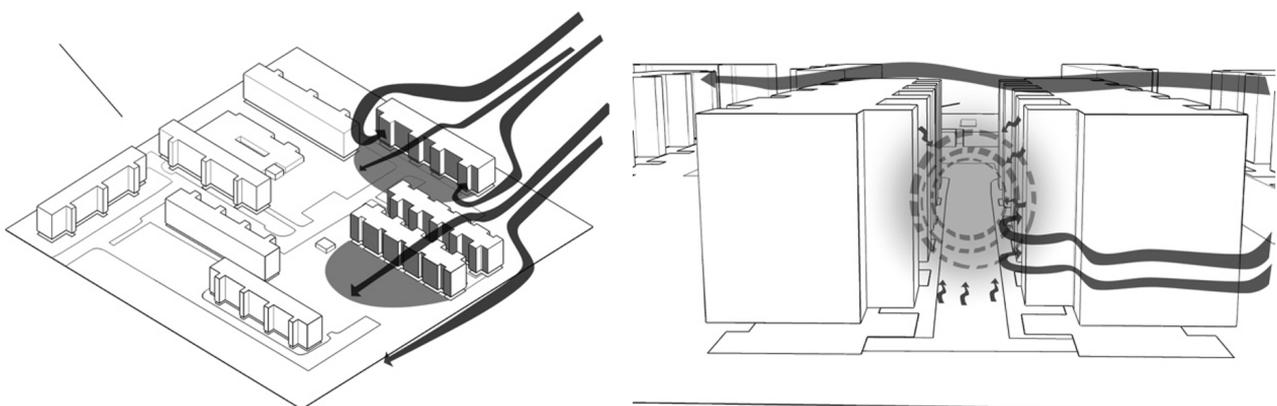


Figura 8. Encontrou-se, nas superquadras analisadas, Espaços de Recolhimento com proporções $W=H$, $W=2H$, $W=3H$. Superquadra 115 Norte. Fonte: Romero, 2011, p. 65



Figura 9. Segmento do comércio local da superquadra 308/309 Norte. Fonte: Romero, 2011, p. 65

Estratégias para a obtenção do conforto

A originalíssima concepção de Lucio Costa outorga ao espaço urbano significado com o princípio do solo público aberto, arborizado, gramado, permeável e desimpedido para o ir e vir. Ajudando, assim, o homem a morar e desenvolver sua relação com o ambiente - desaparece o parcelamento em lotes delimitados e contínuos, substituído pela acessibilidade indiscriminada ao interior do quarteirão. Visualizar o espaço torna o habitat seguro e amigável - o sentido de lugar se desenvolve e o enraizamento pode fornecer identidade. Um urbanismo assim pensado é sustentável porque projeta entornos indutores da comunidade, em que os espaços públicos atuam como catalisadores da comunidade. Experiências em diversas partes do mundo comprovam que quanto mais intensamente habitado é um espaço, mais pacífico tende a ser, porque haverá mais testemunhas que inibem crimes contra o patrimônio e ataques pessoais.

Os espaços urbanos que admiramos por sua beleza e harmonia estão em regiões que possuem grande adaptabilidade e visibilidade, fatores fundamentais da sustentabilidade. Assim verificamos nos tecidos antigos, facilmente reconhecidos a partir das praças e cidades, lugares, geralmente, com sentido estético e social, que além da dimensão artística possuem uma forma de circunscrever um espaço próprio à vida pública. A sustentabilidade e a acessibilidade não são questões exclusivamente ambientais, pois se relacionam com as questões de cidadania e igualdade, geralm e preferencialmente exercidas no espaço público. Daí a necessidade de espaços que possam oferecer as maiores alternativas eco-térmicas possíveis e que sejam adequadas a todas as necessidades (ROMERO, 2007).

Em definitivo, são necessários espaços capazes de conjugar interioridade e

exterioridade - somente uma política de tratamento paisagístico em sentido amplo e a retomada da arborização intensiva manterá a uniformidade do conjunto urbano, o que fornece sustentação e qualidade urbanística à superquadra.

Estratégias para a obtenção do conforto

O desenho da cidade e o conforto ambiental requerem a representação do meio ambiente urbano como um objeto único, cuja identidade resulta do conjunto de suas características, dentre elas o território, natural ou construído, exigindo o entendimento do meio físico e uma nova cultura ambiental. Essa nova forma de percepção do lugar demanda, portanto, uma escolha e uma tomada de consciência das qualidades que estão presentes num determinado lugar. A caracterização do lugar relaciona-se à vivência do homem, às suas interações com o outro, às transformações e adaptações das regras preestabelecidas pela própria natureza.

A cultura ambiental é uma síntese das condições do meio natural e da paisagem construída, dos conjuntos urbanos e espaços de uso público, das edificações, do mobiliário etc. Somente quando incorpora-se os elementos próprios do lugar, especialmente os ambientais, que são os que outorgam caráter e definem a cidade, é possível realizar um planejamento local específico, mais adequado à grande diversidade regional. A consideração destes elementos nos permite atender melhor às exigências de qualidade de vida dos cidadãos.

O conforto bioclimático de determinado ambiente externo ou interno envolve diversas variáveis que influenciam a sensação de conforto humano e a avaliação que o usuário faz do ambiente, em função da atividade que está realizando, da sua vestimenta e das variáveis climáticas do local. Projetar, então, pode ser entendido como a recuperação de práticas que levam em consideração as condições do ambiente, evitando a perda da evidência do entorno e colaborando para a percepção da cidade integrada nos processos naturais que sustentam a vida.

Na concepção dos edifícios, a adoção de certas estratégias pode influenciar significativamente seu desempenho térmico e, conseqüentemente, o conforto térmico de seus ocupantes. A busca pelo conforto térmico dos ambientes por meio da adequação do projeto conduz à lógica bioclimática, em que a adequada leitura das características climáticas de um lugar produz soluções projetuais confortáveis.

Recomendações e diretrizes de projeto, tanto para a implantação como para as características dos elementos de envoltória em geral, assim como para as aberturas e sombreamento, podem ser direcionadas para a maximização do conforto térmico⁵, permitindo propor uma combinação de várias estratégias. A

5 A Norma 15.220 estabelece recomendações e diretrizes para os climas brasileiros a partir de uma análise de Habitação de Interesse Social. Como não há Norma específica para a análise do desempenho térmico e do conforto ambiental de outros edifícios, se assumem as diretrizes da NBR 15.220.

adoção de soluções que conduzam à prevenção e atenuação de ganhos de calor e de estratégias que deem origem a processos de dissipação de calor traduzir-se-á, assim, numa redução das necessidades de resfriamento e na melhoria das condições de conforto térmico.

A atenuação dos ganhos de calor através da envoltória do edifício depende também da massa térmica do edifício, ou seja, da capacidade que um edifício tem de armazenar calor na sua estrutura, assim como da colocação de elementos de proteção solar (brises) e as placas perfuradas, paredes com menor absorvência, vidros com menor fator solar, menor transmitância das paredes e ventilação mecânica da cobertura.

Nas regiões tropicais, como a que abriga Brasília, a ventilação natural é um processo pelo qual é possível resfriar os edifícios, tirando partido da diferença de temperaturas existente entre o interior e o exterior, em determinados períodos. O movimento de ar efetivo através dos edifícios, gerado por pressão de vento, depende de duas condições básicas: primeiro, deve existir uma zona de alta pressão e uma zona de baixa pressão em torno do edifício e, segundo, devem existir aberturas de entrada na zona de alta pressão e aberturas de saída na zona de baixa pressão. Para atender a esses requisitos, mostram-se fundamentais a forma do urbano e o desempenho da estrutura da cidade.

São necessárias diversas estratégias bioclimáticas quando se trata da criação de um habitat mais sustentável. Entre elas destacamos as *Estratégias de acondicionamento do lugar*, que envolvem ações como a minimização de cortes e aterros, a disposição das atividades segundo a orientação (zonas úmidas nas orientações de maior carga térmica), a captação e reuso das águas de chuva (armazenamento e filtro), a presença ativa da vegetação (para resfriamento e sombreamento), e de espécies vegetais apropriadas, o rego controlado, solo permeável e drenagem natural, por gravidade.

Em seguida, podemos destacar as *Estratégias Bioclimáticas* para promover a *ventilação natural*, tais como: a concepção alongada; as vedações opacas modulares, leves, permeáveis; a porosidade da massa construída; as vedações transparentes modulares com WWR⁶ calculado, protegidas da radiação; as aberturas que permitem ventilação cruzada; a camada de ar ventilada nas fachadas; o resfriamento noturno (vãos controláveis). Por outro lado, a fim de restringir ganhos solares, devem ser incorporados elementos de desenho como os dispositivos de proteção solar externos, as coberturas duplas, o colchão de ar, o forro ventilado, os passeios cobertos ou semicobertos, a pele dupla, as cores claras ou refletantes, e as coberturas vegetais.

Destacamos por fim as Estratégias de iluminação natural, que

6 WWR – Window Wall Ratio, percentual recomendado de área envidraçada e área opaca de fachada. Esse percentual considera a proporção ótima de vidros para garantir iluminação natural e minimizar ganhos e perdas solares, levando em consideração as dimensões do ambiente (largura, profundidade e pé direito).

compreendem os elementos de desenho como vedações transparentes modulares, com WWR calculado, protegidas da radiação, prateleiras de luz, forros claros e vidros seletivos, e as Estratégias de eficiência energética, tais como, equipamentos de baixo consumo elétrico e de água, controle individual dos equipamentos e sistemas de iluminação, incorporação da vegetação no isolamento do edifício, e partido arquitetônico alongado (pouco profundo).

Índices de Conforto para Espaços Abertos

A fisiologia humana a partir dos fatores básicos que afetam o conforto hidrotérmico, tais como o vestuário, a temperatura radiante do ar, a umidade, a velocidade do ar, a temperatura do ar e o calor metabólico, processa, involuntariamente, ajustes que influenciam no processo de aumentar ou diminuir as taxas de perda de calor ou de outras sensações, tais como a luminosidade ou a absorção de ruídos. Segundo Frota e Schiffer (2001), "o organismo experimenta sensação de conforto térmico quando perde para o ambiente, sem recorrer a nenhum mecanismo de termorregulação, o calor produzido pelo metabolismo compatível com sua atividade".

Os índices de conforto térmico procuram englobar, num único parâmetro, o efeito conjunto dessas variáveis. De acordo com Frota e Schiffer (2001), existem cerca de três dezenas de índices, os quais foram desenvolvidos com base em diferentes aspectos do conforto (biofísicos, fisiológicos e subjetivos).

Monteiro e Alucci (2005_a, 2005_b) fazem uma revisão acerca de estudos e modelos na área de conforto e stress térmico em espaços externos. Entre os índices de sensação térmica (conforto), consideram dois numéricos: O Índice de Sensação Térmica (TS), desenvolvido por Givoni, e a Temperatura Neutra Exterior (T_{ne}), proposto por Aroztegui em 1995 (que relaciona variáveis de vento e radiação), e um analítico: o Modelo PET (Physiological Equivalent Temperature), que se baseia no balanço térmico do corpo humano.

Segundo a classificação dos modelos e índices aplicáveis a espaços abertos proposta por Monteiro e Alucci (2007), mostram-se adequados os modelos que apresentam a característica de englobar dados objetivos (microclimáticos) e dados subjetivos de sensação térmica.

De acordo com a Norma Internacional ISO 7730, quando os parâmetros físicos de um ambiente, temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e umidade do ar, bem como os parâmetros pessoais, como as atividades físicas desempenhadas e as vestimentas utilizadas pelas pessoas, são conhecidos ou medidos, a sensação térmica do corpo pode ser estimada

pelo cálculo do índice do voto médio estimado PMV (Predicted Mean Vote)⁷.

⁷ O PMV é um índice que prevê o valor médio de um grande grupo de pessoas, segundo uma escala de sensações de 7 pontos. A partir do valor do PMV, define-se o índice conhecido como Predicted Percentage of Dissatisfied – PPD, que estabelece a quantidade estimada de pessoas insatisfeitas termicamente com o ambiente. O índice PPD pode variar de 5 a 100%. Segundo a norma ISO 7730, os ambientes ideais possuem valores de PMV entre -0,5 e +0,5, o que corresponde a até 10% de pessoas insatisfeitas. São toleráveis, porém, os ambientes com PMV entre -1 e +1 e 20% de pessoas insatisfeitas.

Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.220: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2003.

AKBARI, H.; CARTALIS, C.; KOLOKOTSA, D.; MUSCIO, D.; PISELLO, A. L.; ROSSI, F.; SANTAMOURIS, M.; SYNNEFA, A.; WONG, N. H. e ZINZI, M. Local climate change and urban heat island mitigation techniques – the state of the art, *Journal of Civil Engineering and Management*, 22:1, 1-16, 2016.

DUARTE, D., SERRA, G. Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, São Pedro, SP, 2001. CD-Rom Anais.

FARIA, N. DE M.; ROMERO, M.B. Avaliação da ventilação urbana da superquadra 500 do Sudoeste -DF. XVI ENCAC, PALMAS, TO, 2021,

FERREIRA, L. S. Vegetação, temperatura de superfície e morfologia urbana: um retrato da região metropolitana de São Paulo. Tese de Doutorado da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2019.

FROTA, A. B. e SCHIFFER, S. R. Manual do Conforto Térmico, 5ª.ed. Stúdio Nobel, SP, 2001.

MONTEIRO, L.M.; ALUCCI, M.P. Conforto térmico em espaços abertos com diferentes abrangências microclimáticas. Parte 1: verificação experimental de modelos preditivos. In: IX Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 2007, Ouro Preto - MG. Anais. Ouro Preto - MG: UFMG, 2007.

MONTEIRO, L.M.; ALUCCI, M.P. Índices de conforto térmico em espaços abertos, parte 1: estado da arte. In: VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 2005, Maceió - AL. Anais. Maceió - AL: UFAL, 2005_a.

MONTEIRO, L.M.; ALUCCI, M.P. Índices de conforto térmico em espaços abertos, parte 2: estado da arte. In: VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente

Construído, 2005, Maceió - AL. Anais. Maceió - AL: UFAL, 2005_b.

OKE, T.R.; Mills, G.; Christen, A. e Voogt, J. Urban Climates. Cambridge: Cambridge University Press, 2017.

OKE, T.R. Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observation At Urban Sites. World Meteorological Organization. Report n° 81, 2006. Disponível em: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9286

REN, C.; Yang, R.; Cheng, C.; Xing, P.; Fang, X.; Zhang, S.; Wang, H.; Shi, Y.; Zhang, X.; Kwok, Y. e Ng, E. Creating breathing cities by adopting urban ventilation assessment and wind corridor plan – The implementation in Chinese cities. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 182, p. 170-188, 2018.

ROMERO, M.A.B.; MACEDO, Gustavo de M. B.; AZEVEDO, Erondina de L.; WERNECK, Daniela R.; VIANNA, Elen O.; SALES, Gustavo de L. Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas. Brasília: Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2019 – 1ª edição / Editora ETB

ROMERO, M. A. B. Arquitetura bioclimática do espaço público. 4ª reimpressão. Brasília: Editora UnB, 2015. 226p.

ROMERO, M. A. B. Arquitetura do Lugar. Uma visão bioclimática da Sustentabilidade em Brasília. Nova Técnica Editorial, São Paulo, 2011.

ROMERO, Marta A. B. Sustentabilidade e Acessibilidade no espaço residencial do Plano Piloto de Brasília - ANPUR 2007 Cadernos Enanpur v. 12 n. 1 (2007): Belém– Pará – 21 -25 Maio 2007. XII Encontro Nacional da ANPUR, 2007.

ROMERO, Marta. "O desafio da construção de cidades", Revista Arquitetura e Urbanismo - AU, Ano 21 No 142, Editora PINI, ISSN 0102-8979, pág. 55 – 58, São Paulo. 2006.

ROMERO, M.A.B. "As Características do Lugar e o Planejamento de Brasília" in revista Espaço e Geografia, Vol. 6 no 2, ISSN: 1516-9375, pág. 23 a 42, Brasília. 2004.

SANTAMOURIS, M. Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island - A review of the actual developments. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 26, pp. 224-240, 2013.

WERNECK, Daniela Rocha. Variabilidade da temperatura de Superfície diurna entre as Zonas Climáticas locais (LCZ). Um estudo para a área urbana do Distrito Federal. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Orientador: Marta Adriana Bustos Romero. 2022.

A sustentabilidade urbana e as cidades inteligentes são essenciais no mundo atual. Com a rápida urbanização, é vital repensar o planejamento urbano, equilibrando crescimento econômico, preservação ambiental e bem-estar social. A sustentabilidade propõe harmonizar recursos naturais, qualidade de vida e resiliência dos ecossistemas. Cidades inteligentes utilizam tecnologias como IoT, big data e inteligência artificial para otimizar serviços urbanos, melhorar infraestruturas e promover participação cidadã. Estas cidades impulsionam a sustentabilidade ambiental, inclusão social e governança participativa. Planejadores e decisores devem adotar princípios de sustentabilidade e inovação. Estratégias que priorizam esses elementos são cruciais para cidades resilientes, preparadas para os desafios do século XXI. O livro "Planejamento Ambiental Urbano: Alicerces de uma Cidade Inteligente e Sustentável" reúne especialistas que exploram esses temas em onze capítulos, refletindo suas vivências e pesquisas em centros urbanos. Esta obra inspira e orienta a construção de cidades mais inteligentes e sustentáveis.

