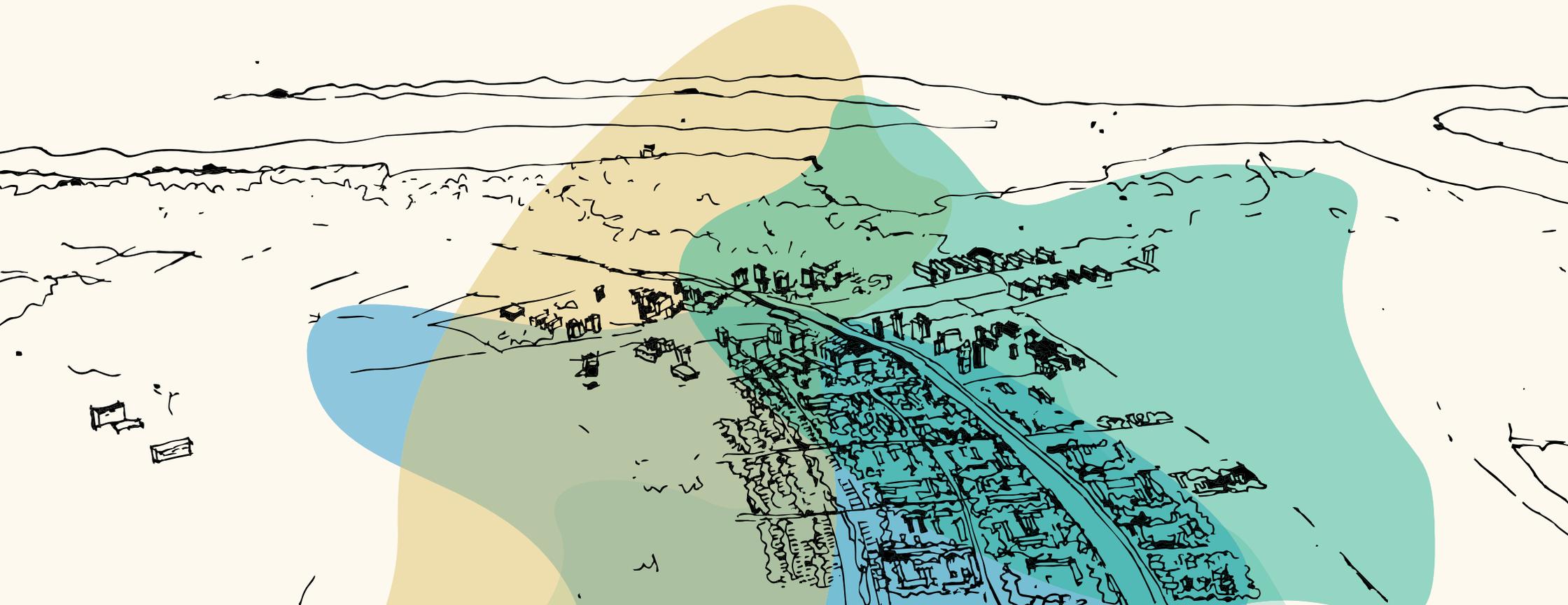


# MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ILHAS DE CALOR URBANAS

Marta Adriana Bustos Romero • Gustavo Macedo de Mello Baptista • Erondina Azevedo de Lima • Daniela Rocha Werneck  
Elen Oliveira Vianna • Gustavo de Luna Sales



	<b>UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA</b>
<b>Reitora:</b>	Márcia Abrahão Moura
<b>Vice-Reitor:</b>	Enrique Huelva
<b>Decana de Pós Graduação:</b>	Adalene Moreira Silva
<b>Decana de Pesquisa e Inovação:</b>	Maria Emília Machado Telles Walter
	<b>FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - UnB</b>
<b>Diretor:</b>	José Manoel Morales Sanchez
<b>Vice Diretora:</b>	Luciana Saboia Fonseca Cruz
<b>Coordenador de Pós-Graduação:</b>	Marcos Thadeu Queiroz Magalhães
<b>Coordenadora do LaSUS-FAU-UnB e do Projeto de Pesquisa:</b>	Marta Adriana Bustos Romero
<b>Capa:</b>	Ederson Oliveira Teixeira
<b>Diagramação e Projeto Gráfico:</b>	Juliana de Souza Bezerra
<b>Comissão Executiva do Livro:</b>	Marta Adriana Bustos Romero Daniela Rocha Werneck Valmor Cerqueira Pazos
<b>Conselho Editorial:</b>	Jacks Ridan da Silva Guedes Marlete Maria da Silva Larissa de Matos Guedes
<b>Autores:</b>	Marta Adriana Bustos Romero Gustavo Macedo de Mello Baptista Erondina Azevedo de Lima Daniela Rocha Werneck Elen Oliveira Vianna Gustavo de Luna Sales
<b>Financiamento da Pesquisa:</b>	Fundação de Apoio a Pesquisa do Distrito Federal – FAP-DF
Textos, imagens, figuras, ilustrações são de responsabilidade dos autores.	

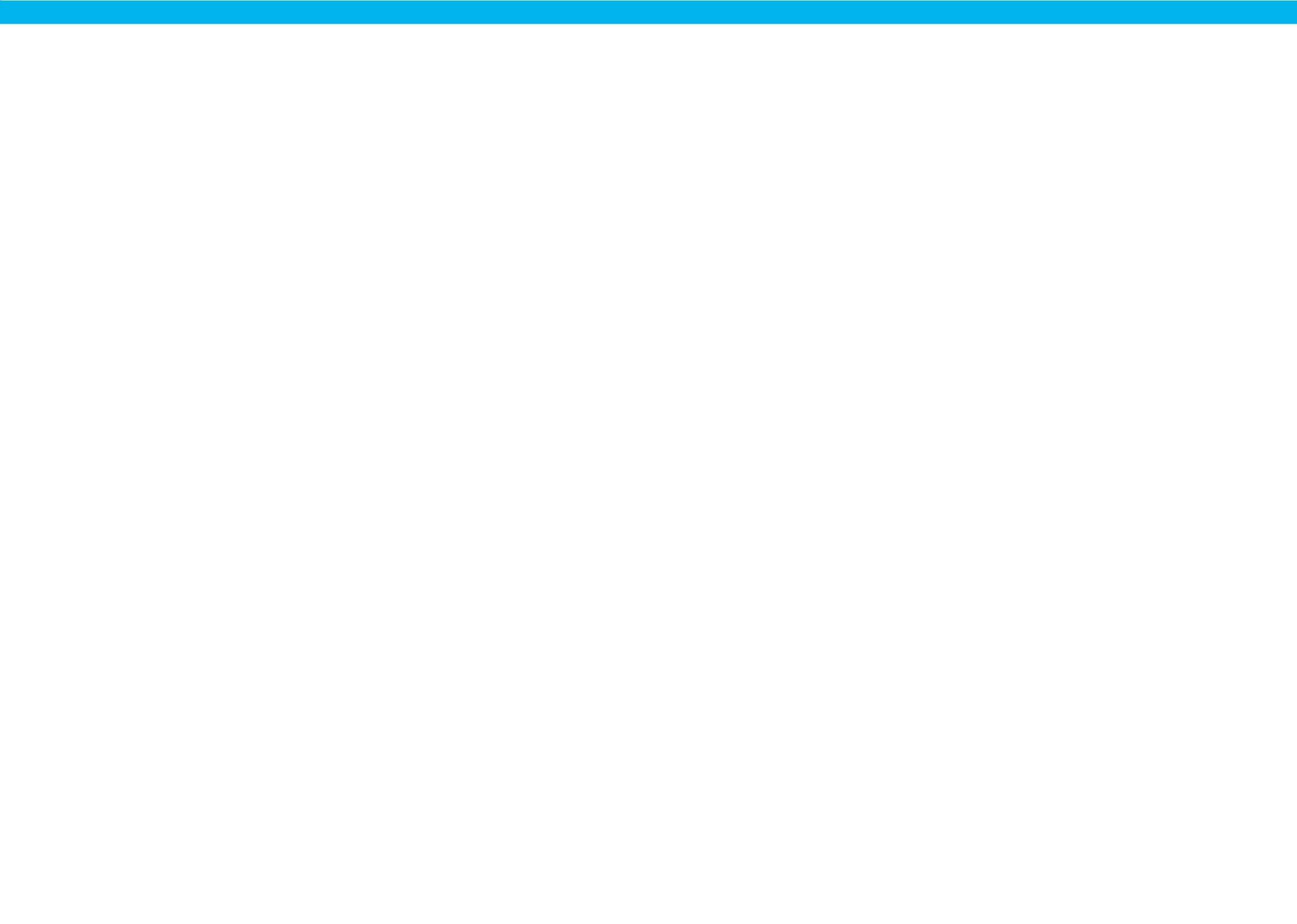
<p>Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas – Projeto Pesquisa intitulado “Estudos sobre a relação entre mudanças climáticas e Ilhas de calor urbanas em Brasília. Ênfase na configuração urbana e na avaliação da sustentabilidade e desempenho ambiental” financiado pela Fundação de Apoio a Pesquisa do Distrito Federal – FAP-DF pelo edital 06/2017.</p> <p>Brasília: Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2019 – 1ª edição / Editora ETB. 151 p.:il formato: 21 x 29,7 cm</p> <p>ISBN: 978-85-67405-25-4 / <a href="http://dx.doi.org/10.18830/ISBN.978-85-67405-25-4">http://dx.doi.org/10.18830/ISBN.978-85-67405-25-4</a></p> <p>1. Romero, Marta Adriana Bustos. [et al.]. 2. Planejamento Territorial Urbano 3. Infraestrutura 4. Desenvolvimento Sustentável 5. Paisagismo. I. Relação entre mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas (2019: Brasília – Distrito Federal – Brasil) II. Título.</p> <p>CDU-711.4</p> <p>1. Arquitetura sustentável 720.47</p>
--

1ª Edição

FAU - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo / LaSUS – Laboratório de Sustentabilidade Aplicada a Arquitetura e ao Urbanismo.

Caixa Postal 04431, CEP 70904-970 – Brasília-DF. Telefones: 55 61 3107-7445 / 3107-7458. Pedidos: lasus@unb.br / www.lasus.unb.br

# MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ILHAS DE CALOR URBANAS



# SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	7
CAPÍTULO 1 – O FENÔMENO DAS ILHAS DE CALOR URBANAS: CONCEITOS GERAIS PARA ARQUITETOS E URBANISTAS	11
CAPÍTULO 2 – INVESTIGAÇÕES DOS FENÔMENOS URBANOS	27
CAPÍTULO 3 – COMO O DESENHO MODERNO REFLETIU NA GERAÇÃO DE ILHAS DE CALOR – OLHAR SOBRE BRASÍLIA	41
CAPÍTULO 4 – PANORAMA DAS ILHAS DE CALOR NO DISTRITO FEDERAL	73
CONSIDERAÇÕES FINAIS	139
CURRÍCULO DOS AUTORES	145



## Apresentação

O presente e-book busca contribuir para a discussão do fenômeno das Ilhas de Calor Urbanas (ICU's) no cenário nacional, utilizando, como pano de fundo, estudos desenvolvidos por pesquisadores da Universidade de Brasília com apoio da Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal – FAP-DF pelo edital 06/2017. Dado o processo de urbanização acelerado e concentrado, é de fundamental importância colocar em pauta os impactos advindos das ICU's, tanto no meio acadêmico quanto no universo dos tomadores de decisão que modificam a paisagem urbana constantemente – políticos, empresários e a sociedade organizada.

Assim, tomamos como um dos desafios para este e-book a adoção de uma linguagem acessível. Ao utilizar exemplos reais e concretos buscamos tornar claros os conceitos e principais aspectos relacionados com os problemas ambientais decorrentes das UCI's. Além disso, indicar as possíveis soluções de mitigação também se torna uma peça importante para que políticas públicas e ações coordenadas sejam facilitadas. O cenário alarmante encontrado evidencia a falta de governança climática, e isto sem dúvida acentuará a herança negativa de um desenvolvimento urbano não planejado, transferindo o peso dos impactos principalmente à camada mais pobre de sua população. Responder às mudanças climáticas e ao nosso próximo desafio energético sem uma forma mais sustentável de urbanismo será impossível.

O primeiro capítulo fundamenta o tema de forma simplificada e clara, apresentando estudos teóricos sobre a formação das Ilhas de Calor Urbanas ao longo da história – no cenário nacional e internacional. Ele foi desenvolvido para facilitar a leitura dos demais capítulos e apresentar um arcabouço geral do tema a ser tratado. Além disso, o primeiro capítulo traça uma breve discussão sobre os métodos de medição dos efeitos das ICU's – métodos esses que são aprofundados e discutidos nos capítulos seguintes.

O segundo capítulo – investigação dos fenômenos urbanos – aprofunda a conceituação das ICU's e os métodos de medição por sensoriamento remoto. Apresenta estudos de casos desenvolvidos em São Paulo e Brasília, ilustra os impactos das ICU's sobre o aumento da temperatura do ar nestes centros urbanos. Neste capítulo fica evidenciado a complexidade envolvida nos estudos das ICU's e a necessidade de atuação de diversas áreas do conhecimento – não somente de arquitetos ou urbanistas – no processo de mitigação dos seus efeitos.

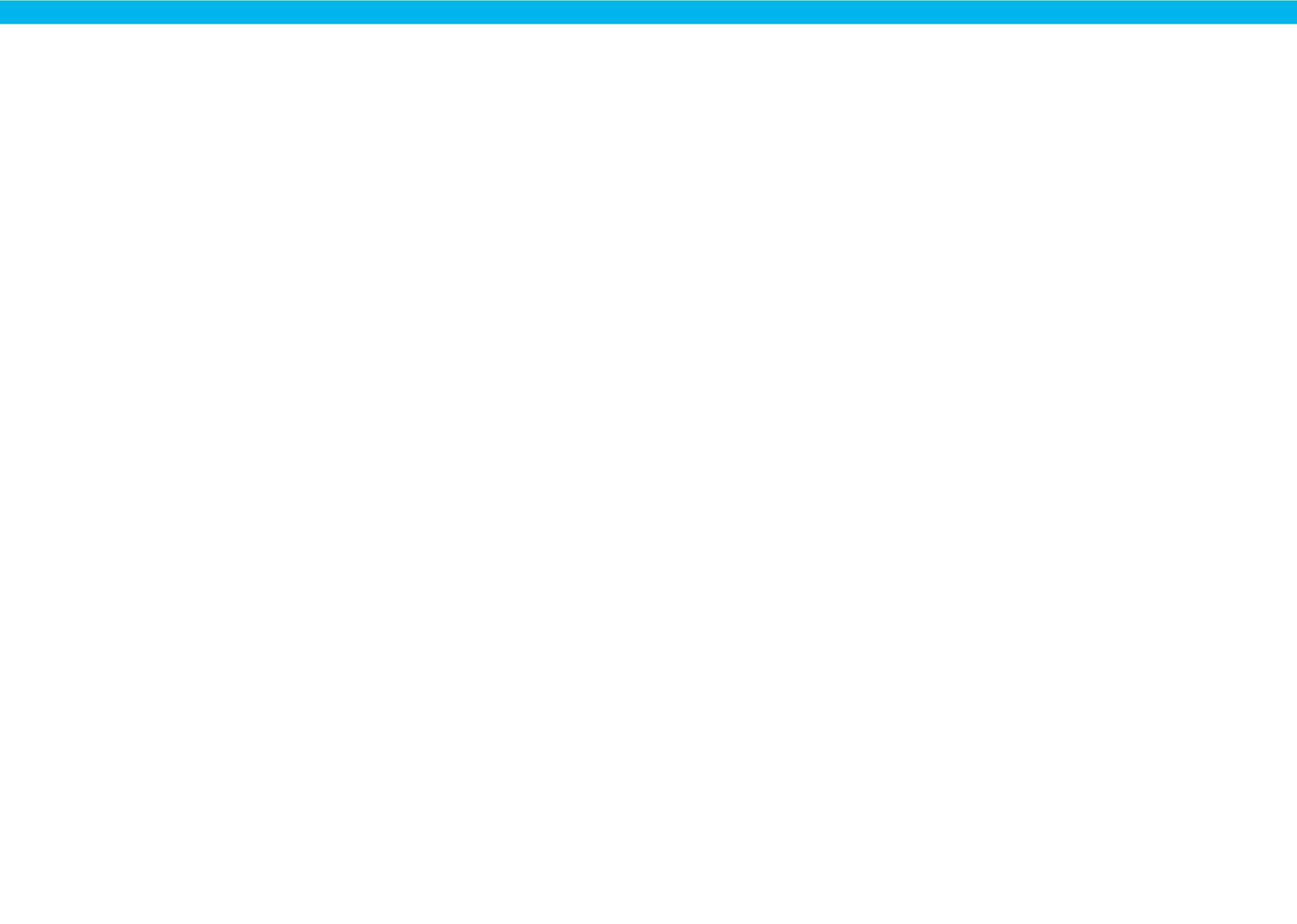
O terceiro capítulo retrata as modificações na paisagem urbana de diferentes regiões de Brasília, sob a ótica de um processo de urbanização acelerado e concentrado. Aborda desde os aspectos das cidades sustentáveis, e sua importância dentro das necessidades da sociedade atual; as atipicidades da cidade de Brasília em comparação com as demais cidades brasileiras, que tornam ainda mais latentes os problemas relacionados com as ICU's; e apresenta referências e estudos que discutem as motivações políticas/sociais que findam por moldar nossas cidades. Por fim, discute o conteúdo apresentado sob o contexto das regiões administrativas do Distrito Federal. Se examinam interações entre o uso e a cobertura do solo urbano e o microclima visando verificar a existência de Ilhas de Calor Urbanas no Plano Piloto e em regiões administrativas do Distrito Federal. Este espectro de aplicação contempla diferentes formas

urbanas e condições socioeconômicas e ambientais. A realização de estudos focados na morfologia urbana que constitui o Distrito Federal propicia o preenchimento de lacunas científicas muito relevantes ao campo dos estudos voltados à resiliência climática.

O quarto traz um estudo da ICU no contexto específico do Plano Piloto e em 8 regiões administrativas do Distrito Federal: Paranoá, Itapoã, Sudoeste, Mangueiral, Areal, Arniqueiras, Vila Telebrasília e Lúcio Costa. Aprofunda os métodos de medição utilizando os transectos móveis em conjunto com imagens termográficas – procedimento desenvolvido pelo Laboratório de Sustentabilidade Aplicada à Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Assim, além de demonstrar como o procedimento de medição da ICU foi desenvolvido, indicam os possíveis equipamentos que podem auxiliar outros pesquisadores e interessados no combate aos efeitos da elevação térmica nos centros urbanos – ao nível das ICU's de superfície.

Mudanças climáticas globais estão ocorrendo e as iniciativas de mitigação dos efeitos nocivos à saúde humana decorrentes destas mudanças se apresentam de forma discreta e não acompanham a urgência da crise ambiental. Esperamos que os dados das pesquisas aqui apresentados determinem quais padrões de ocupação ficam próximos do ambiente sustentável, e auxiliem a classificar as situações bioclimaticamente confortáveis e sustentáveis, passíveis de servirem de parâmetros para a comprovação de desempenho do ambiente urbano. Para assim obter resultados transformados em Sistemas de Apoio à Decisão, que contribuam para a viabilidade ambiental dos elementos que compõem o meio construído, em especial em parâmetros urbanísticos básicos de controle da ocupação do solo adotados nos Planos Diretores Locais que podem interferir na morfologia urbana e conseqüentemente no conforto.

Portanto, compreendendo que a qualidade ambiental e o nível de sustentabilidade do meio urbano passam pela compreensão do fenômeno das Ilhas de calor urbanas, o presente e-book, em sua primeira edição, constitui uma ferramenta que em futuras edições almeja adicionar estudos que, por ventura, tenham sido alimentados por esta edição.

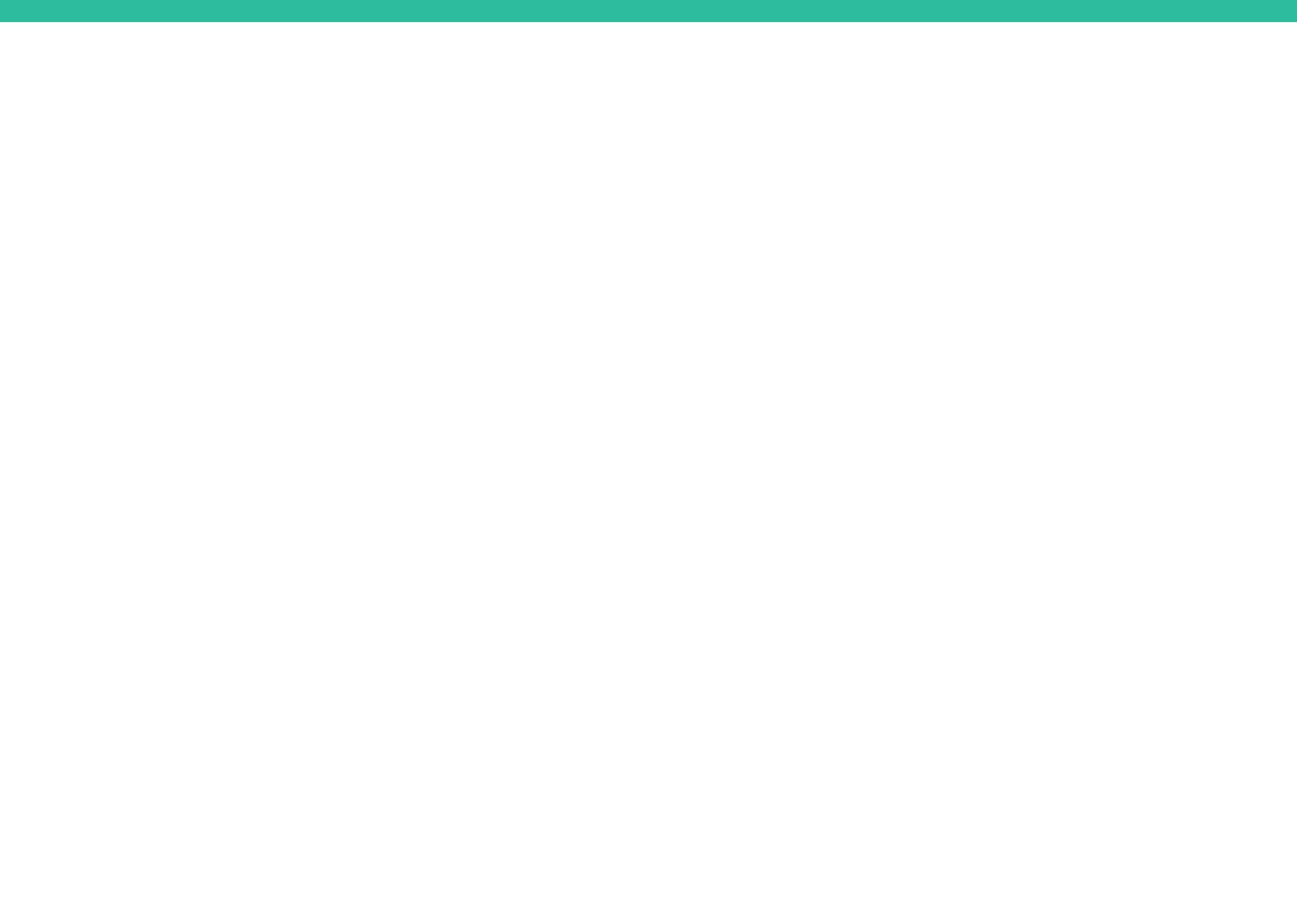






## CAPÍTULO 1

# O FENÔMENO DAS ILHAS DE CALOR URBANAS: CONCEITOS GERAIS PARA ARQUITETOS E URBANISTAS



## Introdução

Em algum momento de nossas vidas passamos pela experiência de visitar pequenas cidades afastadas dos grandes centros urbanos, ou de conhecer cidades extremamente adensadas. A vivência destas experiências, muitas das vezes, nos leva a questionar o motivo pelo qual os grandes centros urbanos serem mais quentes do que cidades menores e áreas rurais. De pronto, por meio de simples analogia, podemos imaginar diversos motivos que fazem com que a temperatura do ar seja mais alta nas grandes cidades e mais baixa nas áreas rurais. Edifícios, ruas pavimentadas, pouca vegetação, grande número de pessoas e de veículos transitando de lá para cá; são características marcantes de uma cidade grande – atores capazes de produzir e armazenar calor. Por outro lado, nas zonas rurais temos fartas áreas verdes, edificações mais baixas e dispersas, menor número de pessoas e carros transitando e uma menor quantidade de pavimentação do solo – fatos que reduzem a produção e o armazenamento de calor

Este capítulo inicial busca apresentar os principais conceitos e aspectos relacionados com a arquitetura e o urbanismo na formação do fenômeno conhecido como Ilhas de Calor Urbanas (ICUs) – fornecendo bases para a melhor compreensão deste fenômeno e auxílio na identificação de estratégias de mitigação. Além disso, tendo em vista as características climáticas nacionais, busca-se apresentar as complexidades e os diversos campos de conhecimento envolvidos no estudo das ICUs.

## Definição e Aspectos Gerais das Ilhas de Calor Urbanas

A Ilha de Calor Urbana (ICU) é um dos principais fenômenos associados ao clima urbano, significando que determinada área urbana apresenta condições microclimáticas diferentes em relação às áreas rurais ou que conservam sua paisagem natural (Environmental Protection Agency – EPA, 2008). Ou seja, quando dizemos que em uma cidade, ou fração de cidade, ocorre o fenômeno de ICU estamos caracterizando uma condição microclimática em que a temperatura do ar está mais elevada, a umidade relativa do ar está mais baixa e que existe a alteração na velocidade dos ventos, regime de chuvas, entre outros. Assim, o fenômeno das ICUs decorre do adensamento urbano, caracterizado por geometrias que barram os ventos e aumentam a taxa de absorção do calor; o aumento do albedo (dada a constante impermeabilização do solo); além da ação antrópica de remoção de vegetação e conseqüente redução da evapotranspiração trazem também uma diminuição significativa da umidade relativa do ar. Pode-se observar que as temperaturas de ar no meio urbano são mais elevadas em relação as áreas mais afastadas, que juntamente com o aquecimento das superfícies artificiais caracterizam a formação de ilhas de calor urbana.

O levantamento de pesquisas acadêmicas sobre o tema ICU demonstra que a observação do fenômeno não é algo recente. As primeiras pesquisas realizadas sobre clima urbano iniciaram no século XIX, em Londres, onde o cientista Luke Howard registrou um excesso de calor na cidade em comparação com o campo, atribuindo essa condição à maior absorção de radiação solar pelas superfícies da cidade e à falta de umidade para a evaporação – fato que reduz as

trocas térmicas para a retirada de calor. Posteriormente ao estudo de Howard, destacaram-se as pesquisas clássicas de climatologia moderna de Landsberg, em 1956, no livro *“The Climate of Towns”*, e de Chandler, em 1965, intitulado *“The Climate of London”*.

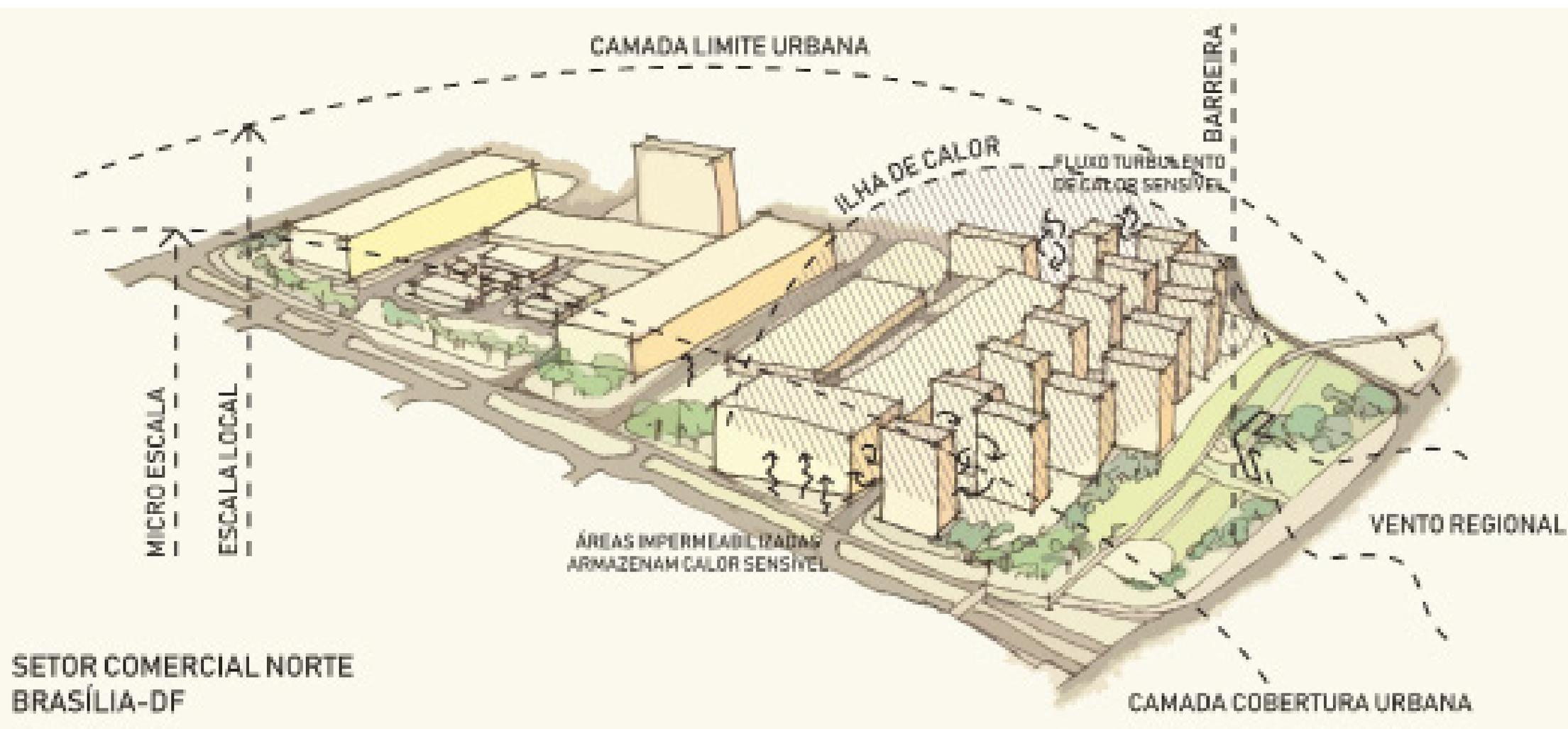
A pergunta que surge após esse breve panorama é: Qual a importância de se estudar as ICUs?. A resposta está no entendimento dos efeitos decorrentes desse fenômeno. Os efeitos negativos da ICU impactam nossa vida cotidiana nas cidades baixando a qualidade do ar e elevando a temperatura no meio urbano – fato responsável por um considerável número de óbitos nas grandes cidades do mundo. Além disso, com o aumento da temperatura no meio urbano, se eleva o consumo de energia nas edificações com o aumento do uso de aparelhos de ar condicionado ou o aumento da sua potência visando compensar a carga de calor externa. Por fim, a redução da qualidade do ar e elevação das temperaturas externas implicam na redução do potencial de aproveitamento da ventilação natural no espaço construído – aumentando ainda mais a dependência de sistemas artificiais de condicionamento nas edificações (ROMERO, 2013).

Foi principalmente a partir de 1975, com os estudos de Chandler, que as cidades como conhecemos passaram a ser vistas como uma ilha de calor. No Brasil, inúmeros estudos também constatam modificações climáticas ocorridas no ambiente urbano e as correlações com a forma urbana e as atividades humanas – atividades antrópicas – nela desenvolvidas. Como exemplo, temos o estudo de Lombardo (1985), que mostra a dinâmica espacial e temporal das ICUs na cidade de São Paulo. O estudo já apontava a existência de um maior aquecimento do ar sobre as zonas mais adensadas da cidade em relação ao seu entorno, criando zonas de diferentes pressões atmosféricas que tendiam a penetrar na cidade. Entretanto, devido à grande rugosidade do espaço urbano (pouca permeabilidade), a entrada de ar fresco na cidade se torna prejudicada.

Na literatura sobre o tema encontramos dois tipos diferentes de ICUs, com relação a sua forma, intensidade e localização do seu núcleo: ilhas de calor de superfície e a ilha de calor atmosférica (VOOGT e OKE, 2003). Assim, as ilhas de calor de superfície referem-se ao aquecimento relativo das superfícies urbanas. Enquanto que a ilha de calor atmosférica, apresentada na Figura 1.1, se forma nas seguintes camadas:

- Camada Cobertura Urbana (CCU): próxima às superfícies da cidade, se estendendo verticalmente desde o solo até a influência do edifício mais alto. Compreende a camada de ar onde as pessoas vivem
- Camada Limite Urbana (CLU): situa-se acima do dossel, formando um domo de ar aquecido sobre a cidade, que pode ter sua forma modificada pelo vento

Figura 1.1 - Ilha de calor Urbana Atmosférica



As principais diferenças entre as ilhas de calor de superfície e atmosférica estão relacionadas no Quadro 1.1. Essas diferenças estão baseadas no desenvolvimento temporal, intensidade, método de identificação e representação.

Quadro 1.1 - Ilha de Calor Urbana de Superfície e Atmosférica. Fonte: Adaptado de EPA (2008, p.2).

Características	ICU Superfície	ICU Atmosférica
<b>Desenvolvimento Temporal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presente em todas as horas do dia e noite.</li> <li>• Mais intensa durante o dia e no verão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pode ser pequena ou inexistente durante o dia.</li> <li>• Mais intensa durante a noite e no inverno.</li> </ul>
<b>Intensidade (Condição mais intensa)</b>	Maior variação espacial e temporal: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dia: 10 a 15°C</li> <li>• Noite: 5 a 10°C</li> </ul>	Menor variação: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dia: -1 a 3°C</li> <li>• Noite: 7 a 12°C</li> </ul>
<b>Método de Identificação</b>	Medição indireta: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensoriamento remoto</li> </ul>	Medição direta: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estação meteorológica fixa</li> <li>• Transectos em rede de estações móveis</li> </ul>
<b>Representação Típica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imagem termal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapa isotérmico</li> <li>• Gráfico de temperatura</li> </ul>

A intensidade da ilha de calor possui uma forte relação com a morfologia urbana – dentre outros fatores –, seja pela combinação das formas construídas com o relevo e paisagem naturais (geomorfologia), seja pelo relacionamento da forma resultante de ocupação urbana. Além disso, para Romero (2013) existem cinco diferentes fatores independentes que contribuem para o desenvolvimento da ilha de calor, são eles:

- Diferenças na média da radiação entre a área urbana e as imediações, em particular a baixa taxa de resfriamento radiante durante as noites;
- Armazenamento de energia solar na massa dos edifícios da cidade durante o dia, cedida à atmosfera durante a noite; concentração de geração de calor pelas atividades que têm lugar na área urbana;
- Baixa evaporação desde o solo e a vegetação na área urbana construída, quando comparada com a área urbana aberta;
- Fontes de calor estacionais — calefação no inverno e ar-condicionado no verão — cedidos ao ar urbano.

Como mencionado anteriormente o fenômeno da ICU prejudica a qualidade do ar, promovendo a concentração de poluentes. Isso ocorre devido ao ar aquecido tender a se concentrar no centro da cidade, carregando com ele os poluentes atmosféricos. Também as correntes verticais ascendentes geradas pela ilha de calor, com a subida de ar quente para as partes mais altas da atmosfera, dão lugar, por um lado, aos fenômenos de condensação, gerando condições locais de nebulosidade, e, por outro, ao resfriamento pelas áreas no entorno (próximas ou distantes), quando os poluentes em suspensão são carregados para cima e depois dispersos pelo *domus* ou calota da atmosfera urbana.

### **Ilhas de calor e urbanização**

A problemática da ilha de calor é intensificada em decorrência de um fenômeno natural, a inversão térmica. Conforme explica Koenigsberg (1977, p. 49), durante a noite, particularmente nas noites claras, o solo perde muito calor por radiação. A camada de ar imediatamente acima do solo troca calor com a cidade – movimentando o ar no meio urbano. No entanto, com a presença da ICU, o ar se apresenta em uma temperatura mais próxima da temperatura do solo, reduzindo as trocas de calor e, conseqüentemente, reduzindo a movimentação do ar no espaço urbano e favorecendo a concentração de poluentes na cidade. De acordo com Oke (1987, 2004), a ilha de calor é maior durante a noite, em situações de ar calmo e sem nuvens. Está também relacionada com o tamanho da cidade, mas mesmo nas pequenas, com população de 1000 habitantes, a ilha de calor é sentida, tal como acontece no entorno de shoppings ou pequenos grupos de edifícios, como nas superquadras de Brasília. O Quadro 1.2 apresenta as várias hipóteses de formação da ilha de calor, relacionadas com as características da urbanização.

Quadro 1.2 - Causas da ilha de calor da camada inferior da atmosfera (urban canopy)

Aspectos do balanço de energia alterados que causam anomalia térmica.	Características da urbanização que favorecem as mudanças no balanço de energia.
1. Aumento da absorção de radiação de ondas curtas.	Geometria do cânion: – aumento da área superficial e das múltiplas reflexões.
2. Aumento da radiação de ondas longas da abóbada celeste.	Poluição do ar: – maior absorção e reirradiação.
3. Redução da perda por radiação de ondas longas.	Geometria do cânion: – redução do fator de céu visível.
4. Fontes antropogênicas de calor.	Perdas de calor dos edifícios e do trânsito.
5. Aumento do acúmulo de calor sensível.	Materiais de construção: – aumento da admitância.
6. Redução da evapotranspiração.	Materiais de construção: – aumento da impermeabilização.
7. Redução do total de calor perdido por convecção.	Geometria do cânion: – redução da velocidade dos ventos.

Tendo em vista as informações contidas no Quadro 1.2, coloca-se em evidência a importância da geometria urbana e da inércia térmica dos materiais de construção no processo de mudança climática causada pelos assentamentos urbanos. Em especial, o estudo realizado no México, em 1999, mostra um ambiente dominado pelo calor sensível, que armazena grandes quantidades de calor no espaço durante o dia e é liberado à noite (OKE, 1987). Em outro estudo sobre a cidade de Montreal, realizado em 1973, chegou-se à conclusão que, quando se tem uma área com 20% da superfície verde, a energia radiante é utilizada predominantemente nos processos de evapotranspiração, não no aquecimento do ar. Alguns autores propõem categorias alternativas para estudar o fenômeno de ilha do calor. Por exemplo, Duarte (2003) acredita que é conveniente substituir o termo “população”, usado em alguns modelos para tratar os fenômenos climáticos, por “densidade construída”, por este último apresentar uma relação causal mais forte com o aquecimento urbano e por ser mais permanente e relativamente mais fácil de ser quantificado. Além disso, é proposto um indicador relacionando densidade construída, arborização e superfícies d’água em áreas urbanizadas, a fim de orientar as medidas necessárias para amenizar o rigor climático nas cidades por ela analisadas, na região de Cuiabá. Delimita o entorno em função da homogeneidade do padrão de ocupação e mede a temperatura média do ar nas duas estações: seca e da chuva (DUARTE, 2003).

No Distrito Federal, foi realizado, em 2003, um estudo por sensoriamento remoto de áreas urbanas em dois períodos distintos (BAPTISTA, 2003), equinócio de outono em 1984 e em 2001. A análise foi realizada com imagens do mesmo quadrante do sensor (TM 5), obtidas na mesma órbita/ponto e hora, às 09h 45min. A análise estatística mostrou que a média de temperatura em 1984, estava entre 19 °C e 20 °C. Já em 2001, essa média subiu para a faixa de 21 °C a 22 °C; o que representou um aumento médio de 2 °C. Um dos pontos da cidade com acréscimos mais significativos está na área de urbanização recente ao lado do Parque Nacional de Brasília, a Vila Estrutural, onde as temperaturas, em 1984, estavam na faixa de 17 °C a 18 °C e, em 2001, na faixa de 26 °C a 28 °C. Em contraposição, uma zona desmatada perto da cidade de Brazlândia, que em 1984 estava entre 27 °C e 28 °C, após um reflorestamento apresentava, em 2001, temperaturas entre 17 °C e 18 °C – confirmando a importância da vegetação no conforto térmico. A relação entre aumento de temperatura e crescimento urbano é verificada em diversas outras cidades do Distrito Federal. O Setor Comercial Sul do Plano Piloto apresentou 1 °C de aumento; as áreas centrais de Taguatinga e de Ceilândia apresentaram aumento de 2 °C; na cidade de Sobradinho e a ex-Colônia Agrícola Vicente Pires houve aumento de 3 °C; o Paranoá, Samambaia e Lago Oeste aumento de 5 °C; e Brazlândia com aumento de 9 °C. O estudo conclui que, em dezessete anos de urbanização acelerada, a porção sudoeste do DF apresentou a variação média de 2 °C de temperatura, havendo, porém, algumas localidades em que esse incremento tenha chegado a 10 °C.

### Métodos para identificação de ilhas de calor

A identificação das ICUs pode ser realizada por diversas abordagens que dependerão da escala, recursos e objetivo da análise. A autora do livro *“Ilhas de calor: Como mitigar zonas de calor em áreas urbanas”*, Liza Gartland (2010), cita algumas abordagens utilizadas para medição e monitoramento, sendo as mais comuns as estações fixas, transectos móveis e sensoriamento remoto. Uma ênfase maior sobre a aplicação desses métodos será dada ao longo dos capítulos 2 e 4 do presente livro, exemplificando com casos concretos as complexidades envolvidas em cada um deles. Neste momento, é importante conhecer os aspectos gerais e princípios de cada método – como será apresentado a seguir.

### Estações Fixas

As estações meteorológicas fixas podem ser encontradas em diversas cidades, geralmente operadas por serviços meteorológicos e universidades; oferecendo registros das variáveis climáticas. A Figura 1.2 exemplifica um modelo de estação fixa operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) na cidade de Brasília. Estudos sobre as ICUs podem utilizar a comparação de dados de uma estação localizada dentro da cidade e de outra nos arredores e pela investigação de séries de dados históricos. Por outro lado, é importante destacar que a localização das estações na cidade pode não representar corretamente as condições para medição de ICU. Estudos já indicam que, para uma análise climática urbana o ideal, seriam necessárias estações de monitoramento posicionadas em diversos pontos para formação de uma rede de informações sobre o clima da cidade (BARBIRATO *et al.*, 2016).

Figura 1.2 - Estação meteorológica fixa do Inmet em Brasília. Fonte: <http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/fotos/A001.jpg>



## Transectos Móveis

Os transectos móveis são geralmente utilizados de forma suplementar à estação fixa para levantamento das variáveis climáticas. Trata-se da utilização de veículos em baixa velocidade (adaptados com equipamentos de medição de temperatura do ar, umidade relativa do ar entre outras variáveis) para realizar a medição dos dados podendo abranger diversos pontos da cidade em um percurso, mostrando as diferenças entre as variáveis medidas. Uma limitação técnica é a definição de dias representativos para se fazer os registros, tendo em vista a inviabilidade de executar o transecto durante todos os dias. O transecto também pode ser realizado a pé ou de bicicleta.

## Sensoriamento Remoto

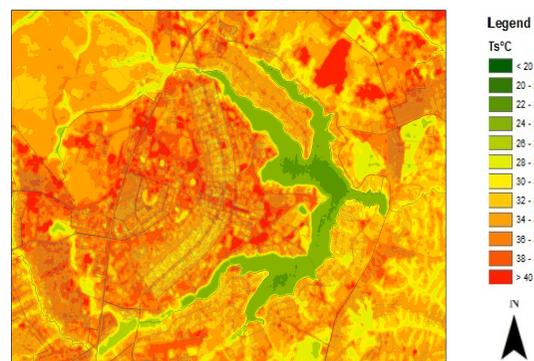
O sensoriamento remoto<sup>1</sup> pode ser empregado em metodologias aplicadas às pesquisas de clima urbano, principalmente para ilhas de calor urbana de superfície. Dentre os sensores mais utilizados em trabalhos científicos estão o Ikonos, Modis, Aster e a série Landsat<sup>2</sup>. Em estudos de temperaturas intra-urbanas, a partir do uso das informações de bandas termais, como mostra a Figura 1.3, pode-se obter detalhes da distribuição da temperatura superficial da malha urbana e fazer correlações com uso do solo, forma urbana, presença de corpos d'água e áreas verdes, por exemplo. Para essa finalidade, a resolução espectral, que se refere as partes do espectro eletromagnético identificada pelos sensores; e espacial, que define a matriz da imagem dos sensores, são fatores importantes na detecção e identificação dos objetos. Isso se deve à diversidade da composição do espaço intra-urbano, onde os componentes, como edifícios, loteamentos, praças, estacionamentos, gramados, asfalto, entre outros, apresentam grande diversidade cada um com uma assinatura espectral diferente, além das interferências das condições ambientais e climáticas nessa temperatura de superfície, modificando-a em curtos intervalos de tempo, podendo variar temporalmente os dados na faixa do termal (MENESES e ALMEIDA, 2012, p.241).

A aplicação do sensoriamento remoto tem limitações quanto à resolução espacial da imagem e sua disponibilidade. A maior parte dos sensores orbitais não obtém imagens durante a noite, o que representa uma restrição para os estudos de ilhas de calor urbanas, já que estas são mais proeminentes neste horário. Nessas situações, outra vertente do sensoriamento remoto termal urbano se destaca, baseada no uso de sensores em câmeras portáteis termográficas e sensores aerotransportados de alta resolução espacial na faixa do termal. Os aerotransportados são empregados realizando-se voos em baixa altitude e com baixa interferência atmosférica, porém com um custo muito elevado (UMMUS EICHEMBERGER et al., 2008)

<sup>1</sup> Sensoriamento remoto é definido como a ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres” (MENESES e ALMEIDA, 2012, p.3).

<sup>2</sup> Disponíveis gratuitamente pelo Serviço Geológico Norte Americano.

Figura 1.3 Temperatura de superfície em Brasília derivada da banda termal do satélite Landsat 8 em 21/09/2015 às 13:14h (GMT). Fonte: Werneck e Romero, 2017.



## Sistema de classificação da paisagem: zonas climáticas locais

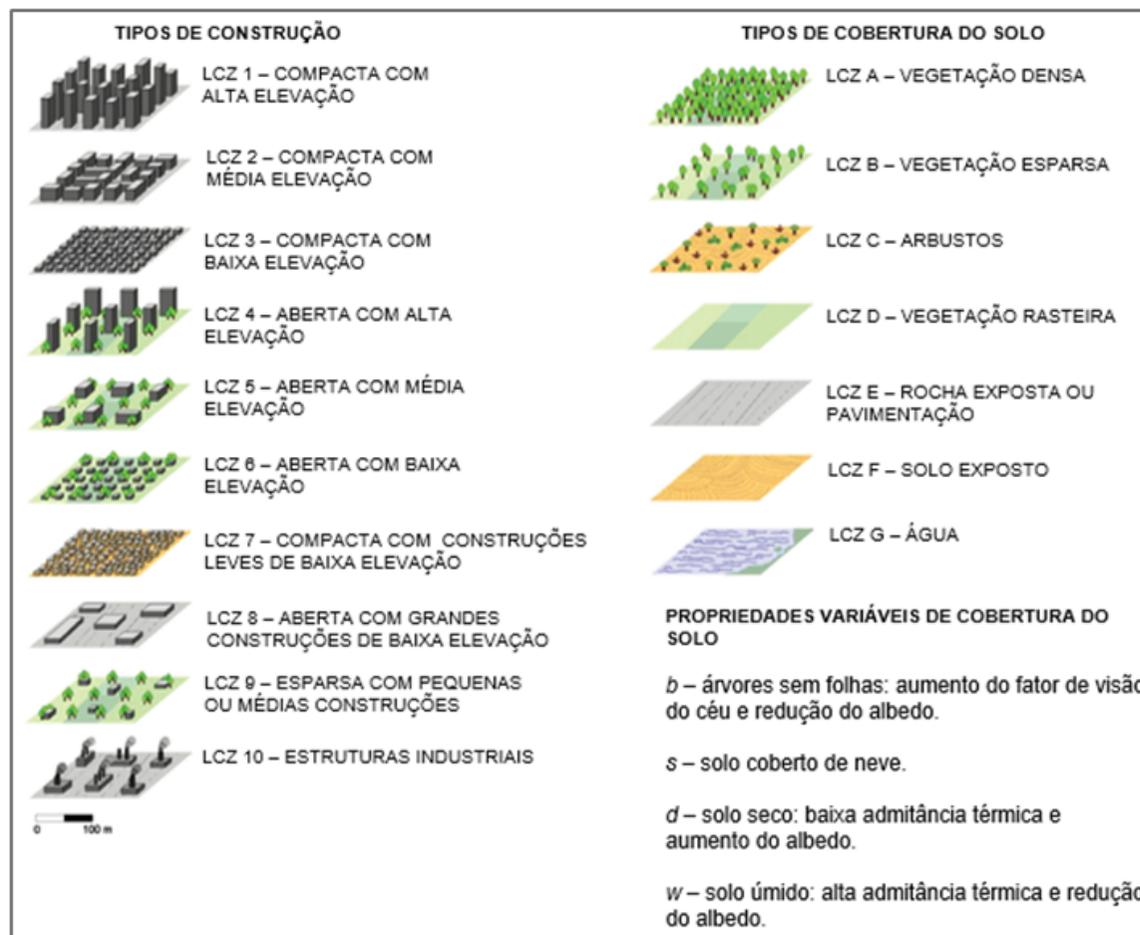
Como mencionamos anteriormente, o processo de urbanização resulta na transformação e alteração das superfícies naturais pelos materiais urbanos, acarretando em uma diferenciação da paisagem urbana que apresenta forma e microclimas heterogêneos que são importantes no estudo do campo térmico da cidade. Existem outras complexidades associadas à essa paisagem heterogênea como as atividades humanas, presença de vegetação, água e poluição que podem modificar o clima local potencializando anomalias térmicas como as ilhas de calor urbanas. Há, portanto, diferenças térmicas intra-urbanas a serem consideradas no estudo do clima urbano complementando as tradicionais comparações entre o urbano e o rural. Nesse sentido, o pesquisador Timoty Oke procurou elementos urbanos que podem afetar a atmosfera<sup>3</sup> e para tanto descreveu as propriedades das áreas urbanas e as características morfológicas que compõem a paisagem urbana em uma classificação de Zonas Climáticas Urbanas – *UrbanClimate Zones* – *UCZ* –, em estudo realizado em 2006. As escalas são conferidas pelas dimensões das características morfológicas.

Após anos de pesquisas e aprimoramento da metodologia, os autores Stewart e Oke propõem uma nova classificação climática urbana (STEWART & OKE, 2012). Organizam a paisagem urbana em estruturas com propriedades semelhantes relacionadas aos tipos de construção e cobertura do solo, chamadas Zonas Climáticas Locais – do termo inglês *Local Climate Zones* – Figura 1.4. Neste método, organiza-se em fichas técnicas as características dos elementos que compõem as paisagens urbanas tais como fator de visão do céu, altura e largura dos cânions urbanos, rugosidade, fração da superfície construída, fração da superfície impermeável do solo, proporção de área permeável do solo, entre outras características que podem ser adaptadas de acordo com a especificidade de um estudo de clima urbano.

<sup>3</sup> Participação em alterações climáticas regionais considerando a forma em que a estrutura afeta o clima local, através da modificação dos fluxos de ar, do transporte do calor atmosférico e de saldos de radiação de ondas curtas e longas.

Figura 1.4 – Zonas Climáticas locais e respectivas definições de morfologias e materiais.

Fonte: adaptado de Stewart e Oke, (2012, p.1885)



O Quadro 1.3 sintetiza as definições de morfologia, materiais e cobertura do solo associadas a cada zona. Este sistema de classificação da paisagem urbana permite comparações de parâmetros medidos dentro da cidade como temperatura do ar, umidade relativa do ar, intensidade e direção do vento, albedo, fluxos de energia, entre outros, a fim de estabelecer a intensidade das ilhas de calor e sua variação caracterizadas por atividades humanas e morfologias heterogêneas.

Quadro 1.3 – Síntese das definições das zonas climáticas locais. Fonte: adaptado de Stewart e Oke, (2012).

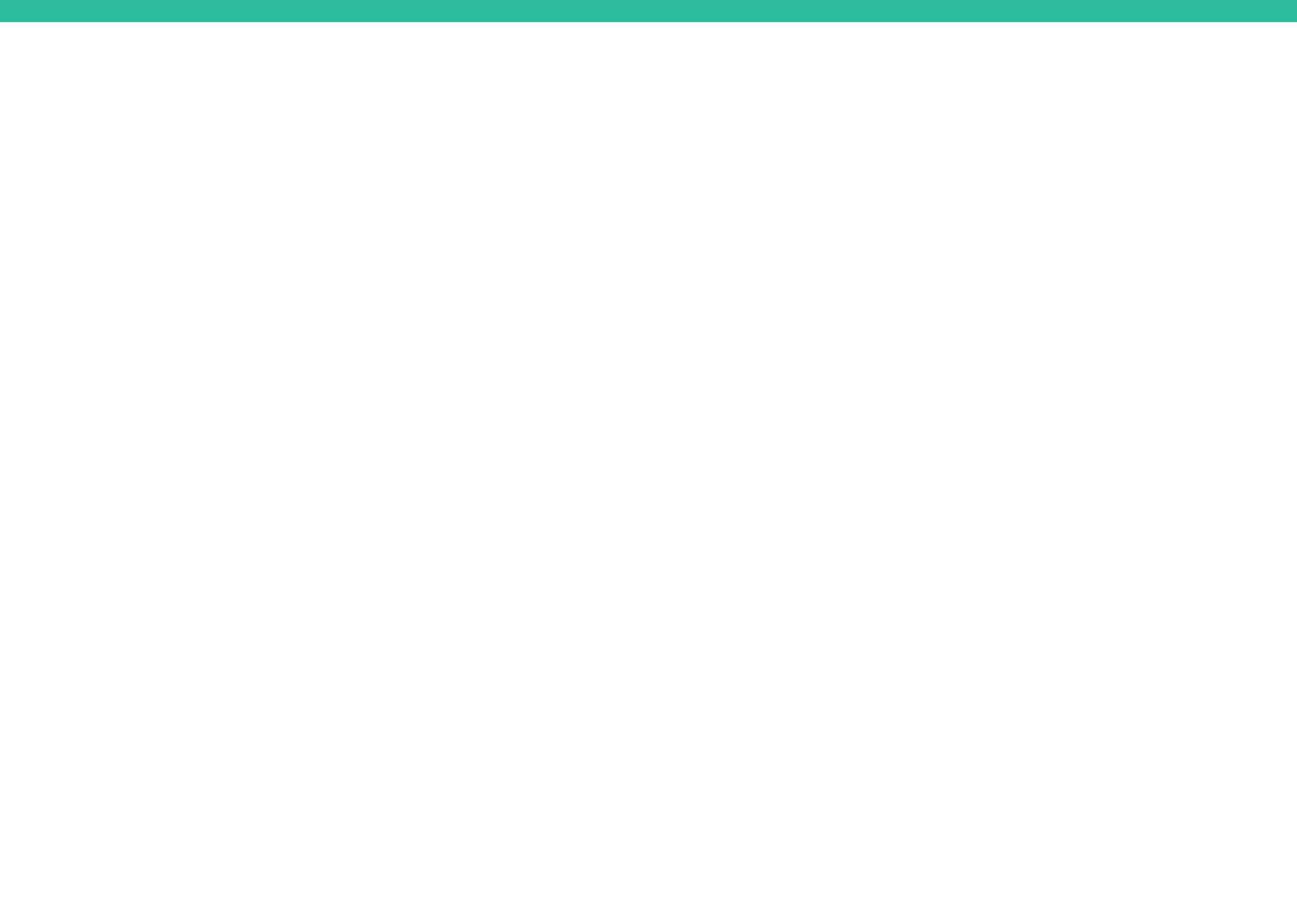
	TIPOS DE EDIFÍCIOS	DEFINIÇÃO
1	EDIFÍCIOS ALTOS AGRUPADOS	Mistura densa de edifícios altos com 10 pavimentos. Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo pavimentada. Materiais de construção de concreto, aço, pedra e vidro.
2	EDIFÍCIOS MÉDIOS AGRUPADOS	Mistura densa de edifícios médios de 3 a 9 pavimentos. Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo pavimentada. Materiais de construção de pedra, tijolo, azulejo e concreto.
3	EDIFÍCIOS BAIXOS AGRUPADOS	Mistura densa de edifícios baixos de 1 a 3 pavimentos. Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo pavimentada. Materiais de construção de pedra, tijolo, azulejo e concreto.
4	EDIFÍCIOS ALTOS	Edifícios altos (10 pavimentos) em arranjo aberto. Cobertura do solo bastante permeável (vegetação rasteira, árvores espalhadas). Materiais de construção em concreto, aço, pedra e vidro.
5	EDIFÍCIOS MÉDIOS	Edifícios médios (3-9 pavimentos) em arranjo aberto. Cobertura do solo bastante permeável (vegetação rasteira, árvores espalhadas). Materiais de construção em concreto, aço, pedra e vidro.
6	EDIFÍCIOS BAIXOS	Edifícios baixos (1-3 pavimentos) em arranjo aberto. Cobertura do solo bastante permeável (vegetação rasteira, árvores espalhadas). Materiais de construção em madeira, tijolo, pedra, azulejo e concreto.
7	BAIXA DENSIDADE (PRÓXIMAS)	Mistura densa de edifícios de pavimento térreo. Poucas ou nenhuma árvore. A cobertura do solo é dura e compacta. Materiais de construção leves (por exemplo, madeira, palha, metal ondulado).
8	BAIXA DENSIDADE (ISOLADA)	Arranjo aberto de grandes edifícios baixos (1-3 pavimentos). Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo pavimentada. Materiais de construção de aço, concreto, metal e pedra.
9	CONSTRUÇÕES ISOLADAS	Arranjo disperso de pequenos ou médios edifícios em um ambiente natural. Abundância de cobertura do solo permeável (plantas baixas, árvores dispersas).
10	INDÚSTRIA	Estruturas industriais de alturas baixas e médias (torres, tanques, pilhas). Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo pavimentada ou dura e compacta. Materiais de construção de metal, aço e concreto.

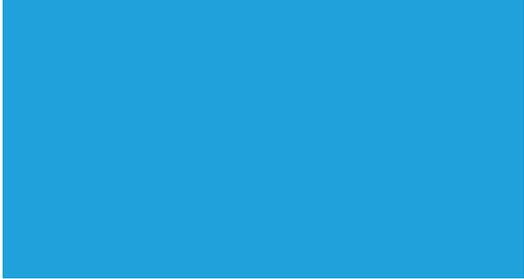
Os conceitos fundamentais das ICU são importantes para a compreensão dos estudos desenvolvidos (e em desenvolvimento) tendo em vista a mitigação dos impactos negativos nos grandes urbanos. O próximo capítulo irá descrever mais a aplicação destes conceitos e do método de medição das ilhas de calor em um caso concreto.

## Referências

- BAPTISTA, Gustavo Macedo. Ilhas Urbanas de Calor. Scientific American Brasil. Revista Digital. Editora Moderna: São Paulo, ano 1, no. 2, pg. 24-31, 2010. Disponível em: [https://issuu.com/ed\\_moderna/docs/aula2\\_final\\_bx?e=2064801/6634353](https://issuu.com/ed_moderna/docs/aula2_final_bx?e=2064801/6634353). Acesso em 06 de junho de 2017.
- BARBIRATO, G.; SOUZA, L.; TORRES, S. Clima e Cidade: a abordagem climática como subsídios para estudos urbanos. 2ª edição, Maceió: EDUFAL, 2016.
- CHANDLER, J. Urban Climatology and its relevance to urban design. WMO n.438, Tech. note 1490 World Meteorological Organization, Geneve, 1976.
- DUARTE, Denise. Padrões de Ocupação do solo e Microclimas urbanos na região de clima tropical continental Brasileira. Ambiente Construído. Porto alegre, v. 3 n. 2, p. 7-20, 2003.
- EPA, U. S.; Environmental Protection Agency. Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies - Urban Heat Island Basics. 2008. Disponível online em: <http://www.epa.gov/heatisland>. Acesso em 18 de junho de 2016
- GARTLAND, Lisa. Ilhas de Calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- KOENIGSBERG, O.H. et al. Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales. Madrid: Paraninfo, 1977.
- LOMBARDO, Magda A. Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Editora Hucitec, 1985.
- MENESES, P.; ALMEIDA, T. (org). Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. Brasília: UnB, 2012.
- OKE, T. R. Boundary Layer climates. 2 ed. London: Methuen, 1987.
- OKE, T. R. Urban Observations, instruments and methods of observations programme, IOM Report. World Meteorological Organization. Geneve, 2004.
- OKE, T. R. Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observation at Urban Sites. World Meteorological Organization. Report nº 81. 2006.
- ROMERO, Marta Adriana Bustos. Princípios bioclimáticos para o desenho urbano. Brasília: Editora UnB, 2013.
- SANTAMOURIS, M. Natural Ventilation in Buildings. London: James & James, 2012.
- UMMUS EICHEMBERGER, M. et al. Sensoriamento remoto aplicado aos estudos de ilhas de calor urbanas. 2008.
- VOOGT, J. A.; OKE, T. R. Thermal remote sensing of urban climates. Remote Sensing of Environment, v. 86, n. 3, p. 370–384, 2003.
- STEWART, I.; OKE, T. Local climate zones for urban temperature studies. American Meteorological Society, v.93, p. 1879-1900, 2012.

WERNECK, D. R.; ROMERO, M. A. B. Microclimate on outdoor spaces in the context of tropical climate: a case study in Brasilia - Brazil In: Passive Low Energy Architecture - PLEA, 2017, Edimburgo. Proceedings. Edinburgh: , 2017. v.II. p.1956 – 1964.





## CAPÍTULO 2

# INVESTIGAÇÃO DOS FENÔMENOS URBANOS: USO DE SENSORES REMOTOS



## Introdução

Dentro de uma área urbana encontram-se áreas construídas, solos expostos, vegetação intraurbana, água, entre outros. Essa diversidade de elementos, bem como a de materiais empregados nas construções, faz com que as cidades apresentem diferentes padrões de reflectividade total, ou de albedos, que são altamente dependentes dos materiais empregados na construção civil. Dependendo do albedo do elemento, mais radiação será absorvida e, por consequência, mais calor será emitido pela superfície (Baptista 2003a). Esses padrões diferenciados de emissão de calor acabam determinando uma temperatura mais elevada no centro e, à medida que se afasta deste em direção aos subúrbios, as temperaturas tendem a ser mais amenas, caracterizando, como salientado anteriormente, as ilhas urbanas de calor.

Estudos realizados em São Paulo apresentaram a viabilidade de se mapear ilhas de calor em grandes adensamentos urbanos utilizando sensoriamento remoto termal em escala regional; além de demonstrar ser possível mapear as ilhas urbanas de calor utilizando sensores remotos termais de escala mais local, mesmo quando o contexto é polinucleado, como acontece no âmbito do Distrito Federal (BAPTISTA 2003a, 2010; Lombardo, 1985). Um outro fenômeno urbano possível de ser espacializado por meio de dados de sensores remotos são os domos urbanos de CO<sub>2</sub>. Esses domos surgem, pois como a instalação de equipamentos urbanos tende a suprimir áreas extensas de vegetação e a substituição de áreas fotossinteticamente ativas por áreas inativas, associadas ao fluxo de veículos, faz com que a concentração de dióxido de carbono nas colunas de ar adjacentes aos ambientes urbanos seja maior que nas áreas cuja presença de vegetação intraurbana sequestra esse gás.

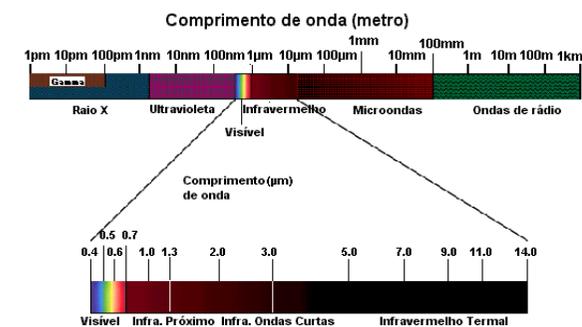
Assim, visando avaliar as possibilidades de se investigar o comportamento tanto do grau de adensamento da mancha urbana, como o das ilhas de calor, este capítulo objetiva, por meio de diversos estudos desenvolvidos nos últimos anos, apresentar um panorama da integração de modelos aplicados em imagens de satélite para estudos de fenômenos urbanos.

## Sensoriamento remoto aplicado à estudos urbanos

O sensoriamento remoto é definido como a aquisição de informações sobre um determinado conjunto de alvos que compõem uma cena, sem o contato físico direto entre sensor e alvo. Essa obtenção de dados só é possível se as informações forem “transportadas” por meio da radiação eletromagnética. Essa radiação pode ser diferenciada de acordo com seu comprimento de onda ou com sua frequência e ao longo dessa onda “caminham” partículas de energia ou fótons. A Figura 2.1 apresenta o espectro de radiação eletromagnética com suas diversas regiões, em função do comprimento de onda.

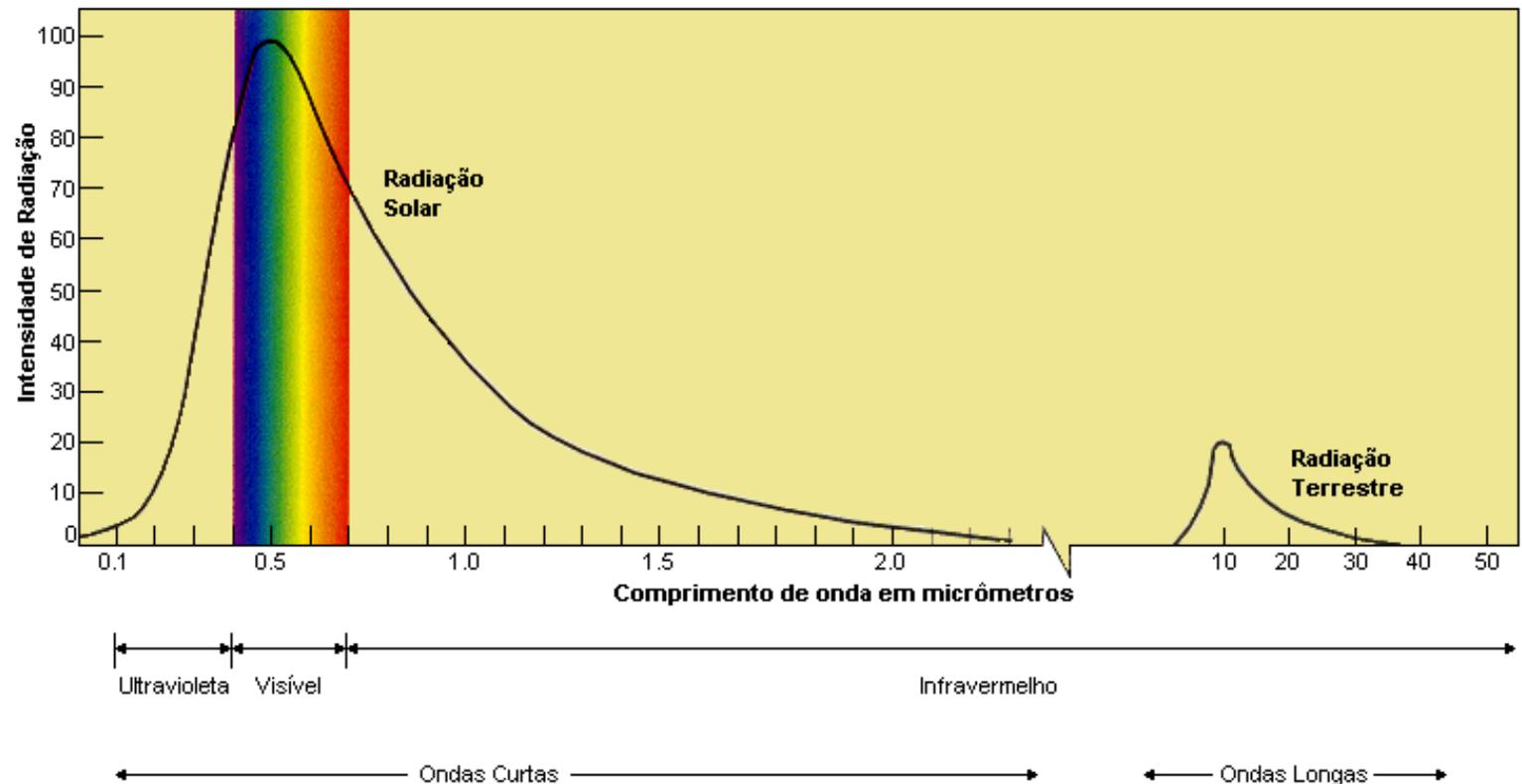
A radiação eletromagnética proveniente do Sol incide sobre um alvo de superfície e, dependendo de sua

Figura 2.1 – Espectro eletromagnético em função do comprimento de onda. Adaptado de Baptista (2006)



composição, forma, cor e outros atributos, parte dessa será refletida e parte será absorvida. A porção de fótons que foi por ele absorvida aumenta seu nível de excitação energética e, para que ele retorne ao seu ponto de equilíbrio, é necessário que esses fótons absorvidos sejam emitidos, liberando-os do material excitado. Os fótons são absorvidos em comprimentos de ondas que estão na faixa do visível e do infravermelho tanto de ondas curtas como infravermelho próximo e são emitidos na faixa do infravermelho termal ou de ondas longas. O Sol é uma excelente fonte de radiação de ondas curtas e a Terra absorve essa radiação e a emite sob a forma de ondas longas, também chamadas de ondas do infravermelho termal ou ondas de calor, conforme pode ser visto na Figura 2.2, que mostra a intensidade de radiação em cada fonte de radiação e sua respectiva faixa do espectro.

Figura 2.2 – Intensidade de radiação solar e terrestre. Adaptado de McKnight, 1999



Os sensores a bordo de satélites podem captar tanto as porções da radiação solar que foram refletidas como as que foram emitidas pelos alvos que compõem a cena. Essas informações são convertidas em matrizes, nas quais cada tonalidade de cinza corresponde a um valor de radiância refletida ou emitida e posteriormente pode ser tratado como tal. Os trabalhos do físico alemão Marx Planck, considerado o precursor da mecânica quântica, elucidaram a relação entre a emissão de fótons e a temperatura. Em 1910, seus estudos culminaram na famosa lei da radiação do corpo negro

ou Lei de Planck. Essa lei, em síntese, salienta que, quanto maior a temperatura para um dado comprimento de onda, maior será a quantidade de energia emitida por um corpo negro. Por essa lei, se o sensor capta a emissão de fótons de um alvo, ou seja, sua emissividade, pode-se determinar sua temperatura.

Partindo-se dessa premissa, um dos trabalhos precursores de mapeamento das ilhas de calor no Brasil, o da Professora Magda Lombardo em 1985, baseou-se na determinação de um modelo computacional para o tratamento de imagens termais e estudou o fenômeno ilhas de calor na metrópole de São Paulo, chegando a conclusões bastante interessantes. Um aspecto importante que Lombardo (1985) discute em seu trabalho é que a ilha de calor é um fenômeno que se verifica tanto durante o dia como durante a noite, porém a ilha muda de formato. Visando investigar essa afirmação, um estudo realizado em 2003 (BAPTISTA, 2003b), com dados do sensor MODIS, produto MOD11A2 – Land Surface Temperature – investigou a grande São Paulo utilizando as imagens diurnas (Figura 2.3A) e noturnas (Figura 2.3B). Assim como salienta Lombardo (1985), a ilha de calor se mantém tanto de dia como de noite, apesar de seu formato mudar um pouco, mas o centro continua mais quente que as bordas. Além disso, as mínimas e máximas mudam também, mas era de se esperar devido à dispersão do calor no período noturno.

O estudo de Lombardo salienta que os dados do satélite NOAA-7 permitiram uma leitura da estratificação térmica horizontal, e no dia 16/07/81, por exemplo, o centro da cidade, a zona leste, a sudeste, a marginal do Tietê e Santo Amaro apresentaram temperaturas de 33°C. Já na serra da Cantareira a temperatura registrada foi de 23°C e no Parque do Estado, 24°C, salientando o efeito da altitude e da presença de vegetação.

Esse ponto é extremamente importante, pois mostra que a presença de vegetação pode minimizar a temperatura em até 10 graus. Isso também é destacado no estudo de BAPTISTA (2003a), como enunciado no capítulo 1 quando utilizando a imagem termal do sensor Thematic Mapper do satélite Landsat 5, para os anos de 1984 e 2001, percebe que uma área degradada por mineração apresentava em 1984 temperaturas entre 25° e 28°C e com sua recuperação por meio do restabelecimento de vegetação, apresenta-se em 2001 com temperaturas entre 17° e 18°C (Figura 2.4 destacado na elipse azul). Em compensação, a supressão da vegetação apresenta efeito inverso. Nos dados também é possível verificar que em áreas que se apresentavam vegetadas em 1984 e que tiveram remoção e posterior instalação de equipamentos urbanos ocorrem aumentos de temperatura. Na figura 2.4, a elipse vermelha destaca o impacto da supressão de vegetação sobre a temperatura. Em 1984 a área apresentava-se vegetada com temperaturas entre 17° e 18°C e com a retirada da vegetação e instalação da Cidade da Estrutural, as temperaturas sobem para 26° a 28°C.

Figura 2.3 - A) Imagem termal diurna da Grande São Paulo e B) noturna. Adaptado de Baptista (2003b).

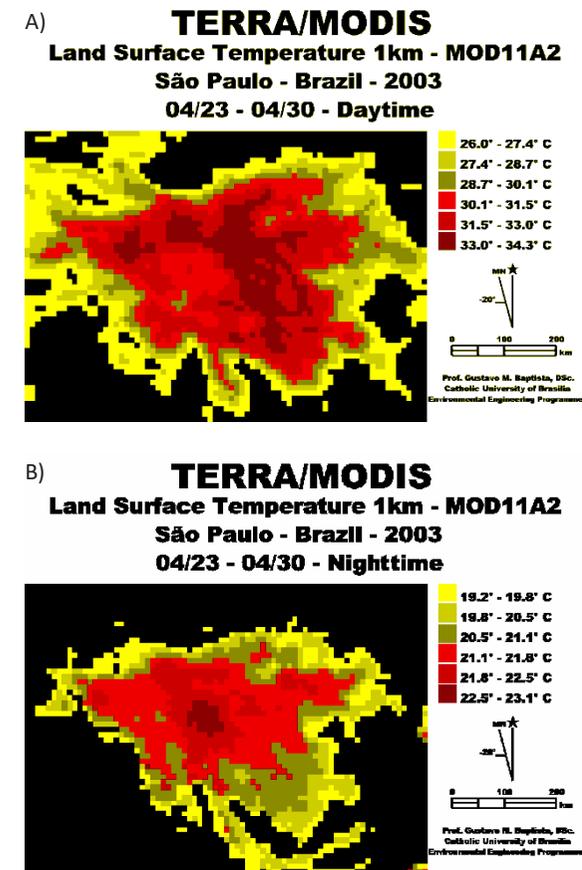


Figura 2.4 – Estudo sobre Ilhas Urbanas de Calor de Baptista (2003a) destacando, por meio da elipse azul, o efeito da recomposição da vegetação (2001) sobre uma área degradada por mineração (1984). Já a elipse vermelha mostra o impacto da supressão de vegetação sobre a temperatura

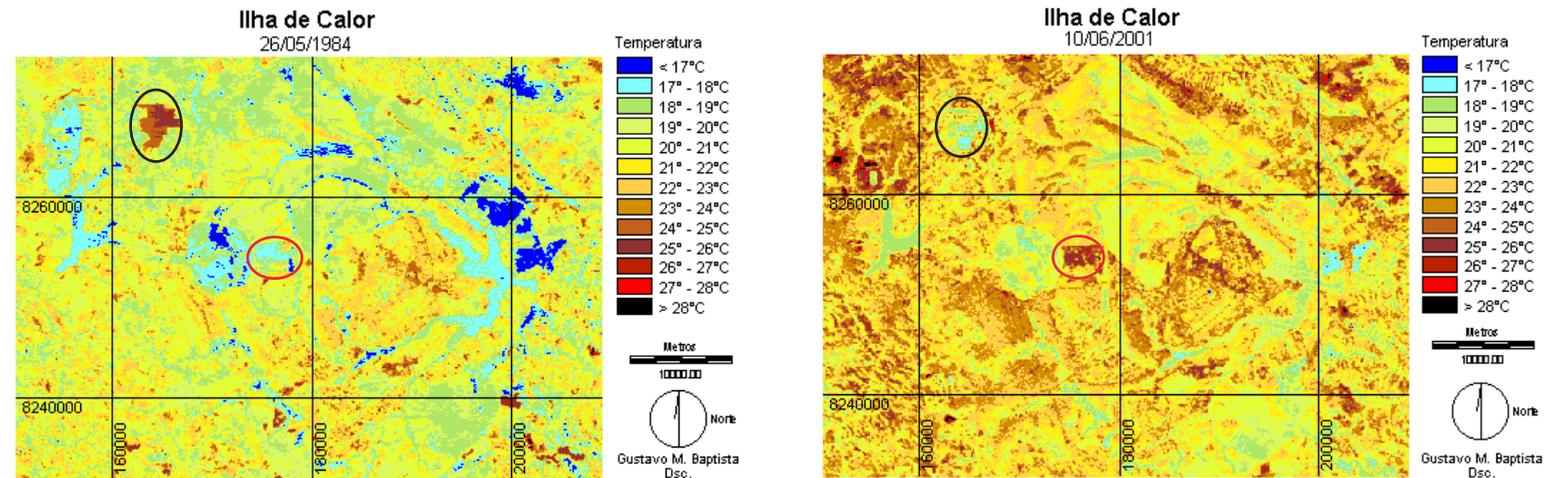
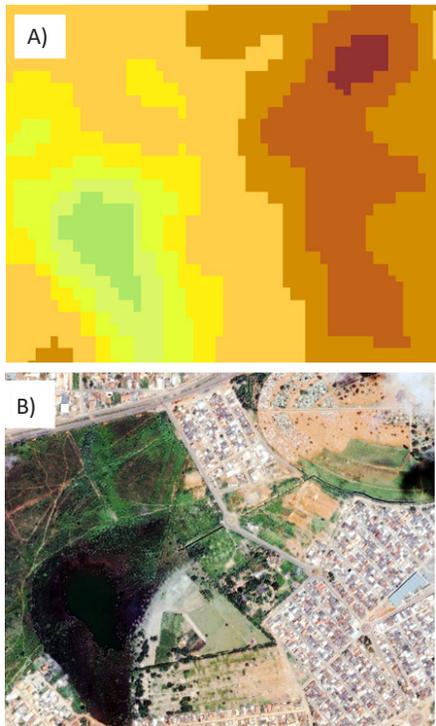


Figura 2.5 – Integração de A) dados termais de 2001 do estudo de Baptista (2003a) e B) dos dados Ikonos II. Adaptado de Bias, Baptista e Lombardo (2003)



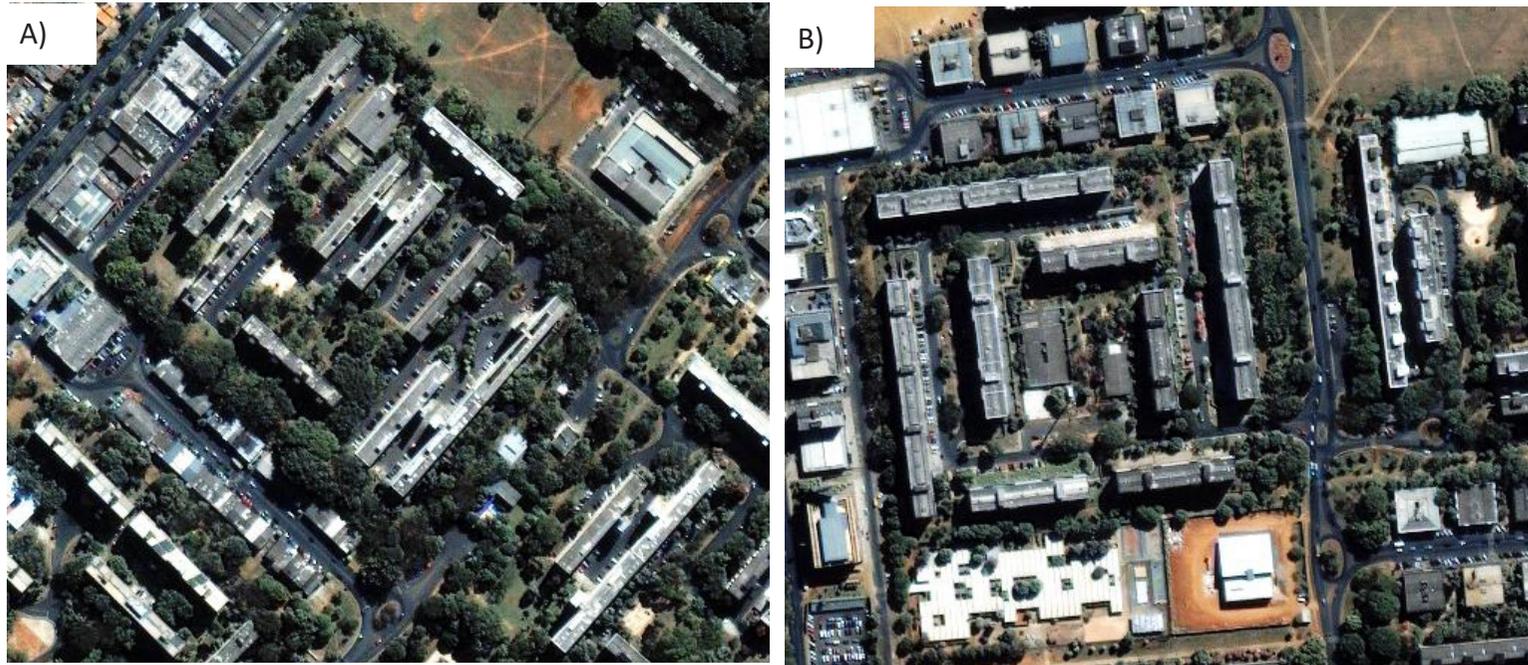
Essas áreas vegetadas são entendidas como ilhas de exceção e funcionam como áreas de interceptação de precipitação, de infiltração e de evapotranspiração, o que melhora em muito o conforto térmico em áreas adensadas. Isso pode ser verificado quando da integração desse tipo de informação com imagens de alta resolução espacial para facilitar a compreensão do porquê da variação de temperatura. Isso foi mostrado por estudo (Bias, Baptista e Lombardo, 2003) que utilizou as imagens de 2001 do estudo de Baptista (2003) e compararam com as informações obtidas por meio de dados do Ikonos II do mesmo período. A Figura 2.5 permite verificar essa integração.

Na Figura 2.5A é possível verificar que as áreas de solo exposto, destacados no canto superior direito da imagem apresentam temperaturas mais elevadas e a área de surgência de águas apresenta-se com temperaturas mais baixas com 7° C a menos que a área de solo exposto. Esses sensores de alta resolução espacial facilitam em muito a compreensão dos ambientes intraurbanos e como são obtidos com várias bandas cobrindo o espectro óptico, é possível aplicar modelos ou índices espectrais e obter informações importantes.

Um exemplo disso é o estudo realizado no Plano Piloto de Brasília, em 2015, no qual o autor utiliza dados do sensor Ikonos II para verificar a eficiência do modelo espectral de sequestro de carbono para avaliar o verde urbano em duas superquadras (BAPTISTA, 2015). O modelo utilizado neste estudo baseia-se nas feições de absorção da fotossíntese para comparar áreas que sequestram carbono das que não sequestram. O Ikonos II é um sistema sensor orbital cuja menor área imageada é de 1 m<sup>2</sup>, além de apresentar 4 bandas que permitem mapear o sequestro de carbono intraurbano.

A Figura 2.6A apresenta a superquadra 304 sul (SQS 304), que, por ser uma das mais antigas do Plano Piloto, apresenta uma arborização considerável, enquanto que na Figura 2.6B pode ver sua antípoda, a superquadra 304 norte (SQN 304), que por ser mais recente não apresenta tanta exuberância vegetal.

Figura 2.6 - A) SQS 304 e B) SQN 304, por meio dos dados Ikonos II. Adaptado de Baptista (2015)



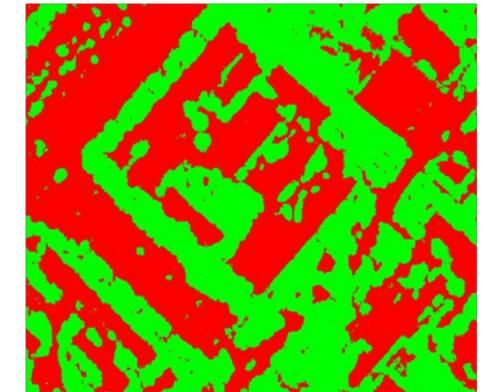
Com o mesmo recorte de área para as duas superquadras, foram aplicados o modelo CO2Flux que foi ajustado (BAPTISTA, 2004) para dados multiespectrais. Com a utilização da modelagem do sensor Ikonos II, foi possível avaliar a eficiência do sumidouro de carbono nos dois pontos. Após essa determinação para cada superquadra, foi possível precisar a área da porção que efetivamente sequestra carbono e compará-la com a área que não sequestra ou mesmo libera CO<sub>2</sub>. Lembrando sempre que mesmo em áreas residenciais há emissão de dióxido de carbono em decorrência do trânsito de veículos.

A partir desse cálculo, procede-se à razão entre área de sequestro e de não sequestro para identificar como a arborização intraurbana pode minimizar os efeitos advindos do lançamento de altos teores de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Essa razão pode ser compreendida como a relação entre a área de vegetação que realiza fotossíntese e a área de equipamentos urbanos.

A 304 sul, a mais arborizada, apresentou uma área de sequestro de carbono (em verde na figura 2.7A) de 0,108 km<sup>2</sup> e uma área de não sequestro (em vermelho na figura 2.7A) de 0,117 km<sup>2</sup>, o que resultou numa razão de 0,92. Já a

Figura 2.7 - Relação de sequestro de carbono (verde) com o não sequestro (vermelho) na SQS 304 (A) e na SQN 304 (B), obtida por meio de modelagem espectral sobre os dados Ikonos II. Adaptado de Baptista (2015)

A)

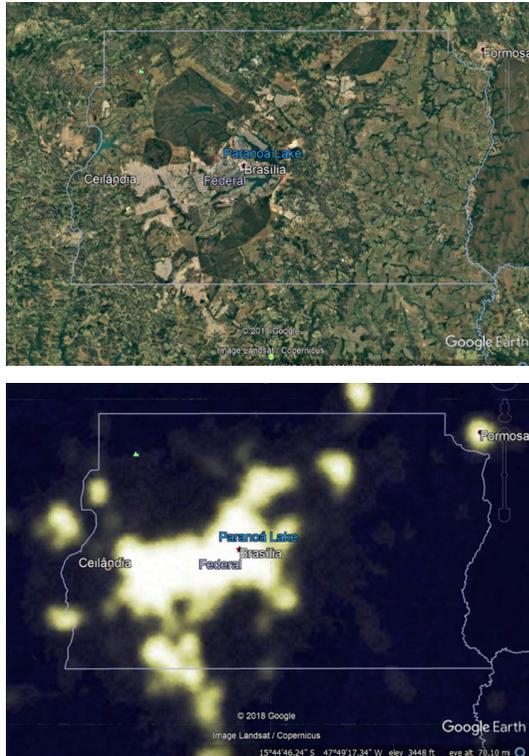


B)



304 norte, menos arborizada, apresentou uma área de sequestro de carbono (em verde na figura 2.7A) de 0,089 km<sup>2</sup> e uma área de não sequestro (em vermelho na figura 2.7B) de 0,136 km<sup>2</sup>, o que resultou numa razão de 0,65. Nota-se uma razão bem próxima a 1 na SQS 304, o que representa um equilíbrio entre área arborizada responsável pelo sequestro com a urbanizada que não sequestra. Já a superquadra da Asa Norte, por ser mais recente e, por consequência, menos arborizada, apresenta uma razão de 0,65 por ter predomínio de áreas de não sequestro de carbono.

Figura 2.8 – Imagem do DF em cor real e em luz noturna



Esse tipo de metodologia, além de identificar com precisão todos os elementos, é recurso indispensável na orientação de políticas locais de incentivo ao verde e controle da poluição pela emissão de CO<sub>2</sub>. Dessa forma o sensoriamento remoto permite a espacialização de focos de emissão bem como os principais sumidouros de carbono, com periodicidade, pois como os sistemas apresentados estão em satélites, pode-se obter uma nova imagem em poucos dias. Pode-se notar como as áreas de unidades de conservação, as matas ciliares e os reflorestamentos são eficientes nesse processo de sequestro de carbono e como os conteúdos de dióxido de carbono são elevados em áreas urbanas.

Como salientado na introdução deste ensaio, o desafio do mapeamento de manchas urbanas esbarra na diversidade de alvos componentes do tecido urbano. Visando solucionar essas questões, a utilização de luz noturna (Night Time Light – NTL) tem sido bem aceita, pois como o homem prolonga seu fotoperíodo acendendo a luz, ao invés do sensor captar a resposta espectral de solo, asfalto, água e tantos outros componentes, ele capta luz. Para que isso ocorra, os sensores são bem mais sensíveis que os que atuam na faixa óptica do espectro obtendo dados de dia.

Um aspecto que se percebe é a saturação que a luz noturna causa nas imagens e que acaba saturando os pixels periurbanos e superestimando as áreas das cidades. Isso pode ser visualizado na Figura 2.8 que apresenta o Distrito Federal numa composição colorida de cor real e os dados de luz noturna para a mesma cena, por meio do Google Earth Pro.

Um estudo desenvolvido em 2013 visou minimizar esse efeito de saturação utilizando os dados de vegetação (ZHANG et al., 2013) – propondo o índice espectral VANUI - Vegetation Adjust Night Time Light Urban Index. A aplicação do índice VANUI à Área Metropolitana de Brasília foi realizada em 2016 e como a utilização da informação de vegetação minimiza a saturação que a luz noturna apresenta para melhor identificar as manchas urbanas (BAPTISTA e NASCIMENTO, 2016) (Figura 2.9).

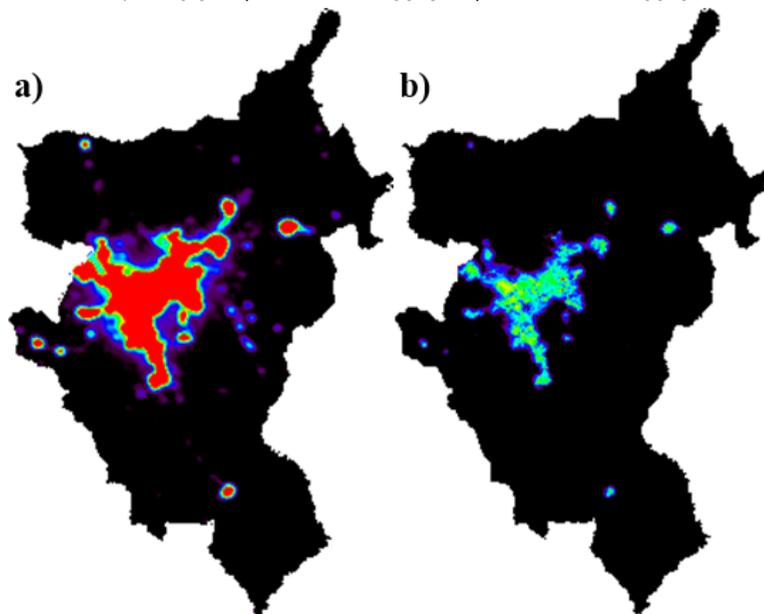


Figura 2.10 – Transectos A-B e C-D que foram traçados sobre os dados VANUI, Daytime e Nighttime. Adaptado de Baptista e Ribeiro (2017).

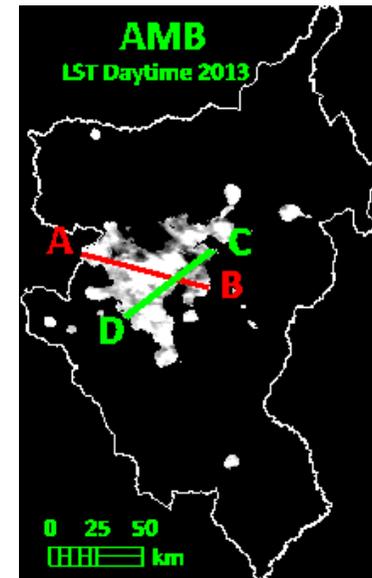
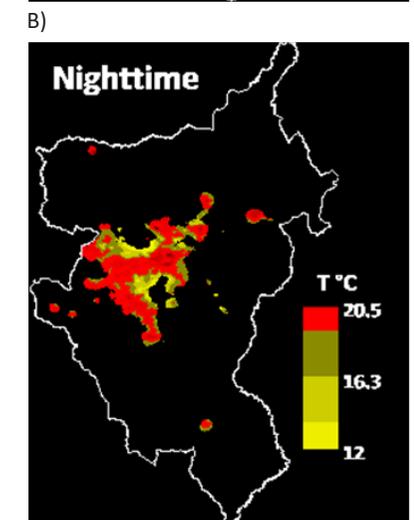
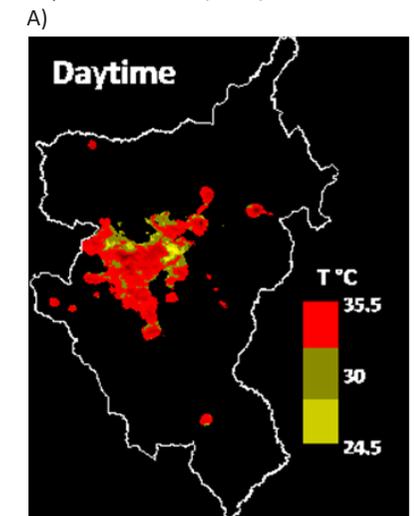


Figura 2.11 – A) temperatura média anual diurna e B) noturna para a mancha urbana da AMB. Adaptado de Baptista e Ribeiro (2017).



Um aspecto interessante verificado nos dados de luz noturna é que eles apresentam uma gradação, pois uma residência de um pavimento apresenta um valor de luz, mas um prédio são várias residências empilhadas e tendem a apresentar valor maior de luz que um pavimento. Partindo-se dessa premissa, foram investigados os dados VANUI para 2013 para a Área Metropolitana de Brasília - AMB, e buscou correlacionar com os dados do sensor MODIS, por meio do produto MOD11A2 que apresenta a temperatura radiométrica de superfície para 8 dias com resolução espacial de 1 km, compatível com os dados NTL (BAPTISTA e RIBEIRO, 2017). Dois transectos foram obtidos nas cenas VANUI, Daytime e Nighttime (Figura 2.10) e foram comparados estatisticamente. O transecto A-B passa por núcleos urbanos com diferentes densidades e o C-D começa próximo e passa sobre o Lago Paranoá, visando à compreensão do efeito de grandes massas de água nessa análise. A espacialização dos dados de temperatura para a mancha urbana obtida por meio dos dados VANUI é apresentada nas figuras 2.11A e 2.11B para as cenas de temperatura diurna e noturna da mancha urbana da AMB respectivamente.

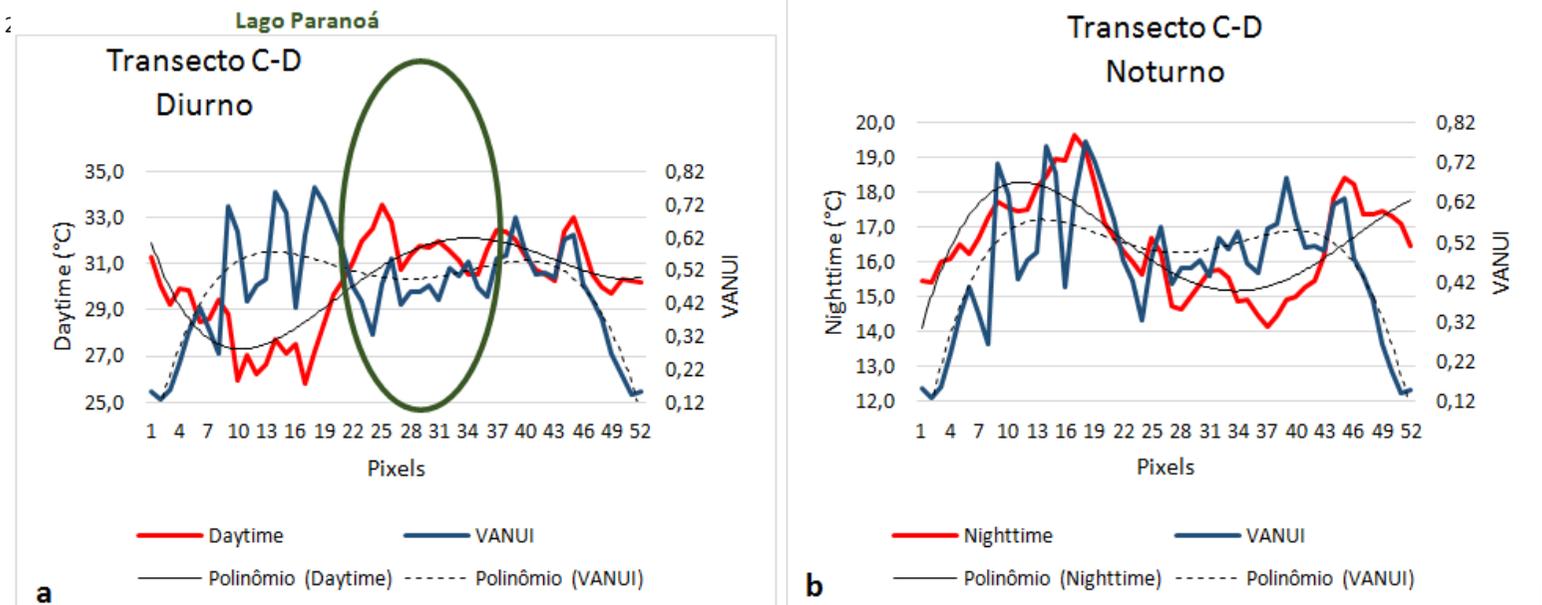
No período diurno as temperaturas radiométricas ou de superfície variaram de 24,5° a 35,5° C. Já as noturnas

oscilaram de 12° a 20,5° C. Percebe-se que, durante o dia, boa parte da mancha urbana apresenta temperaturas elevadas, à exceção da mancha amarela que aparece na porção leste, que se refere ao Lago Paranoá, contemplada pelo transecto C-D. Já no período noturno, como ocorre a dissipação do calor, é possível identificar melhor as áreas mais adensadas destacadas em vermelho. Porém, o Lago que se destacava na imagem diurna, se mistura com as áreas mais adensadas, gerando um falso positivo. Isso justifica a verificação conjunta de dados diurnos e noturnos.

Após testar a normalidade dos dados para a escolha do teste de hipótese a ser utilizado verificou-se que o coeficiente de correlação de Pearson, entre VANUI e as duas variáveis de temperatura de superfície, para transecto A-B apresentou  $r = 0,5905$ , enquanto que para VANUI x Nighttime,  $r = 0,6009$ . A avaliação qualitativa das correlações encontradas foi considerada como moderada e forte positivas, respectivamente. Já o transecto C-D apresentou a correlação VANUI x Daytime igual à  $-0,1374$ , enquanto que a VANUI x Nighttime,  $0,2614$ , consideradas como fraca negativa e como fraca positiva, respectivamente (CALLEGARI-JACQUES, 2003). Era de se esperar que os dados que apresentam um grande corpo d'água sofresse interferências.

Na análise dos transectos C-D (Figura 2.12 A e B), quando da porção do Lago Paranoá durante o dia, ocorre a inversão entre o valor VANUI e o da temperatura de superfície (destacado na elipse verde) e à noite ocorresse um comportamento direto, pois a temperatura das margens estaria menor e o da água, maior. E isso se verifica, porém, os próprios dados VANUI sofrem, pois apresentam a saturação anteriormente salientada e na escala avaliada, com pixels de 1km a presença do verde urbano é prejudicada, o que acaba reduzindo a correlação no transecto C-D.

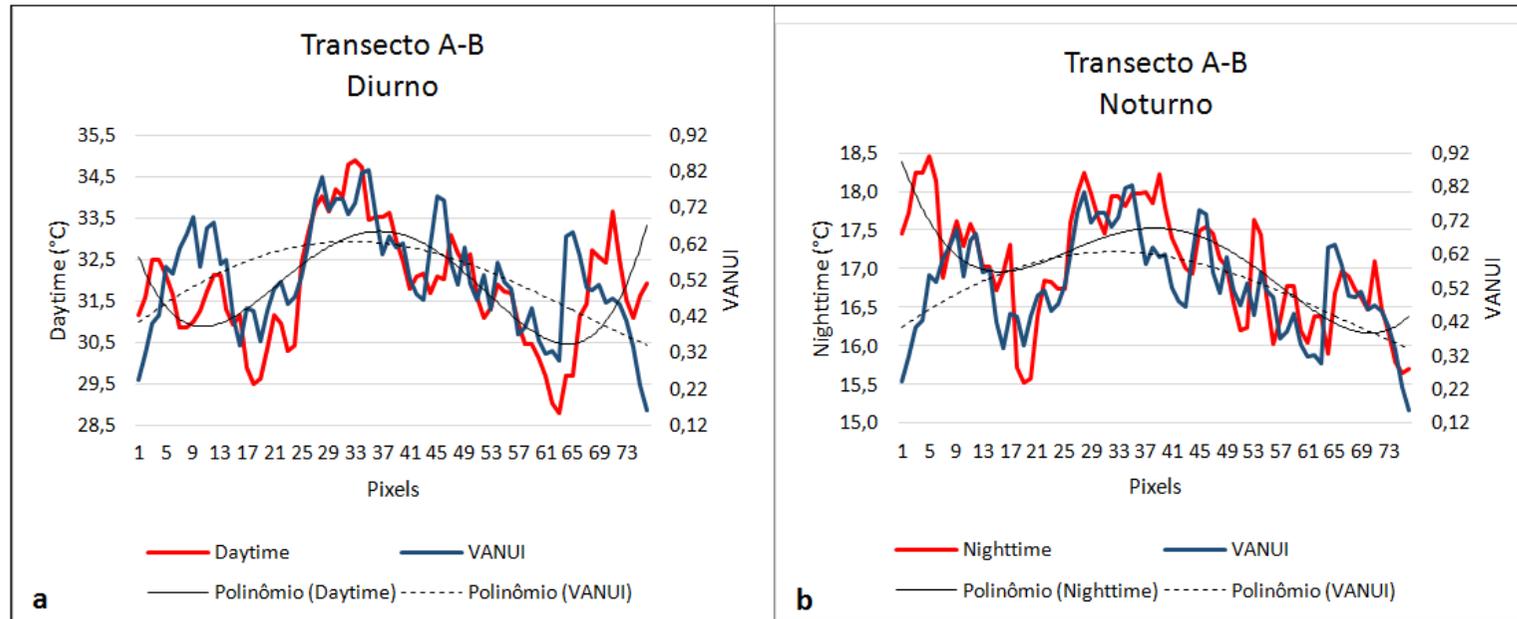
Figura 2



(2017).

Já o A-B (Figura 2.13 a e b) apresentou resultados satisfatórios, pois quanto maior o valor de VANUI, que é proporcional ao valor de luz noturna, mais adensada é a área e maior será sua temperatura radiométrica, tanto de dia como de noite.

Figura 2.13 – Transecto A-B com VANUI e a) temperatura diurna; b) temperatura noturna



Ao analisar a similaridade estatística dos dados, por meio do teste t de Student, comprovou-se que os dados são distintos, o que era de se esperar, pois um representa um índice e o outro, uma grandeza física.

O desenvolvimento dos transectos, mesmo o que apresenta o corpo d'água (C-D) apresentam caminhamentos similares, definidos pelos ajustes polinomiais apresentados tanto na Figura 2.12 como na 2.13, tanto de VANUI e de temperatura de superfície, o que permite inferir que dados VANUI, obtidos por meio da integração de dados de luz noturna com índice de vegetação, podem ajudar na compreensão do adensamento urbano, mesmo em escalas pequenas.

Esse capítulo visou mostrar possibilidades de investigações urbanas por meio de dados de sensoriamento remoto. Novos estudos devem ser incentivados para melhorar a compreensão dessas dinâmicas, tanto nas ilhas de calor, como nos domos urbanos de CO<sub>2</sub>, bem como o papel do verde urbano e de dados de luz noturna e suas possíveis integrações. Com isso será possível investigar os diversos comportamentos nas cidades, tais como os adensamentos nas áreas metropolitanas e a ecologia urbana.

## Referências

- BAPTISTA, Gustavo Macedo de Mello. Ilhas Urbanas de Calor. *Scientific American Brasil*, São Paulo, v. 8, n.08, p. 54-59, 2003a.
- \_\_\_\_\_, Gustavo Macedo de Mello. Daytime and Nighttime Variation of the Urban Heat Island Effect in São Paulo, Brazil, by means of TERRA/MODIS data. In: I Workshop sobre o sensor MODIS, 2003, Goiânia. Anais em CD-ROM. Goiânia: UFG, 2003b
- \_\_\_\_\_, Gustavo Macedo de Mello. Mapeamento do Sequestro de Carbono e de Doms Urbanos de CO<sub>2</sub> em Ambientes Tropicais, por meio de Sensoriamento Remoto Hiperespectral. *Geografia (Rio Claro. Impresso)*, v. 29, p. 189-202, 2004.
- \_\_\_\_\_, Gustavo Macedo de Mello. Ilhas Urbanas de Calor. *Scientific American Brasil: Aula Aberta*, v. 2, p. 24-31, 2010.
- \_\_\_\_\_, Gustavo Macedo de Mello. Mapeamento do Sequestro de Carbono: um passo importante para consolidar o protocolo de Quioto. *Revista do Ceam*, v. 3, n. 1, p. 101-111, 2015.
- \_\_\_\_\_, Gustavo Macedo de Mello; NASCIMENTO, M. E. M. Geração de Cenários de Crescimento da Mancha Urbana da Área Metropolitana de Brasília por meio da Série Histórica DMSP-OLS de Dados de Luz Noturna. *RBC. Revista Brasileira de Cartografia (Online)*, v. 68, p. 911-919, 2016.
- \_\_\_\_\_, Gustavo Macedo de Mello; RIBEIRO, Rômulo José da Costa. Avaliação do grau de adensamento urbano por meio de dados de luz noturna e de temperatura de superfície. In: *Seminário Nacional Regimes Urbanos e Governança Metropolitana - Encontro Nacional do INCT Observatório das Metrôpoles*, 2017, Natal. Anais. Natal: Núcleo RMNatal, 2017. v. 1. p. 1-5.
- BIAS, Edilson de Souza; BAPTISTA, Gustavo Macedo de Mello; LOMBARDO, Magda Adelaide. Análise do Fenômeno de Ilhas de Calor Urbanas, por meio da Combinação de Dados LANDSAT e IKONOS. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 2003, Belo Horizonte. Anais em CD-Rom. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003.
- CALLEGARI-JACQUES, S. M. *Bioestatística: princípios e aplicações*. Porto Alegre: Artmed, 255 p., 2003.
- MCKNGHT, Tom L. *Physical Geography a Landscape Appreciaton*. Upper Saddle River, N.J. Prentice Hall, 604 pg., 1999
- LOMBARDO, Magda Adelaide. *Ilha de calor nas metrôpoles: o exemplo de São Paulo*. Editora Hucitec, 244 pg. 1985
- ZHANG, Q., SCHAAF, C., SETO, K. C. The Vegetation Adjusted NTL Urban Index: A new approach to reduce saturation and increase variation in nighttime luminosity. *Remote Sensing of Environment*, 129, p. 32–41, 2013.







## CAPÍTULO 3

**BRASÍLIA – URBANIZAÇÃO ACELERADA E  
DESORGANIZADA: COMO O DESENHO MODERNO  
REFLETIU NA GERAÇÃO DE ILHAS DE CALOR NO PLANO  
PILOTO**



## As cidades sustentáveis

As cidades têm sido alvo de preocupações ecológicas, ambientais, culturais, históricas e socioeconômicas, por se entender que a lógica vigente do sistema econômico e de crescimento ilimitado contraria os prognósticos futuros de escassez de recursos, energia e limitação espacial. Nesse contexto, as cidades sustentáveis se fazem essenciais à permanência do homem e à sua qualidade de vida futura.

No Distrito Federal estes problemas não são diferentes, a forte urbanização de seu espaço físico mostra um quadro predominantemente urbano, pois mais do 90% da população no Distrito Federal é urbana. Porém, o modo de ocupação e a densidade são extremadamente contraditórios entre as aglomerações urbanas no DF, pois enquanto Ceilândia, a Região Administrativa mais populosa, tem uma densidade bruta de 14,94 hab/ha, o Plano Piloto possui hoje menos de 5 hab/ha. Tendo sido projetada por Lucio Costa para uma densidade bruta de quase 30 hab/ha, as Super-Quadras assistiram a um esvaziamento face às mudanças na estrutura familiar brasileira, pela obsolescência urbana ou mesmo na mudança de usos do solo, mesmo que fora das leis urbanísticas estabelecidas.

O olhar analítico sobre a configuração de equilíbrio urbano-ambiental requer uma metodologia que consista em indicadores interdisciplinares nas possibilidades do conhecimento. Assim, a percepção morfológica dos tecidos urbanos e paisagem intraurbana correlacionados, sob o olhar de qualidade, com constatações urbanas como o uso do solo, a infraestrutura urbana e avaliações do equilíbrio ambiental oferecem um caminho seguro para classificar a qualidade urbana de uma fração territorial. Esses são atributos intrínsecos de qualidade e se constitui num desafio teórico na lógica de interpretação da dinâmica urbana na essência do urbanismo sustentável.

Entre os anos de 1956 e 1960, o Brasil foi palco de uma das experiências, utópica ou não, mais importante dentro do campo do urbanismo do século XX. A partir de Brasília, o Brasil pôde expressar não somente seu projeto de modernidade para uma nova capital, mas também a ideia de um país utópico, justo e igualitário. Brasília é símbolo de um movimento cultural, artístico e político sem precedentes no Brasil, concretizado a partir de um sonho de um País ideal, ausente de crises e com excelente qualidade de vida para seu povo. Uma cidade que representaria o modelo mais bem-acabado e vivo do urbanismo moderno do CIAM (1928) e da Carta de Atenas (1933), sendo tombada como Patrimônio Cultural da Humanidade pela Unesco em 1987. Entretanto, a utopia de um mundo melhor brasileiro, após a sua construção, apresentaria as mesmas características decorrentes da segregação social e falta de distribuição da renda no cenário dos países em desenvolvimento.

A Carta de Atenas, manifesto resultante do IV Congresso Internacional de Arquitetura Moderna (CIAM), em Atenas, 1933, teve como tema a cidade funcional e abordou aspectos da arquitetura então contemporânea. Concebia-se a cidade como um organismo funcional em que são dispostas as necessidades dos homens. As funções-chave conforme o documento são habitar, trabalhar, circular e recrear. A partir desses temas seriam detalhadas as hierarquias e as características das cidades planejadas sob a égide modernista. No todo, a Carta de Atenas apresenta uma cidade que

“deve assegurar, nos planos espiritual e material, a liberdade individual e o benefício da ação coletiva”( Carta de Atenas, CIAM, 1933, p. 28).

As diretrizes para a concepção das cidades modernas, conforme a Carta, são inúmeras. Alguns pontos afirmam que seu crescimento deve ser harmônico em cada uma de suas partes funcionais, com espaços de ligação equilibrados. A cidade deve adquirir, na medida de sua implantação, “o caráter de uma empresa estudada de antemão e submetida ao rigor do planejamento geral”. O arquiteto, neste contexto, deve trabalhar na escala humana, a fim de garantir a felicidade dos habitantes (Carta de Atenas, CIAM, 1933, p. 32-33). Em que pese à ligação espaço físico/relações de poder, sua função específica varia no tempo de modo a plasmar diferenças visíveis, por exemplo, nos espaços públicos pré-modernos e modernos, o que está diretamente ligado à diferenciação feita por Foucault<sup>1</sup> (1980) entre poder negativo e disciplinar. O ideal reformista implicava na construção de uma cidade que oferecesse segurança, ideal mantido com vigor ao longo dos anos, particularmente na “idade de ouro” dos espaços públicos, nos anos cinquenta e sessenta. Jane Jacobs defende com ardor a prevalência dos espaços públicos e diz que o controle e vigilância destes espaços representam a garantia de seu desfrute assinalando: “A segurança nas ruas e o controle mútuo soam mal em teoria; na vida real não é um mal”. Se antes da era moderna os espaços públicos expressavam o poder do soberano, no mundo moderno estes se orientam rumo a práticas regulatórias, à obtenção da completa docilidade do ser, do corpo. Os espaços públicos passam de local de castigo real a espaço de vigilância.

<sup>1</sup> Para Foucault, o exercício do poder é, em última instância, o que motiva a ação humana e por isso seu exercício não está circunscrito ao Estado, mas permeia todas as instituições sociais: escola, família, igreja, por exemplo. Para ele, “em qualquer sociedade existem relações de poder manifestas que permeiam, constituem e caracterizam o corpo social e que não podem ser estabelecidas, consolidadas e realizadas sem a produção, acumulação e funcionamento de um discurso específico” (Foucault, 1980). O que mudou com o advento da modernidade não foi a natureza humana e sua vocação para o exercício do poder, mas as características do discurso do poder.

### **O Distrito Federal Constitui uma unidade atípica na federação**

O Distrito Federal constitui uma unidade atípica na federação, consiste em um território autônomo, dividido em regiões administrativas. Brasília, por sua vez é sede do governo do Distrito Federal e Capital Federal as demais regiões administrativas mantêm certa autonomia administrativa, mas suas atividades econômicas e sociais dependem de Brasília. Em 1961 criam-se as primeiras subprefeituras: Planaltina, Taguatinga, Sobradinho, Gama, Paranoá, Brazlândia e Núcleo Bandeirante. Em 1964, as subprefeituras são substituídas por regiões administrativas. Em 1989 são incluídas quatro novas regiões administrativas (Ceilândia, Guará, Cruzeiro e Samambaia); em 1993, mais quatro (Santa Maria, São Sebastião, Recanto das Emas e Riacho Fundo); e em 1994 as três últimas (Lago Sul, Lago Norte e Candangolândia). Em 2009 já existiam 30 RAs no DF.

Na visão espacial de planejamento regional (RIBEIRO, 1998) utiliza-se a geotecnologia das distâncias para estabelecer a correlação entre a exclusão/inclusão social e o perfil de ocupação urbana, como intuito de compreender a distribuição socioeconômica da população à medida que se distancia do CBD (Central Business District).

No contexto descrito, defronta-se com uma morfologia regional em que o sistema viário exerce dependência, tempo e necessidades em relação ao modus vivendi caracterizado pela segregação espacial entre as demais regiões administrativas e a RA I – Brasília (Plano Piloto). A produção da sustentabilidade urbana local gira em torno da dinâmica

socioeconômica imposta, criada e incentivada. Prevalece assim o mito da igualdade social, o discurso político e as ações que se misturam na sobrevivência dependente das Regiões Administrativas do Distrito Federal. Ribeiro (2007) conclui que a segregação na estruturação urbana do Distrito Federal se dá em função da concentração dos empregos na RA I e na procura de habitações cada vez mais distantes do Centro do Distrito Federal. Na expressão de Ribeiro et al. (2007), os impactos negativos no ambiente também se originam pela grande circulação de veículos.

No espaço das cidades e ambientes construídos, em geral, as formas mais importantes são a estrutura urbana (dimensões dos edifícios e dos espaços entre eles, o tamanho das vias e ruas), a cobertura urbana (construído, pavimentado, vegetado, água, solo descoberto), o tecido urbano (materiais construídos e naturais) e o metabolismo urbano (calor, água, poluição devidas às atividades humanas). Um tratamento adequado do sítio deve incluir as dimensões desses itens descritos.

As premissas sobre estruturação do ambiente e persistência da paisagem constroem e qualificam o ambiente ao convertê-lo num fato único sobrecarregado de significações. As dimensões e o formato morfológico que constituem a paisagem urbana conferem as dimensões das escalas climáticas urbanas (ROMERO, 2006b). As alternativas de desenvolvimento em escala local poderiam buscar o equilíbrio entre a dinâmica sócio econômica do lugar e a sua morfologia. Observa-se que: “(...) o desenho urbano de várias cidades-dormitório do DF caracteriza-se pelo zoneamento funcional e rígido dos seus espaços, não comportando a diversidade dos papéis sociais ali presentes” (ROMERO, 2005, p.135). Ressalta-se que a dinâmica demográfica nestas cidades satélites significa uma ampla rede de ofertas imobiliárias que usufruem das tensões urbanas locais. Assim, “(...) os processos de degradação mais constatada no ambiente urbano referem-se ao funcional e ao paisagístico”, que implica na redução de qualidade ambiental (ROMERO, 2001, p.136).

Como polo agregador, as cidades poderiam se constituir em lugares aprazíveis e confortáveis, lugares em que as pessoas tenham oportunidades de obter o bem-estar cotidiano e uma qualidade de vida equilibrada e equitativa com uma convivência solidária. Para Romero (2003: 243) qualidade de vida significa, entre outras coisas, “(...) ser capaz de escolher entre um lugar e outro, entre um estilo de vida e outro, a percepção do sítio é, portanto, um modo de escolher, de pôr em evidência e de tomar consciência das qualidades presentes num determinado lugar”.

Os espaços urbanos que admiramos por sua beleza e harmonia estão em regiões que tem um alto grau de adaptabilidade. Assim verificamos nos tecidos antigos, facilmente reconhecidos a partir das praças e cidades, em geral lugares com sentido estético e social, lugares que, além da dimensão artística, tinham uma forma de circunscrever um espaço próprio à vida pública.

## A necessária noção de permanência

<sup>2</sup> Texto de Romero (2012) da revista Vitruvius “Niemeyer e o sentido do lugar: uma visão Bioclimática”.

A noção de permanência<sup>2</sup> é fundamental na valoração da história na forma urbana. No que permanece revela-se a presença do passado, entendendo-se aí a presença real dos fatos urbanos, nos quais se cristalizam as vivências. As permanências podem ser consideradas como testemunho, como vestígios e marcas para a análise, pois nelas podem ser descobertas as mudanças havidas. Também nelas podem ser revelados os elementos constitutivos ou configuradores do lugar. Em geral, podemos dizer que os significados reunidos em um lugar constituem seu *genius loci*. A noção de tradição aparece como a união entre a história e a identidade do lugar. A tradição é o transmitido, enquanto que o locus representa essa permanência do lugar e seus elementos ao longo da história, permanência que se articula com a mobilidade que o tempo introduz em diversas situações.

Niemeyer e Brasília se confundem, não podem ser analisados em separado. Desde a insistência de Niemeyer para que o projeto para Brasília fosse objeto de concurso público, com uma escolha feita pelo Instituto de Arquitetos do Brasil, até a familiaridade explicitada com o sítio para os projetos dos edifícios monumentais vemos que o que permanece não é fruto do azar. O locus põe em relevo as qualidades, as condições que são necessárias para a compreensão de um fato urbano singular e dão continuidade ao que a tradição de cada lugar tem configurado como a essência do mesmo.

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. No vocabulário de Norberg-Schulz (1980), estas características situam Brasília, enquanto lugar, entre os domínios do cósmico e do clássico, e são essenciais na definição do seu *genius loci*.

Em Brasília, a “muralha” das chapadas constitui ao mesmo tempo um horizonte e um fechamento. Esta dupla função talvez constitua o mais importante elemento definidor da relação entre o céu e a terra no sítio de Brasília. O significado desta estrutura espacial para o caráter do lugar diz que, no sítio que recebeu Brasília, o mundo protege o homem, ao mesmo tempo em que lhe revela sua ordem cósmica.

A construção do Lago Paranoá também contribuiu para essa característica “cósmica-clássica” atribuída à cidade. A construção do Lago Paranoá sintetiza dois dos três modos através dos quais os lugares criados pelo homem se relacionam com a natureza, no pensamento de Norberg-Schulz: visualização e complementaridade<sup>3</sup>. A configuração do relevo que define sua paisagem garante a Brasília a visão de um horizonte de 360° e da abóbada celeste como um semi-hemisfério completo. A vista alcança grandes extensões e a paisagem espraia-se em cerrados distantes.

O Lago Paranoá estabelece uma fronteira para a área urbana. Se, por um lado, sua superfície reflexiva tem um efeito desmaterializador que se contrapõe à estável estrutura topográfica, por outro, a perenidade de suas águas e seu contorno imutável são signos de estabilidade e permanência que se contrapõem, respectivamente, à sazonalidade das chuvas e à constante transformação da paisagem em processo ininterrupto de urbanização. Pode-se dizer, também, que

<sup>3</sup> Por complementaridade, o autor entende as intervenções humanas que procuram completar o que está “faltando”. No caso de Brasília, “faltava” na paisagem um corpo d’água de porte significativo. Por visualização, o autor entende a atitude de tornar visível uma estrutura natural através de um “objeto” artificial.

as águas do Lago Paranoá oferecem reflexos mágicos da aurora, do crepúsculo e da lua cheia, multiplicando o impacto visual destes fenômenos tão caros ao habitante de Brasília. Em Brasília, existe a experiência diária, quase tangível, de testemunhar pela manhã o nascer do sol atrás de um horizonte visível, acompanhar seu trajeto ao longo da abóbada celeste e seu crepúsculo ao final do dia.

### **Algumas implicações: uma acertada leitura do sítio e o protagonismo do seu espaço**

Lucio Costa fez uma acertada leitura do sítio e acomodou seu projeto à forma do mesmo. Estabeleceu um vínculo com o espaço e escolheu para a localização o triângulo contido entre os braços do Lago. Na linha do espigão, estabeleceu o eixo Monumental acompanhando as curvas de nível que descem até o Lago e acomodou o Eixo Rodoviário. Nas próprias palavras do criador:

Nasceu de um gesto primário de quem assinala um lugar ou dele toma posse; dois eixos cruzando-se em angulo reto, ou seja, o próprio sinal da cruz. Procurou-se depois a adaptação à topografia local, ao escoamento natural das águas, à melhor orientação, arqueando-se um dos eixos a fim de contê-lo no triângulo que define a área urbanizada (COSTA, 1995. p.284)

No gesto primário de concepção da cidade, a sua estrutura fundamenta os dois grandes eixos que se cruzam. O primeiro deles atravessa o sítio de leste a oeste, repetindo no chão o trajeto do sol no dia mais longo do ano. O segundo, que poderia ter se mantido perpendicular ao primeiro, prefere curvar-se a acompanhar o perfil do relevo. O traço fundador de Lucio Costa assenta assim a cidade na estrutura da paisagem, conectando-a tanto ao céu quanto à terra.

Ficam delineados os fundamentos para que Niemeyer entre com a arquitetura e atenda o significado de habitar no Planalto, quer dizer, estar em constante contato com o céu e em contemplação do horizonte e da paisagem. A leveza que Niemeyer outorga aos edifícios que compõem o desenho da Praça dos Três Poderes permite, por exemplo, que o céu continue tendo um papel fundamental em concordância com os princípios bioclimáticos e do lugar. Assim a abóbada celeste é percebida quase como uma calota completa e, ao longo do dia, a variação da luz é absolutamente marcante durante o pôr e o nascer do sol, principalmente nas épocas de céu parcialmente nublado, em que as nuvens tingem-se de tons absolutamente surpreendentes, que transformam não só a região da abóbada celeste em torno do disco solar, mas toda a paisagem. Esta forma de Niemeyer de “pousar” a arquitetura destaca o céu no cenário de outros fenômenos importantes para o “habitar” no planalto central de altitude: o nascer da lua cheia, as nuvens de chuva e as tempestades vistas a grandes distancias, o arco cintilante da Via Láctea nas noites sem nuvens.

A visão arquitetônica de Niemeyer, mesmo quando se trata de uma temática que tradicionalmente é concebida desde uma perspectiva urbanística, nas vastidões de “macro-lugares” dos domínios do cerrado, destaca a divisão rítmica do tempo entre uma estação de seca e uma época de chuva. Na seca, o céu, absolutamente livre de nuvens, torna-se 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. Corresponde à concepção sensorial polivalente, onde a água, a luz, o som e a cor entram a ordenar o espaço como estímulos dimensionais. Quando o cerrado torna-se uma paisagem árida e aumenta o contraste entre o verde escuro das matas de galeria e as cores amareladas dos campos e cerrados ressequidos, destacam-se as impressões que produzem as obras do Niemeyer intimamente relacionadas com o caráter de dureza, maciez, densidade e leveza da superfície dos materiais por ele escolhidos. Somente assim, a partir dessa concepção, é possível incorporar os materiais do espaço, os espaços do som, da luz e da cor e a resposta do espaço mostra-se mais adequada.

No Planalto de Lucio Costa e Niemeyer as combinações que se escolhem, segundo um plano de cor, podem dar lugar a efeitos marcantes da estética da luz, destacando ainda mais os atributos da cor, assim como o efeito definidor das veredas e campos de murundus, com caráter também muito marcante na paisagem, definido em grande parte pela presença do buriti, cujo porte e silhueta são valorizados pela ausência de outras espécies vegetais, além dos capins baixos e eventuais arbustos.

Isso nos leva a concluir que a paisagem e as formas naturais do terreno constituem as bases de projeto: somente assim é possível que exista senso do lugar e sensibilidade para o contexto. Se juntarmos esses elementos ao fato de o espaço formar-se basicamente através do conjunto de relações que vinculam um objeto com o ser humano que o percebe, produz-se, então, a correspondência entre os sentidos e o espaço que define e confere identidade ao lugar.

### **Setores dispersos monofuncionais**

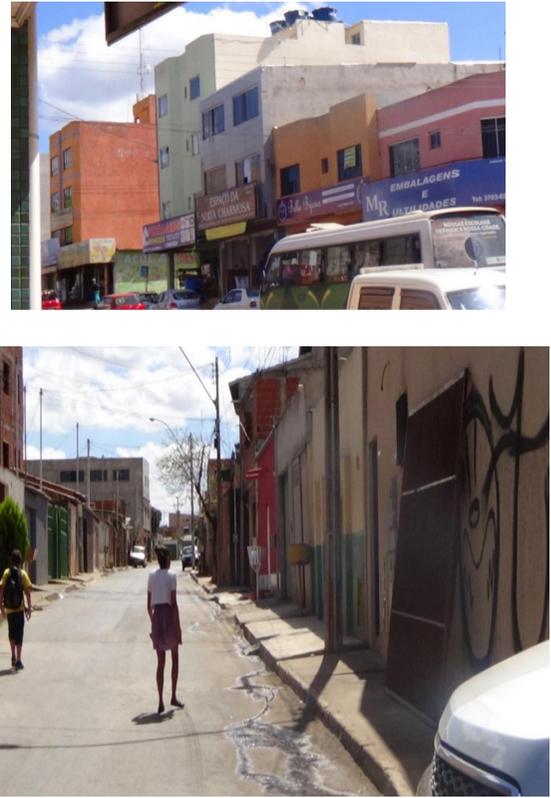
Sob uma abordagem sistêmica e ambiental expressa-se que as próprias cidades devem ser vistas como sistemas ecológicos cujas pegadas ecológicas já cobrem virtualmente todo o globo, o metabolismo linear das cidades que consomem e poluem em alto grau deverão ser substituídos pelo metabolismo circular que minimiza novas entradas de energia e maximiza a reciclagem de materiais, reduz a produção do lixo, conserva os recursos não-renováveis e utiliza os renováveis (ROGER e GUMUCHDJAN, 2001).

Cidade sustentável é o assentamento humano constituído por uma sociedade com consciência de seu papel de agente transformador dos espaços e cuja relação não se dá pela razão natureza-objeto e sim por uma ação sinérgica entre prudência ecológica, eficiência energética e equidade sócio espacial. O planejamento do solo urbano em setores, dispersos e monofuncionais, não estabelece neste “modelo progressista” sob zoning um diálogo com a dinâmica natural da cidade e seus respectivos lugares, pois impõe seu traçado rígido de quadrícula, desconsiderando as condicionantes

específicas da natureza local (ROMERO, 2008, p. 527) . Altera-se assim a topografia, impõe-se a ocupação de áreas sensíveis às alterações antrópicas, destrói-se a mata nativa em detrimento de um paisagismo cênico e formal, definido pelo desenho artificial da paisagem. Como mostram as imagens da Figura 3.1 que trazem dados das cidades<sup>4</sup>, a quadrícula e a ocupação das cidades de Itapoã, Paranoá, Telebrasília e Arniqueiras, num exercício de caracterização da ocupação de lugares do DF.

<sup>4</sup> Os dados foram trabalhados na disciplina Urbanismo Sustentável do PPGFAUUNB ministrada pela professora Marta Romero no 1o / 2017 , estagio docente doutorando Ederson Teixeira, alunos : Abner L Calixter, Ana Carolina Correia Lima Sant' Ana, André Leal Santos, Clarice Cavalcante Daga, Daniela Werneck, Elen Oliveira Vianna, Fabiana Ferrari Dias, Kenia de Amorim Madoz, Leonardo Pierre Firme, Livia Maria P. S. Moreira, Manoella Otero Carvalheiro, Paola Maigua, Peterson Dayan, Rafael Barbosa Rios, Tereza Cristina Esmeraldo de Oliveira, Thalyson Ferreira Duarte Primo, Tony Marcelo Gomes de Oliveira.

Figura 3.1. Características dos lugares estudados de ocupação não planejada no DF. Fonte: Curso Disciplina Urbanismo Sustentável 1º /2017.

A CIDADE	A QUADRICULA	A OCUPAÇÃO
 <p>A elevada densidade urbana e nível de ocupação do solo dificultam a estruturação da área, o que contribui para que o Itapoã continue a ser um bairro pouco autônomo em termos de comércio e serviços, com uma dependência considerável em relação ao Plano Piloto e de RAs próximas, como o Paranoá. O Itapoã surge no final da década de 1990 pela ocupação irregular de terras da região de Sobradinho com famílias oriundas do Paranoá, região a nordeste do plano piloto, com população de baixa renda.</p>	 <p>Em função da grande demanda por uso e ocupação do solo, o setor praticamente não possui árvores e superfícies vegetadas, observando-se o predomínio de superfícies impermeabilizadas. Apesar do baixo gabarito, as construções no Itapoã possuem uma relativa heterogeneidade volumétrica, o que reflete as diversas demandas e segmentos de renda dos moradores. A elevada densidade urbana e nível de ocupação do solo dificultam a estruturação da área, o que contribui para que o Itapoã continue a ser um bairro pouco autônomo em termos de comércio e serviços, com uma dependência considerável em relação ao Plano Piloto e de RAs próximas, como o Paranoá.</p>	 <p><b>ITAPOÃ</b></p>



**A vila original** - A Vila Paranoá, um dos 3 primeiros assentamentos de trabalhadores que construíram Brasília - junto com Taguatinga e a Vila Planalto. Surgiu a partir de um acampamento que abrigava os pioneiros que trabalharam na construção da Barragem do Paranoá, que se iniciou em 1957. A antiga vila do Paranoá se situava em um terreno com grande declividade e sem infraestrutura adequada, o que acarretava problemas como erosão, riscos de deslizamentos de terra, etc. Essa situação só foi resolvida em 1989, quando foi apresentado um projeto para transferir a vila para uma área adjacente à vila, mais afastada do lago, e mais plana, a ser urbanizada conforme um traçado planejado, que corresponde ao atual Paranoá. Após a conquista pela fixação na área, houve um impulso no desenvolvimento da região.

### Hierarquia das vias



A simplicidade do traçado viário, em um padrão aproximadamente ortogonal, e a presença de vias coletoras centrais confere uma orientabilidade ao espaço. Além disso, a linearidade e a centralidade da via principal favorecem o transporte público, mais utilizado para chegar ao Plano Piloto. No entanto, essa via, que concentra a maior parte do comércio e serviços do setor, não possui calçadas adequadas para o fluxo de pedestres.



### PARANOÁ



Situada às margens do Lago Paranoá e próximo a Asa sul, a Vila Telebrasília surgiu no final de 1956, a partir de acampamentos precários que abrigavam os funcionários da Construtora Camargo Correa. Em 1998, foi aprovado o primeiro projeto urbanístico para a vila, que permitiu o parcelamento da área; foram criados mais de 500 lotes. Finalmente, em 2007, a área foi regularizada. Atualmente, a Vila Telebrasília é um setor legitimado como Subadministração, ligada a R.A I – Plano Piloto. A vila possui 425 lotes; aproximadamente 50% deles possuem apenas um domicílio; 25%, possuem de três até nove residências em cada lote. Em 2009, foi estimado um total de 730 domicílios.

Como a vila está situada dentro de uma APP, há uma presença massiva de vegetação no entorno, o que, além da proximidade com o lago Paranoá, confere à área uma microclima mais ameno. As ruas compõem um traçado aproximadamente ortogonal, com vias desalinhadas e algumas curvas suaves.



### VILA TELEBRASÍLIA



Arniqueiras, região situada entre o Guará e Taguatinga, permeada por córregos e nascentes, era uma área rural ocupada desde a década de 1960, que surgiu como colônia Agrícola. A partir da década de 1990, as chácaras foram sendo parceladas irregularmente, apesar das restrições ambientais. A Colônia foi se transformando em área urbana, e veio a se constituir um setor pela confluência das áreas Arniqueira, Vereda da Cruz e Vereda Grande.



A maior parte das residências do setor vem de loteamentos irregulares, em geral, situadas dentro de condomínios fechados, que configuram uma ocupação bastante fragmentada, tanto em função da falta de planejamento, quanto em função das particularidades do terreno, de topografia bastante irregular. Para o acesso às novas casas e condomínios, foram implantadas vias locais bastante estreitas, e sem qualquer regularidade.



**ARNIQUEIRAS**

Sabe-se ainda que a especulação imobiliária e a indústria da invasão imprimiram forte ação sobre planejamento e desenho das cidades contemporâneas, difundindo um modelo de dispersão e fragmentação urbana, associado à fatores de obsolescência dos espaços e segregação espacial, a exemplo da ênfase ao deslocamento viário em detrimento da acessibilidade pendonal e do domínio público dos espaços.

Perante a indagação de: “como poderemos fazer das cidades melhores lugares para viver?”, Duany et al. (2001, p.136, 137) afirmam que a densidade populacional é um fator importante, quanto maior a densidade, o funcionamento é melhor, porém isto não é suficiente, a escala do pedestre também mantém a vida cívica como a proximidade do centro às periferias contribui para a saúde da cidade. Ainda no aspecto da densidade urbana, há limites a serem considerados e que devem ser interpretados numa lógica de pesquisa local e regional, desde as condicionantes naturais e climáticas, ou mesmo socioeconômicas e culturais. Pois cada cidade apresenta características intrínsecas e que podem fugir à regra de uma alta densidade, seja por sua dinâmica urbana, seja por questões climáticas ou posições culturais. Assim, a qualidade urbana não deve oferecer padrões e índices imutáveis, mas compreender as diferenças sob a roupagem da sustentabilidade urbana que valoriza as particularidades.

Percebe-se que o entendimento das cidades atravessa a percepção e a sensibilidade de quem as imagina, os urbanistas no seu mundo subjetivo colocam o imaginário das formas em atitudes objetivas e concretas, as formas adquirem lugar no espaço e dinamismo com seu uso. Entender cidades é um exercício cotidiano de quem as projetam e dos que as habitam. O registro de uma cidade está definido pela sua identidade morfológica e cultural, aliado a inúmeros aspectos que a compõem. Tal percepção espacial cabe, especialmente, ao arquiteto e urbanista, pois este profissional é capaz de compreender o espaço, suas escalas, seus marcos referenciais, sua dinâmica morfológica atrelada ao ambiente, às condicionantes locais, à comunidade, sua história e cultura.

<sup>5</sup>Brasil é essencialmente urbano e não se trata como diz Bertha Becker<sup>6</sup> de apenas núcleos e populações urbanos, mas da urbanização *latu- sensu*, que envolve as múltiplas redes de circulação e comunicação. Para a autora, a cidade é hoje meio crucial para o desenvolvimento num duplo sentido: a) como ambiente técnico e estratégico capaz de gerar inovações e atrair investimentos através da iniciativa política e da capacidade de gestão, isto é, de criar condições para a sinergia; b) como mediação direta entre o local e o internacional, lugar de contato das redes capaz de acelerar a passagem para o novo estilo de desenvolvimento. Nos países periféricos, considerando que o desenvolvimento sustentável não deve equacionar apenas as relações entre economia e ecossistema, mas sim também a incorporação do social ao processo, as cidades são fundamentais ainda por sua capacidade de atender à: a) formação da cidadania, significando educação, acesso ao emprego e fortalecimento da democracia política; b) definição e fortalecimento de um novo papel do Estado.

Para fins sociológicos, uma cidade pode ser definida como um núcleo relativamente grande, denso e permanente, de indivíduos socialmente heterogêneos (WIRTH, 1962). O problema central do sociólogo da cidade é descobrir as formas de ação e organização social que emergem em grupamentos compactos, relativamente permanentes, de grande número de indivíduos heterogêneos. Devemos também inferir que o urbanismo assumirá a sua forma mais característica e extrema à medida que estiverem presentes as condições que lhe são congruentes. Assim, quanto mais densamente habitada, quanto mais heterogênea for a comunidade, tanto mais acentuadas serão as características associadas ao urbanismo.

Sem dúvida, uma estratégia conhecida, que precisamente utiliza o urbanismo, tende a reorganizar a cidade política como centro de decisão. Está claro que um centro deste gênero não se limita a reunir as informações ascendentes e a difundir as informações descendentes. Não é somente um centro de decisões abstratas, mas um centro de poder. Agora, o poder implica riqueza e a riqueza poder. Ou seja, que o centro de decisão, na estratégia que analisamos, apoiados nos escritos de Lefebvre (1972, p.174) será a raiz de um Estado altamente organizado e poderosamente sistematizado.

O projeto de cidades, enquanto desenho, esteve associado a definições estratégicas, quando tomamos como base de análise o conceito político de cidade adaptado ao tipo de cidade – estado grega apresentados por Aristóteles na sua Política. Traduzindo a hierarquia das relações existentes entre as diversas “castas”, ou satisfazendo a necessidade de ênfase a determinadas características consideradas, a cada momento histórico, como essenciais para a obtenção de certo “poder” diferencial dentro do conjunto de cidades – “poder” relacionado à capacidade produtiva, à hegemonia

<sup>5</sup> Texto do Termo de Referência No 64.026 MMA: Foco Urbano de autoria Romero (2009).

<sup>6</sup> “Ambiente urbano e desenvolvimento sustentável”. Grupo meio ambiente urbano – SENAM, Monografia, Rio de Janeiro, (s/ano).

comercial e aos aspectos de segurança.

A distância entre as proposições urbanísticas e os problemas enfrentados nas cidades, a forma como se dá o processo de urbanização e a capacidade de resolução dos conflitos urbanos, levou a uma simplificação do fenômeno urbano. Por trás do evidente caos urbano, existe uma lógica que atende a determinados interesses, que não os da maioria da população, mas daqueles que tem tido poder de influência sobre o processo de planejamento da sociedade capitalista. As diferentes classes sociais têm oportunidades também diferentes de apropriação de produção da mesma, correspondentes à condição econômica, social e política, configurando espacialmente as diferentes formas de acesso ao poder.

A urbanização já não denota meramente o processo pelo qual as pessoas são atraídas a uma localidade intitulada cidade e incorporadas em seu sistema de vida. Além disso, existe a acentuação cumulativa das características que distinguem o modo de vida associado com o crescimento das cidades e mudanças de sentido dos modos de vida reconhecidos como urbanos que são aparentes entre os povos (WIRTH, 1962, p.93).

Para Ermínia Maricato, o processo de urbanização acelerado e concentrado cobra um alto preço: predação do meio ambiente, baixa qualidade de vida, gigantesca miséria social e seu corolário, a violência. O rápido e espetacular processo de urbanização brasileira, que combinou determinantes da expansão capitalista externa com favoráveis condições internas, constitui um movimento avassalador do ponto de vista social, cultural e ambiental. Claro que caracterizar uma comunidade como sendo urbana, apenas tomando como base o tamanho, é obviamente arbitrário (WIRTH, 1962, p.92).

### **As mudanças climáticas**

Mudanças climáticas globais estão ocorrendo e as iniciativas de mitigação dos efeitos nocivos à saúde humana decorrentes destas mudanças se apresentam de forma discreta e não acompanham a urgência da crise ambiental. Neste sentido, atenção especial deve se voltar às cidades, afinal, são os centros urbanos que atualmente abrigam mais da metade da vida humana existente no planeta. Com relação ao Brasil, as tendências climáticas (GDF/SMA/IBRAM, 2016) apontam para um país mais seco e quente até o fim do século XXI, em especial nas cidades brasileiras, onde vivem 85% da população do país. O lugar de Brasília foi escolhido desde o final do século XIX principalmente por suas condições climáticas (ROMERO, 2011), e as características bioclimáticas do Plano Piloto desenvolvido pelo urbanista Lucio Costa possuem uma vastidão de lições a serem ensinadas ao planejamento urbano resiliente ao calor extremo. Porém o crescimento desordenado tem alterado sensivelmente o clima do Distrito Federal (GDF/SMA/IBRAM, 2016).

O exame do desempenho ambiental de estruturas urbanas e dos espaços abertos nas suas diferentes escalas é complexo, abrangendo elementos, além do verde urbano, que possuem variabilidade espacial, temporal e sazonal. O desempenho influencia decisivamente a qualidade e quantidade de uso dos ambientes urbanos, tornando necessário,

portanto, o conhecimento das condições de conforto nesses espaços, que serão obtidos neste projeto por meio de estudos sobre microclima e sobre as respostas humanas a essas condições nas comunidades selecionadas para participar da pesquisa.

O uso e a ocupação do solo como parte da estratégia de mitigação em áreas urbanas ainda são pouco explorados. Há uma lacuna de estudos e propostas no ambiente construído, seja na escala das Grandes estruturas urbanas, na escala dos Bairros, setores ou áreas, escala do Lugar ou na escala dos Edifícios (ROMERO, 2003, 2006a). O Brasil assumiu compromissos voluntários para a redução de emissões, mas medidas de adaptação, especialmente para as áreas urbanas, ficaram desassistidas. Segundo Nobre e Young (2011) por exemplo na Região Metropolitana de São Paulo, o aquecimento global gerado pelo aumento na concentração de gases de efeito estufa parece ser secundário, se comparado com o efeito da ilha de calor.

Em 2015 teve lugar em Paris a 21ª Convenção do Clima – COP que selou compromisso político global de enfrentamento da crise climática (redução dos gases de efeito estufa) com um futuro de baixo carbono, de modo a se deter o aquecimento do sistema climático em 1,5°C, “considerado seguro para a manutenção da vida na terra” (GDF/SMA/IBRAM, 2016). Este Acordo entrou em vigor em novembro de 2016, durante a 22ª COP em Marrakesh e Brasil é um dos signatários.

Segundo o Inventário de emissões de gases efeito Estufa – GEE, de 2016, da Secretaria de Meio Ambiente<sup>7</sup>, ao lado da meta de redução de desmatamento e de decisões de fortalecimento das remoções antrópicas por sumidouros de gases de efeito estufa no território do DF, a lei de Clima do DF também determinou a internalização da dimensão climática no planejamento da malha viária dos diferentes modais de transporte. No período inventariado (2005-2012) a maior parte das emissões foi de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) que representou mais de 70%. Este correlaciona-se com o significativo aumento da frota de veículos no mesmo período. Segundo dados do Denatran de 2016 em apenas dez anos de 2005 a 2015, a frota dobrou, a curva de crescimento é maior que a da população.

O aspecto da abrangência citado no parágrafo anterior decorre da mobilização e uso de princípios e saberes não só da arquitetura, mas, também, do meio ambiente e da sustentabilidade. O Painel Distrital de Mudanças Climáticas da Secretaria de Meio Ambiente do Governo do Distrito Federal lançou em novembro de 2016 a nota técnica endereçada aos formuladores de políticas públicas intitulada como “Mudanças Climáticas no DF e RIDE – Detecção e Projeções das Mudanças Climáticas para o Distrito Federal e Região Integrada de Desenvolvimento do DF e Entorno (RIDE)”. Neste relatório há narrativas de ondas de calor que alarmaram os moradores e provocaram transtornos em Brasília em 2014, quando os termômetros marcaram 40°C em alguns pontos da cidade e umidade relativa do ar de 18%, segundo a Secretaria de Meio Ambiente do Distrito Federal em dados de 2016.

Além disso, em outubro de 2015, o DF registrou novamente eventos de calor extremo com máximas de 36,4°C e 35,8°C com sucessivos desconfortos térmicos em dias e noites mais quentes. Os impactos na saúde da população ainda

<sup>7</sup> Inventário das emissões por fontes e remoções por sumidouros de gases efeito estufa (GEE) do Distrito Federal, Secretaria de Meio Ambiente, 2016

precisam ser avaliados. Este relatório traz dados de modelagem climática (downscale) com resolução de 30km x 30km. Mesmo sendo considerado de baixa precisão, esta modelagem apresentou tendência positiva de aumento do índice mínima temperatura mínima (TmiN) ao longo da série histórica de dados computando um aumento de 1,85°C . Ou seja, as médias de temperaturas mínimas estão menos frias no Distrito Federal, evidenciando seu aquecimento (SEMA-DF, 2016)

A forma como fabricamos o urbano é um dos principais motores da mudança climática. O excessivo avanço no território com uso urbano fragmenta a paisagem, exerce pressão sobre os ecossistemas, nesse sentido as políticas de mitigação para os efeitos das mudanças no clima são necessárias. Enquanto as estratégias de adaptação do ambiente construído, incluem justamente os materiais do urbano, tais como os elementos da cobertura urbana (construídos, vegetais, água, pavimentos e solo livre, em percentagens de permeabilidade do solo), os materiais urbanos (construções e materiais naturais) e o metabolismo urbano (água, calor, poluição devida às atividades antropogênicas).

Segundo estudos<sup>8</sup> significativas mudanças no clima do DF e na Região Integrada de desenvolvimento do DF e Entorno - RIDE estão sendo detectadas nos últimos 50 anos, confirmando as sinalizações das projeções climáticas, tanto estatísticas quanto dinâmicas, assim verifica-se que aumentou o número de dias com umidade relativa abaixo de 30%, e verificou-se aumento de 2,1°C na mínima da temperatura máxima e 0,85°C na máxima temperatura máxima e diminuição da amplitude térmica entre as temperaturas máxima e mínima. O clima está mudando e intensificando seus eventos, os verões tem sido mais quentes e os invernos mais secos.

Tivemos evento de chuva extrema em 2016, nos últimos anos também sofremos com ondas de calor. Em 2014 houve intenso período de desconforto térmico pela falta de chuva e baixa umidade do ar (40°C e 18% de umidade relativa do ar). Em outubro de 2015 o DF registrou máxima de 35,9°C batendo os recordes de 2008 – de acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os meses de abril e outubro de 2017 foram meses extremamente secos, com chuvas abaixo da média, conforme o Instituto Nacional de Meteorologia. Esses sucessivos recordes de calor e falta de umidade facilitam a combustão da vegetação típica do cerrado, intensificando os incêndios florestais. Entre as recomendações do estudo da Secretaria de Meio Ambiente estão 15 itens considerados essenciais, entre os quais destacamos os que recomendam mobilizar os centros geradores de conhecimento para a produção científica de pesquisas climáticas voltadas para o DF e o RIDE; aprofundamento de investigações científicas voltadas à escala local, como forma de subsidiar políticas públicas locais e promover estratégias de comunicação do risco climático e de enfrentamento das mudanças do clima ao conjunto da população do DF e RIDE; criação de um Painel Científico Distrital sobre a mudança climática (do qual fazemos parte). Planos urbanos estratégicos podem incorporar riscos climáticos e vulnerabilidades, e para tanto avaliações precisam estar realizadas incluindo questões de adensamento, drenagem, permeabilidade ao vento, distribuição da água e da de vegetação dentro da malha urbana.

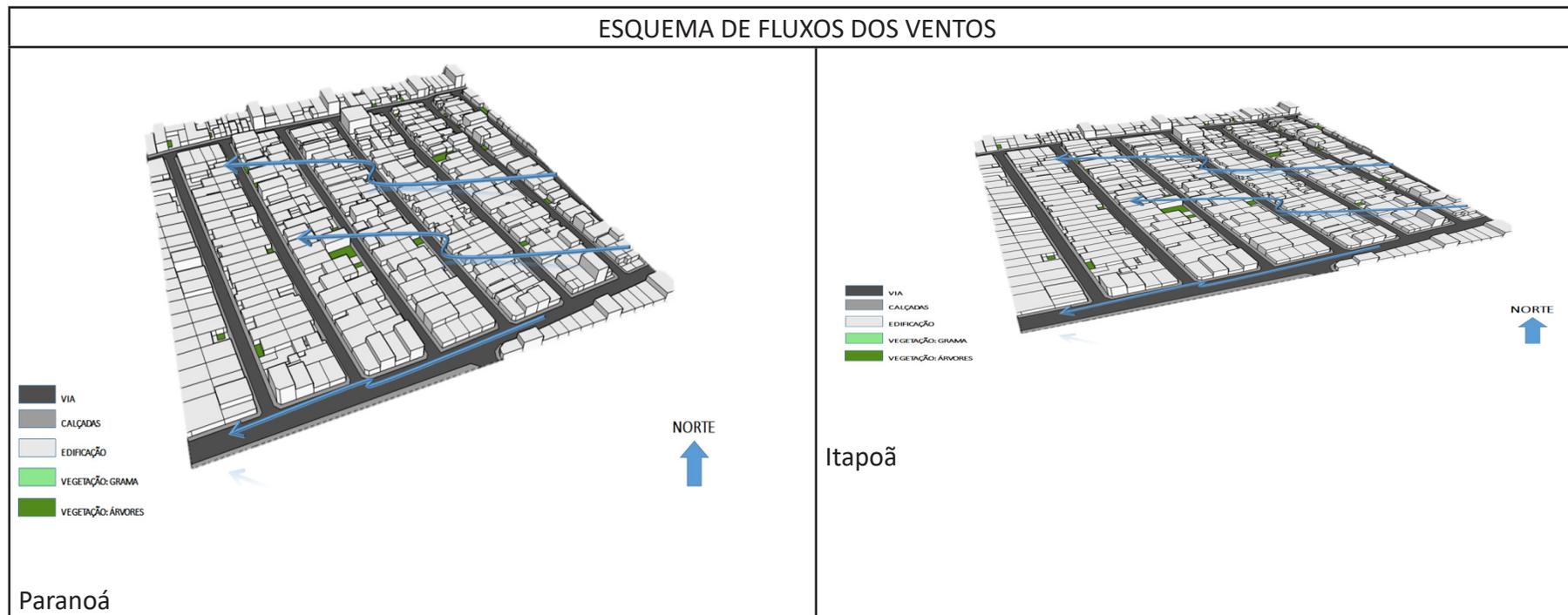
A desolada paisagem tropical das pobres periferias urbanas não oferece nenhum elemento de mitigação da incidência da energia solar (agravada em decorrência do aquecimento global). A fim de aferir a dimensão do problema nas comunidades parceiras desta pesquisa, foram estudadas ilhas de calor, completando assim o estudo compreensivo de variáveis urbanas, intensidade de uso do solo e a variação da temperatura nas áreas mais próximas das linhas de água e de vegetação da cidade, em áreas de semelhança ambiental<sup>9</sup>, isto é, áreas que, no DF, abrigam num mesmo espaço os bairros (i.e., as regiões administrativas) com os mais altos índices de violência e os bairros mais ricos, com índices zerados de violência (CODEPLAN PDAD, 2015).

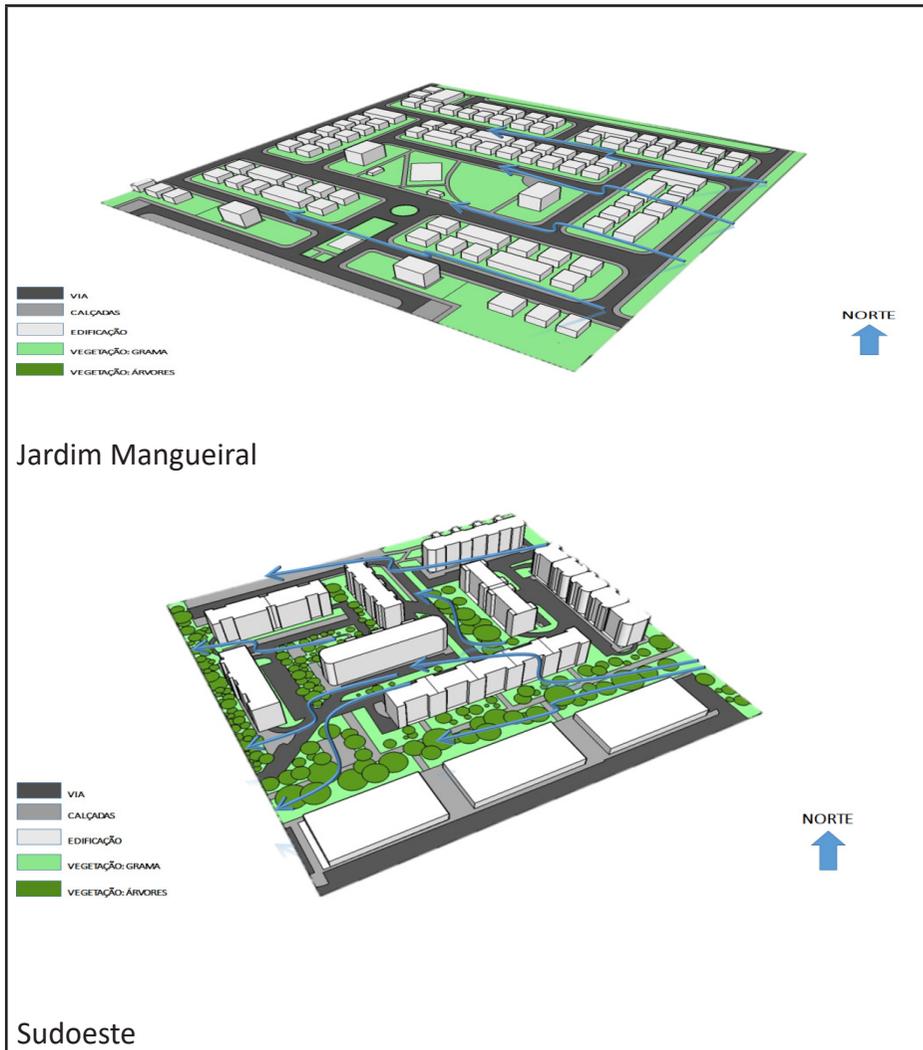
<sup>8</sup> Mudanças climáticas no DF e Região Integrada de Desenvolvimento do DF e Entorno - RIDE. Secretaria de Meio Ambiente – GDF, Brasília, 2016, páginas 90 e 91.

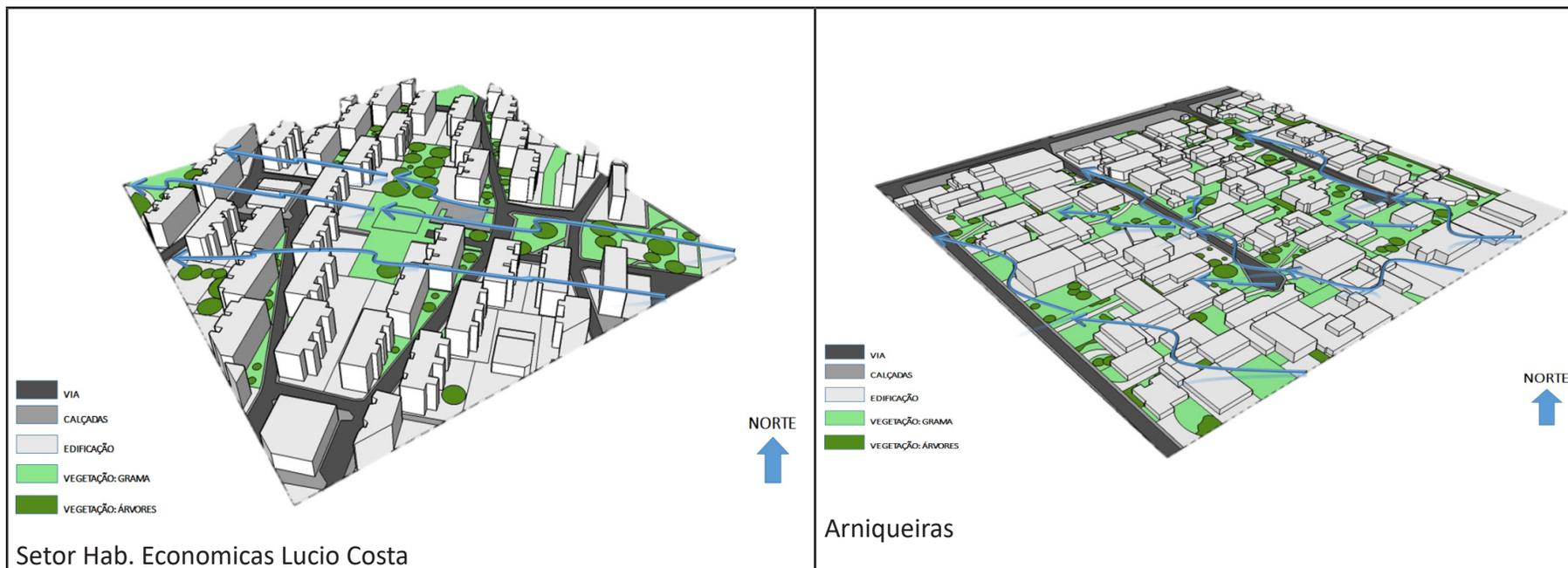
<sup>9</sup> Consideramos regiões com semelhança ambiental, por exemplo Varjão, Paranoá, que estão nas proximidades do Lago Paranoá, que por sua vez abriga as ilhas de excelência exemplificadas nos bairros Lago Norte e Lago Sul.

Para realizar esse estudo é proposta a análise de geometrias urbanas que aprisionam calor e geometrias urbanas que diminuem as velocidades dos ventos, ver Figura 3.2, 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. Deve-se a isso que a água de chuva escorre pela sua superfície e não consegue dissipar o calor por meio da evaporação (ou evapotranspiração quando existem plantas). 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 das classes média e abastadas da cidade.

Figura 3.2. Esquema de fluxos dos ventos nas cidades do estudo.







Nesta perspectiva é que surge o potencial de acumular metodologias interativas por meio das quais a população envolvida pode observar in locus o problema e criar representações que possam ser interpretadas com base no seu conhecimento tácito do espaço urbano em que vivem. Estas representações também contribuem para elaboração de metodologias de ensino de arquitetura que traduzam para os estudantes o significado prático dos aportes teóricos dos domínios de conhecimento relevantes.

Como estratégia para promover o diálogo com a comunidade, os pesquisadores envolvidos podem divulgar dados relevantes para a população, como é o caso dos parâmetros para verificar o comportamento de uso, cobertura e ocupação do solo urbano, e o grau de sustentabilidade existente, especialmente onde há umidade disponível para dissipar o calor do sol. Esses parâmetros vêm sendo construídos ao longo de pesquisas anteriores<sup>10</sup>, com base nos pressupostos teóricos da Arquitetura Bioclimática (OLGYAY, 1963; GIVONI, 1994; Corbella & YANNAS, 1997; ROMERO, 2001). O entorno material que acolhe as manifestações sociais, que serve de cenário menos ou mais favorável para abrigar atividades sociais violentas ou pacíficas pode ser atualizado com base no método de comprovação de desempenho e atribuição de pontuação de Qualidade Urbana, já elaborado (ROMERO, 2007).

Os trabalhos que vimos realizando sobre os padrões de desempenho em Brasília (ROMERO, 2006a; 2011) confirmam a perda de conforto na capital, devida, fundamentalmente, ao abandono de práticas sustentáveis de implantação de blocos nas superquadras (pilotis, apartamentos vazados, ruas de serviço na pior orientação, barreira de vegetação densa, etc.) e a proliferação de condomínios sem espaços públicos abertos no seu interior, em padrões de ocupação com alta tendência à privatização do solo urbano. As superquadras de ocupação mais recente, quando comparadas com as mais antigas, não apresentam a mesma leitura espacial: a proporção espacial entre vazios e cheios é menor nas primeiras e seu terreno perdeu em termos de continuidade e legibilidade. As soluções rebuscadas utilizadas nos térreos são trasladadas para o espaço público, que fica balizado por pequenos artifícios que interrompem os passeios e dificultam a identidade do espaço.

<sup>10</sup> No âmbito do Distrito Federal: cidades da micro bacia do Riacho Fundo - Candangolândia, Núcleo Bandeirante, Metropolitana, Riacho Fundo e Telebrasilândia; e da área de influência do Metrô - Ceilândia), através das seguintes pesquisas institucionais: "Parametrização dos espaços abertos. Estudo de configuração urbana e desempenho ambiental para a reabilitação ambiental sustentável - Fase 2. CNPq - FAU/UnB, no do Processo 305017/2011-0 de 01.03.2012 a 02/2015. "Parametrização dos espaços abertos. Estudo de configuração urbana e desempenho ambiental para a reabilitação ambiental sustentável" (CNPq/2008-2012), "Urbanismo sustentável para a reabilitação de áreas degradadas. Construindo um sistema de indicadores de sustentabilidade urbana, financiada pelo CNPq/2005-2008. "Urbanismo Sustentável para a reabilitação de Áreas degradadas", FAU-UnB/METRÔ-DF, 01.08.2001 - 31.12.2001; "Sustentabilidade e Eficiência Energética. Identificação de Relações Significativas", CNPq - FAU/UnB, no do Processo 300192/97-5 (RN), 01.08.99 a 31.07.01; "Viabilidade Ambiental da Urbanização do Distrito Federal. Análise das Constantes Morfológicas", CNPq -FAU/UnB, no do Processo 300192/97-54, 1997 -99.

O sentido do lugar - *genius loci* - de enraizamento, criado no projeto original, que hoje se perde aos poucos, significava estabilidade e imprimia uma identidade espacial que expressava as características do lugar e funcionava como elemento protetor em relação às pessoas (ROMERO, 2006a, 2011).

Outro exemplo do abandono do projeto original é fornecido pelos estudos sobre áreas verdes (RAMALHO, 2012) que nos informam que as dez cidades mais antigas do Distrito Federal, que representam um terço do total de cidades, concentram 63,5% do número de parques e 77,2% da área (m<sup>2</sup>) destinada para esse fim, enquanto que as dez cidades mais novas são servidas por 6,8% dos parques existentes, o que representa 1,2% da área (m<sup>2</sup>) total destinada a parques. O estudo também constata que a distribuição de número de parques e área (m<sup>2</sup>) a eles destinada apresenta um viés temporal e não econômico ou demográfico, resultado talvez de mudanças na política urbanística mais recente.

Os resultados de nossas avaliações têm fortes implicações para políticas urbanísticas. Sabemos hoje que tipos de ocupação como a dos condomínios horizontais, têm influências diretas nas ilhas de calor, pois, ao ocupar toda a área de parcelamento disponível, diminuem significativamente as áreas de desenvolvimento da ventilação e das áreas de infiltração das águas de chuva. Revelam-se eticamente condenáveis as políticas habitacionais que aprovam, implícita ou explicitamente, bairros homogêneos, compostos unicamente de condomínios fechados, quintessência da antiurbanidade.

Ao mesmo tempo, estudos preliminares projetam um aquecimento de até 3°C no Brasil até o fim do século XXI, potencializando o agravamento dos efeitos de ilhas de calor e exacerbando a morbidez no contexto de eventos de calor extremo (MARENGO et al., 2009; MOTTA et al., 2010). Este cenário alarmante evidencia a falta de governança climática, e isto sem dúvida acentuará a herança negativa de um desenvolvimento urbano não planejado, transferindo o peso dos impactos principalmente à camada mais pobre de sua população.

O Plano Piloto de Lucio Costa converge com o urbanismo compacto. Afinal a planta original de suas superquadras implementou um cinturão de 20 metros de vegetação de grande porte ao redor dos edifícios e ao redor das quadras além de áreas verdes livres e pilotis que facilitam a mobilidade. Esta vegetação e a ausência de barreiras como muros, além de propiciar uma caminhabilidade agradável ao pedestre, contribui diretamente para formação de um microclima. Além disso, a arborização também desempenha um papel fundamental: a probabilidade de deslocamento a pé é três vezes maior em rotas para pedestres com vegetação e sombreadas (FARR, 2011).

No processo de periferização, o ato de degradar o urbano decorre, muitas vezes, de lacunas na caracterização da demanda (problema) e de imperícias técnicas no desenvolvimento da solução (projeto); por exigirem reflexão; essas situações constituem um singular material para estudos críticos que visem à elaboração de soluções via projeto arquitetônico (NEWMAN, 2009). Citamos, à guisa de exemplo: partidos urbanísticos que em nada lembram os assentamentos de origem; alteração das relações entre as escalas pública e privada, e consequente supressão da escala semipública; implementação de sistemas viários monumentais, sugerindo, paradoxalmente, a utilização majoritária do automóvel para deslocamentos curtos. Acrescentamos hoje o desconhecimento dos efeitos prejudiciais da ilha de

calor urbano<sup>11</sup> que, além de colocar em risco o ecossistema, reduzem significativamente a eficiência e habitabilidade das cidades através da diminuição do uso do espaço público, causando efeitos adversos no bem-estar físico e mental da população urbana. Os habitantes não são apenas contribuintes, mas também vítimas da situação.

### **Expansão de Brasília e a formação de ilhas de calor: estudos de caso em oito regiões do Distrito Federal**

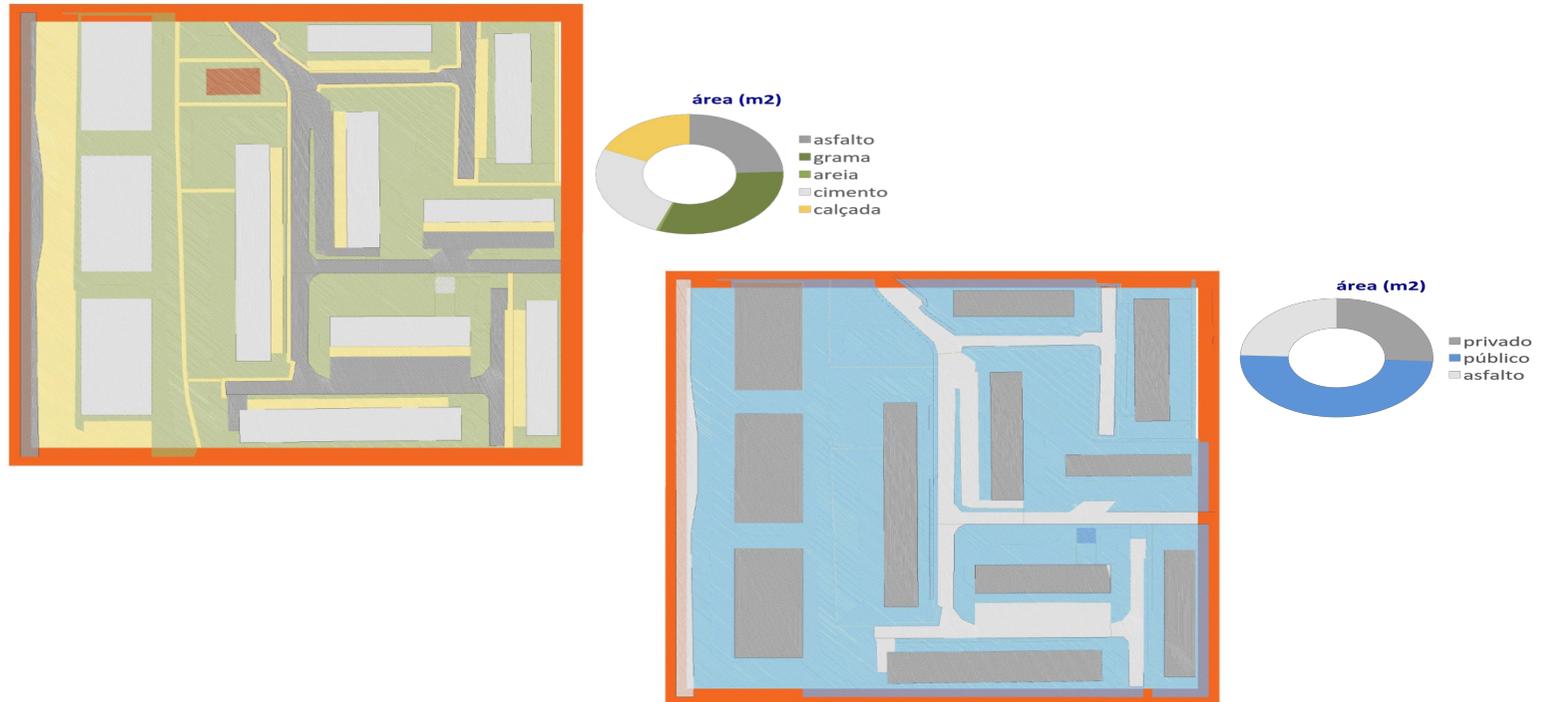
Como mencionamos anteriormente, a situação de Brasília recente, criada a partir das obras da Copa desde 2012 até 2014 e da construção dos novos bairros Noroestes e Sudoeste, nas respectivas orientações, provocaram alterações substantivas nas temperaturas urbanas da cidade, razão pela qual investigamos essa situação sob o pressuposto da criação de novas ilhas de calor urbanas no território. Analisamos frações urbanas no espaço aberto do Distrito Federal, em 8 regiões administrativas: Paranoá, Itapoã, Sudoeste (ver Figuras 3.3 e 3.4), Mangueiral, Areal, Arniquireiras, Vila Telebrasilíia e Lucio Costa. Este espectro de aplicação contempla diferentes formas urbanas e condições sócio-econômicas e ambientais. Nas proximidades dos corpos de água e das grandes massas de vegetação da cidade e, principalmente, o comportamento de uso, cobertura e ocupação do solo urbano, verificando o grau de sustentabilidade existente, especialmente onde há umidade disponível para dissipar o calor do sol, posto que esse fenômeno é maior em áreas densamente construídas e com pouca vegetação, enquanto a vegetação costuma manter a temperatura igual ou inferior à temperatura do ar, desde que esteja devidamente hidratada.

<sup>11</sup> Por exemplo, observando transecto em Brasília temos nas faixas de vegetação (Parque Olhos D'água e áreas arborizadas) e na água (Lago Paranoá) temperaturas entre 19°C a 26°C enquanto nas faixas de vias asfaltadas, estacionamentos, edifícios das superquadras e do atual adensamento do Setor Noroeste encontramos temperaturas entre 27°C a 35°C. Identificamos as diferenças reais de temperaturas nas áreas que tem maior presença de vegetação. Os cursos d'água têm evidencia em todas as escalas de visualização das imagens obtidas utilizando abanda termal do Landsat 8.

Figura 3.3 – Sudoeste



Figura 3.4 - Materiais das superfícies no Sudoeste e relação público - privado



Somente se pode compreender as lógicas que atuam na constituição dos tecidos urbanos e em suas modificações quando se atenta para as articulações de três conjuntos – as vias e espaços públicos, os parcelamentos fundiários e as edificações – para a compreensão das lógicas das causas das ilhas de calor, temos que entender as modificações recentes no tecido urbano objeto de estudo (PANERAI, 2006). As superfícies urbanas são mais escuras que as não urbanas e, portanto, absorvem e armazenam o calor do sol em conjuntos e configuração espacial que, ao se organizarem, formam cânions que absorvem e armazenam mais energia solar e tendem a refletir o calor. Os materiais das superfícies urbanas são resistentes à água, portanto impermeáveis e estanques; por isso a água de chuva escorre pela sua superfície e não consegue dissipar o calor por meio da evaporação (ou evapotranspiração quando existem plantas). Em outras palavras, não há umidade disponível para dissipar o calor do sol.

Com base nesses fatos observamos:

- a) geometrias urbanas que aprisionam calor
- b) geometrias urbanas que diminuem as velocidades dos ventos

Tentando corrigir os problemas do sensoriamento remoto, que mostra apenas uma vista panorâmica de temperaturas urbanas, deixando de fora temperaturas de paredes e vegetação e as temperaturas sob as árvores, foram realizadas medições que mostrem as temperaturas em ambientes urbanos que apresentem paredes sombreadas, proximidades de corpos d'água e de massas de vegetação. Foi utilizada câmera termográfica para acompanhar as medições nos espaços escolhidos, nos quais já foram implementadas técnicas de medições in loco tradicionais (Romero, M. A. B.; Teixeira, E. O.; Sales, G. L. Cantuaria, G. , 2014), assim como simulações para aferir o desempenho ambiental, partindo do fato de que as temperaturas do ar ficam mais elevadas e variam ao longo do dia, conforme as superfícies urbanas se aquecem e esquentam o ar urbano. Assim, a intensidade da ilha de calor é geralmente mais forte à noite, uma vez que as superfícies urbanas continuam a liberar calor e diminuem o resfriamento durante o período noturno.

Em primeiro lugar, foi desenvolvida uma atividade de caráter descritivo, que envolve uma sondagem ampla do espaço, para, assim, compor um primeiro quadro de dados. Os lugares examinados, representativos dos diversos tipos de unidades morfológicas, de funções e de características diversas, fornecem elementos para a avaliação da sustentabilidade e da qualidade do espaço público. Foram monitoradas as condições microclimáticas (temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa do ar, velocidade dos ventos, radiação solar). Em seguida, foi realizada uma atividade de análise e sistematização das informações, para serem transformadas em elementos de comprovação de desempenho dos espaços abertos urbanos.

Avaliados os principais elementos da atmosfera que afetam o quadro construído e considerados os elementos da estrutura urbana (dimensões dos edifícios e dos espaços entre eles, a largura das vias, ou seja, a classe de rugosidade), os elementos da cobertura urbana (construídos, vegetais, água, pavimentos e solo livre, em percentagens de permeabilidade do solo), os materiais urbanos (construções e materiais naturais) e o metabolismo urbano (água, calor, poluição devida às atividades antropogênicas).

Em geral, esses parâmetros incluem os ganhos solares assim como o resfriamento noturno, lembrando que as aberturas ao céu que as construções oferecem (fator de céu) são essencialmente condicionadas pela geometria das vias (H/W) e a orientação solar. Foram avaliados também os elementos de identidade que conferem ao espaço características de lugar, quer dizer, aqueles elementos que não podem ser contabilizados, mas que outorgam feições diferenciadas ao sítio, tais como cores, aromas, sons, texturas, sombras com intensidades diversas.

É possível observar as diferenças de temperaturas nos diversos tipos de coberturas da superfície, sejam elas vegetação, edifícios, áreas impermeabilizadas e cursos d'água. A vegetação, presença importante no espaço a ser estudado, foi analisada a partir do processamento das imagens da banda termal do Landsat 8 do dia 05.01.2014 - estação verão, disponível desde fevereiro de 2013 e em operação atualmente (Pré-processamento no ENVI, conversões dos dados digitais de refletância em radiância, temperatura de brilho e de graus Kelvin em Celsius, através da aplicação de algoritmos). Na sequência, obtêm-se o transecto, gráfico através do qual observa-se as diferenças de temperatura da superfície; e finalmente obtêm-se a imagem das temperaturas. Trata-se de uma análise quantitativa, que nos permite correlacionar, de maneira conceitual e qualitativa, alguns agentes indutores dos adensamentos, sejam eles: o sistema viário, as centralidades, o uso do solo.

Em relação às medições de Variáveis Térmicas, foram realizadas medidas de temperatura externa, umidade, e de temperaturas superficiais para cálculos de temperaturas radiantes, ao longo de diversas estações típicas do Clima tropical de Altitude. O albedo e a emissividade foram verificados a partir dos resultados das simulações realizadas (por meio do principal conjunto de instrumentos metodológicos de ordem prática) com os softwares ECOTECT, ENVI-met v.4.3.2.

Para as medidas de temperaturas superficiais, foram utilizados termohigrômetros, ao longo do dia, às 9:00, 12:00, 14:00, 17:00 e 20:00; em dias claros e em dias nublados e em diversas estações típicas do Clima tropical de Altitude. Os pontos de posição das medidas foram definidos em croquis. Quanto às medidas de temperatura, bulbo seco, e umidade do ar, foram utilizados dois polímetros, em graus Celsius e em percentuais, para realizar medições simultâneas ao longo dos dias e em diversas estações típicas do Clima Tropical de Altitude.

Com esses dados e imagens, foram realizadas diversas deduções, tais como: a quantidade de área exposta à radiação, eventualmente amenizada pela vegetação; a distribuição do albedo e os fluxos radiantes dos cânions urbanos, diferenciando as áreas de passagem e os espaços públicos de convivência a fim de determinar quais padrões de ocupação ficam próximos do ambiente sustentável, permitindo a classificação de situações bioclimaticamente confortáveis e

sustentáveis, passíveis de servirem de parâmetros para a comprovação de desempenho do ambiente urbano, tendo em vista, em última instância, a efetivação de um processo de certificação urbana.

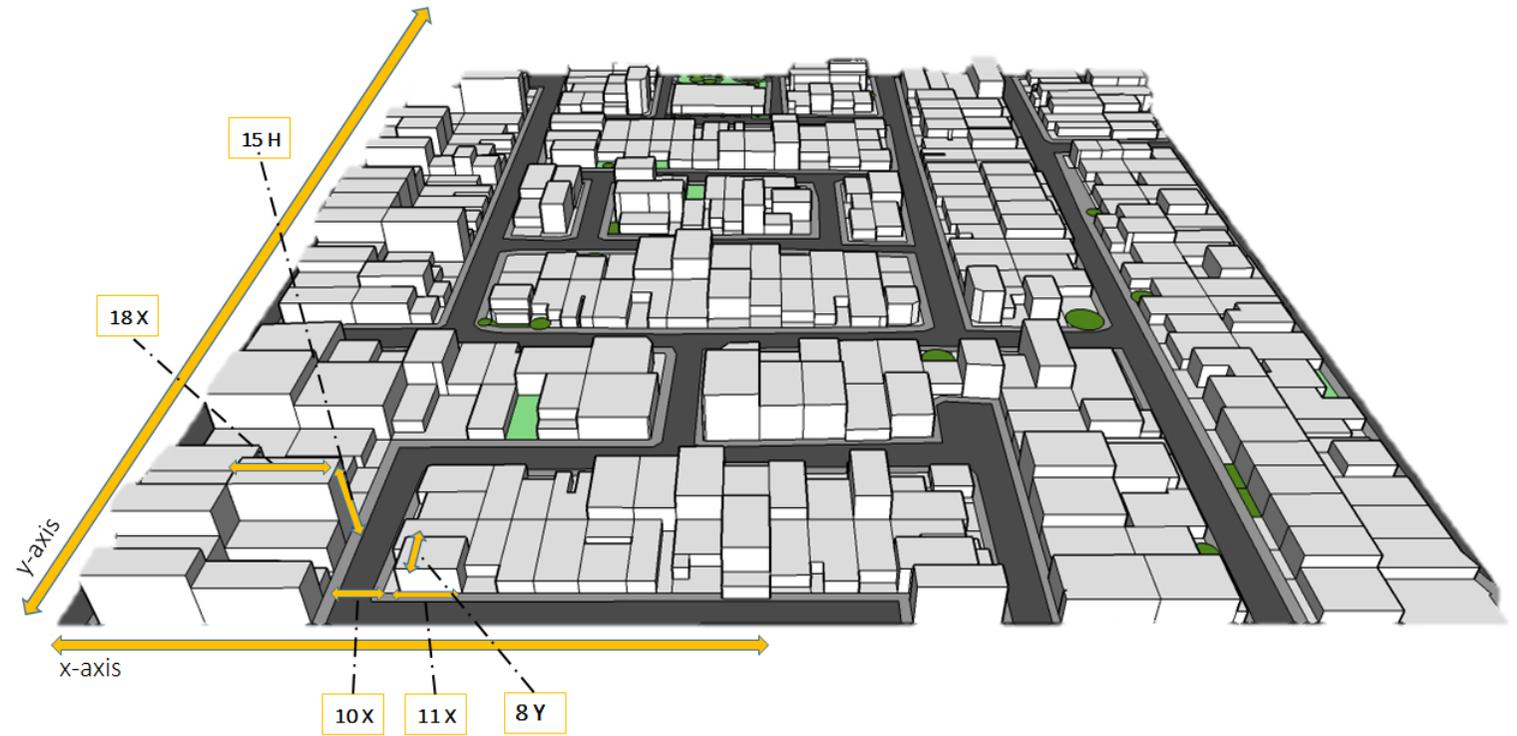
Dentro das diferentes escalas abordadas, para a análise espacial foram definidos recortes territoriais para cada região, ver Figura 3.5. O recorte foi delimitado em uma área de 250x250m e a sua localização é determinada por meio da identificação de um espaço representativo, ou seja, que se repita dentro da região administrativa, e quando possível próximo a vias arteriais, com objetivo de facilitar a comparação por meio de um padrão, ver Figura 3.6.

Devem ser destacados os indicadores de Forma que relacionam a geometria, volume e carimbo de um elemento no espaço. Indicadores de Forma tem impacto direto na física dos espaços urbanos, há duas abordagens essenciais dentro deste contexto. O primeiro é sobre a forma de distribuição da cidade no espaço, que a partir de índices, podemos avaliar o quanto a cidade se assemelha a um círculo ou disco. Pode-se inferir também, se a cidade tem um crescimento uniforme em todas as direções. Já o segundo, trata a morfologia do produto urbano, ou seja, o formato de prédios, ruas e das redes dentro da cidade. Como exemplo temos a relação entre a altura dos edifícios e a largura das ruas, essa relação tem impacto nas correntes de vento que servem como refriamento natural e para a dispersão de poluentes.

Figura 3.5 - Mapa de localização das áreas estudadas.



Figura 3.6 - “carimbo” recorte padrão 250x250m, exemplo de Paranoá



Os dados da tabela e do Gráfico 3.1 foram extraídos dos mapas termais e transectos processados (exemplificados nas Figuras 3.7 e 3.8). Entre os dados observados, temos a temperatura predominante; a temperatura máxima e a amplitude térmica, nas áreas da Regiões Administrativas analisadas.

Gráfico 3.1 – Temperaturas nas regiões administrativas do Distrito Federal.

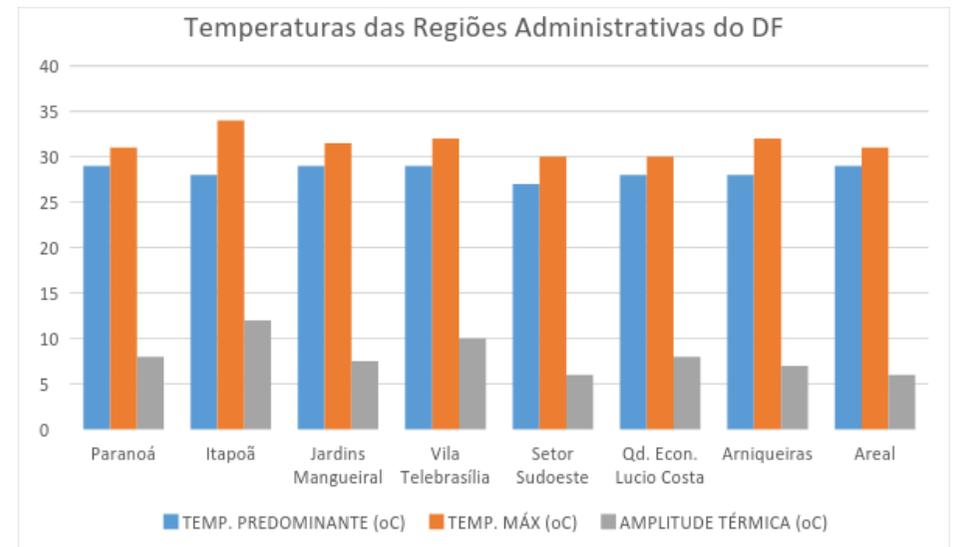


Figura 3.7 - O Paranoá apresenta temperaturas predominantes de 29 a 30°C (agosto de 2016) nas áreas edificadas, sendo que o posicionamento do transecto, entre duas áreas verdes, nos permite observar uma amplitude térmica de 8°C – de 23°C, onde a vegetação está. Fonte: Vianna (2018)

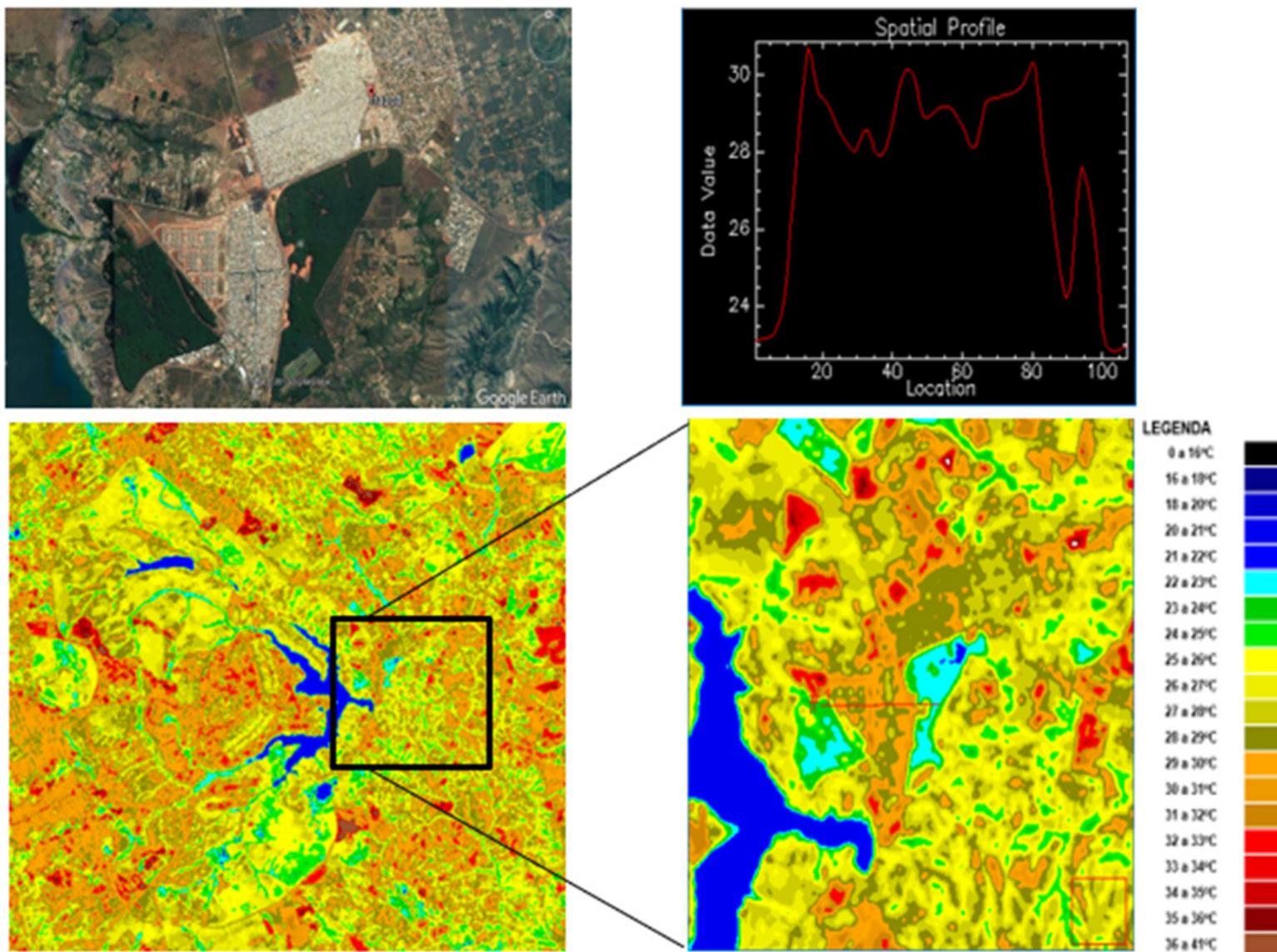
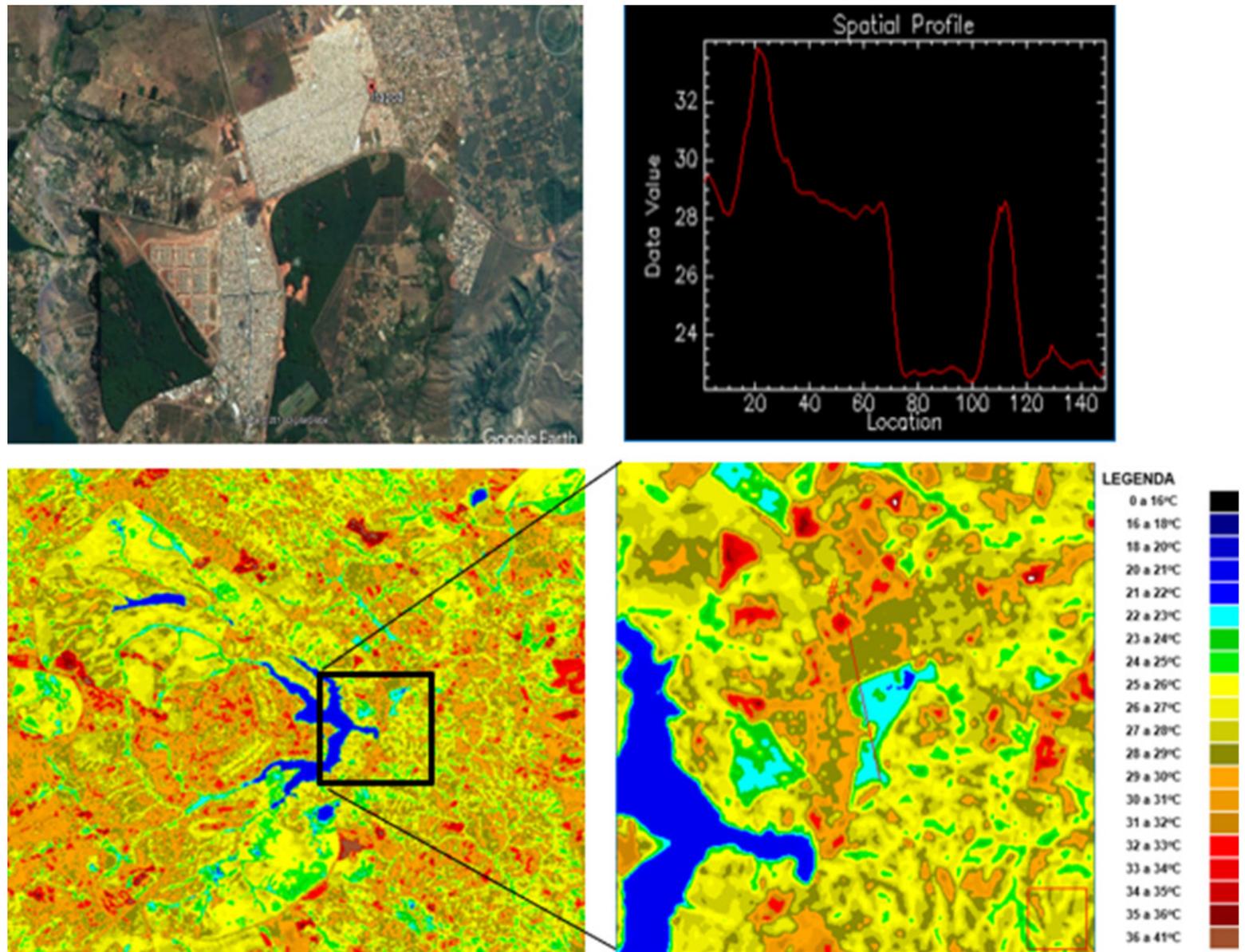


Figura 3.8 - O Itapoã apresenta temperaturas predominantes de 28 a 29°C (agosto de 2016) nas áreas edificadas, sendo que o posicionamento do transecto, entre um descampado e uma área verde, nos permite observar uma amplitude térmica de 12°C – de 22°C, onde a densa vegetação está presente, até 34°C na área de solo exposto. Fonte: Vianna (2018).



Quanto à temperatura predominante, apresenta-se entre 28 e 29°C em quase todas as regiões, sendo que o Setor Sudoeste apresenta a temperatura mais baixa - 27°C. A presença de vegetação, equilibrando a área construída e pavimentada, própria das características das superquadras do Plano Piloto, pode justificar a temperatura mais amena. Já quanto à temperatura máxima, Itapoã destaca-se com 34°C, permanecendo as demais entre 31 e 32°C, e os Setores Sudoeste e Lucio Costa com 30°C. Mais uma vez o desenho das superquadras traz vantagens em relação às temperaturas.

A análise da amplitude térmica faz-se importante, uma vez que mensura a diferença de temperatura entre as áreas “mais frias” e as “mais quentes” das Regiões analisadas e entorno, isto é, entre as áreas que sofreram maior intervenção do homem, com edificações, retirada da vegetação, ou execução de pavimentação; e as áreas que mantêm suas características naturais, com presença de vegetação e água. Estes dados podem contribuir para o planejamento de ações no sentido de evitar o aumento das temperaturas (artificiais) na cidade, as chamadas ilhas de calor.

Assim, entre as regiões analisadas, é possível observar que a maior amplitude térmica está na área de entorno à Itapoã, com uma diferença de 12°C entre a área de vegetação vizinha de um lado, e área de solo exposto vizinha do outro. Vale a observação de que a ocupação do Itapoã exerce forte influência à temperatura. A menor amplitude está nos Setores Sudoeste e Areal, o que demonstra equilíbrio entre a presença de vegetação e a área edificada.

Dessa forma, percebe-se que a cidade deve ser pensada desde o seu primeiro traço. No entanto, a maioria das áreas analisadas no trabalho já possui uma ocupação consolidada e bastante adensada como Itapoã e Paranoá. Motivo este, pelo qual o estudo deu enfoque na morfologia urbana, ou seja, na forma dos volumes e edifícios, bem como sua distribuição no espaço urbano, e como através dela podemos conhecer uma região e suas complexas e não obstante cotidianas, interações socioambientais.

Para essa qualificação foram formados vínculos teóricos e práticos de forma a estudar a implicação da morfologia urbana em aspectos ambientais, sociais e económicos do desenvolvimento urbano sustentável, apontando qualidades do desenho urbano. Com os planos urbanos das cidades pudemos conhecer melhor a escala de cada área de estudo, o traçado de suas ruas, a forma das quadras e dos edifícios, além de apontar partes específicas de cada cidade, seus equipamentos urbanos mais importantes e a coesão social existente ou não. Logo, o sistema de indicadores de qualidade urbana foi organizado a partir de elementos morfológicos identificáveis no desenho urbano, em imagens de satélite, em visitas e medições in loco, dentre outros.

## Referências

- Carta de Atenas, 1933. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Carta%20de%20Atenas%201933.pdf>. Último acesso em 23 de março de 2019.
- CODEPLAN 2015. Pesquisa distrital por amostra de domicílios– PDAD-2015.
- Corbella O. Yannas S.: Posto 3 Copacabana Rio de Janeiro. In: IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Anais, ENCAC, Salvador. 1997.
- COSTA, Lucio. Registro de uma vivência. São Paulo: Empresa das Artes, 1995.
- DUANY, Andres; PLATER-ZYBERK, Elizabeth; SPECK, Jeff. Suburban Nation: The Rise of Sprawl Suburban and the Decline of Nation the American Dream. Nova York: North Point Press, 2001.
- FARR, D. Sustainable Urbanism: Urban Design with Nature. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2011.
- FOUCAULT, M. Microfísica do Poder, pág. 37. Rio de Janeiro, Ed. Vozes, 1980.
- GIVONI, Baruch. Passive and Low Energy Cooling of Building. Van Nostrand Reinhold, USA. 1994.
- LEFEBVRE, Henri. O pensamento Marxista e a cidade. Editora Ulissea, Portugal, 1972.
- MARENGO, J. A. et al. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. International Journal of Climatology, v. 29, Issue 15, p. 2241-2255, 2009.
- MOTTA, R. S., HARGRAVE, J., LUEDEMANN, G., & GUTIERREZ, M. B. S. Climate Change in Brazil: Economic, social and regulatory aspects. Newsletter, 2010.
- NEWMAN, Peter et al. Resilient cities. Island Press, London, 2009.
- NOBRE, Carlos A.; YOUNG, Andrea F. Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: Região Metropolitana de São Paulo. INPE/CCST, UNICAMP/NEPO, 2011.
- NORBERG-SCHULZ, Christian. Genius Loci. Towards a phenomenology of architecture: Rizzoli, New York, 1980.
- OLGYAY, Victor. Design with Climate. New Jersey: Princeton University, 1963.
- PANERAI, P. Análise Urbana. Brasília: Editora Unb, 2006.
- RAMALHO, S. F. Distrito Federal: território parque. Monografia de Especialização submetida por ao Programa de Pós-graduação em Reabilitação Ambiental Sustentável, Arquitetônica e Urbanística - Reabilita. Brasília. 57p. 2012
- RIBEIRO, Miguel Ângelo C., (1998): “A Complexidade da rede urbana Amazônica: Três dimensões de análise”, Tese de Doutorado, UFRJ, Rio de Janeiro, 1998.

RIBEIRO, Rómulo, Holanda, Frederico, Romero, Martam Baptista Gustavo, Rios Edilson. O perfil urbano e o comportamento socioeconômico no DF. Paranoá (UNB), v. I. p.1-13, 2007.

ROGER, R. e GUMUCHDJAN, P. Ciudades Para um Pequeno Planeta. Barcelona: GGili, 2001.

ROMERO, M. A. B. Arquitetura Bioclimática do Espaço Público. Brasília: Editora UNB, 2001.

\_\_\_\_\_, M. A. B. A Sustentabilidade do Ambiente Urbano da capital, in Brasília: controvérsias Ambientais, org. Paviani, A. e Gouveia, L. Editora Universidade Brasília, Brasília, p. 267 – 299, 2003.

\_\_\_\_\_, M. A. B. Building a System of Urban Sustainability Indicators for Brasilia, Brazil, PLEA 2005, Libano. 2005.

\_\_\_\_\_, M.A. B. 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. 2006a.

\_\_\_\_\_. M. A. B. Desenho da cidade e Conforto Ambiental. In Cidade e Conforto Ambiental, Revista RUA no 9, p. 12-19, UFBA, 2006b.

\_\_\_\_\_, M. A. B.. Frentes do urbano para a construção de indicadores de sustentabilidade intra urbana. PARANOÁ (UNB), p. 47-62, 2007.

\_\_\_\_\_, M. A. B.. Ciudades Sustentables. In: Víctor A. Fuentes Freixanet. (Org.). Estudios de Arquitectura Bioclimática. 1Ed. Cidade do México: LIMUSA S.A. de C.V, 2008, v. IX, p. 45-64.

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

ROMERO, M. A. B. ;CANTUARIA, G. A. C.TEIXEIRA, E.; SALES, G.Environmental Assessment Method of Urban Spaces, Case Study South Wing of the Urban Plan for Brasilia. In: ISUF - International Seminar on Urban Form 2014, 2014, Lisboa. Proceedings ISUF 2014, 2014.

SEMA-DF. Mudanças Climáticas no DF e RIDE. Secretaria do Meio Ambiente do Governo do Distrito Federal. [S.l.], p. 173. 2016.

VIANNA, Elen O. O campo térmico urbano: ilhas de calor em Brasília – DF. Tese de Doutorado pelo Programa de Pós Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, em junho de 2018. 267pg.

WIRTH, L. El urbanismo como modo de vida, Publicado originalmente em 1938, no número 44 do American Journal of Sociology, tradução espanhol de Victor Sigal e publicada por Ediciones 3 (Buenos Aires, 1962).





## CAPÍTULO 4

# PANORAMA DAS ILHAS DE CALOR NO DISTRITO FEDERAL



## Introdução

As medições dos efeitos da urbanização sobre o clima da cidade são de grande importância para a proposição de medidas de adaptação ou mitigação para reduzir os impactos negativos de fenômenos associados ao clima urbano como as ilhas de calor. Apesar de apresentarem características típicas, as ilhas de calor variam em intensidade e momento de ocorrência dependendo da localização, morfologia urbana, fluxos de energia e condições meteorológicas. Apresentaremos neste capítulo quatro métodos comumente utilizados para investigar ilhas de calor urbanas aplicados em áreas de estudo no Distrito Federal, sendo eles:

- Medições com estações fixas
- Medições com transectos móveis
- Sensoriamento remoto termal
- Zonas climáticas locais

### Medições com estações fixas

Como foi visto no Capítulo 1, as medições com estações fixas podem ser realizadas com equipamentos portáteis ou podem ser operadas por serviços meteorológicos, universidades, entre outros, oferecendo registros de temperatura do ar, umidade e radiação solar como exemplo. Os estudos comumente são feitos por comparação de dados de uma estação na cidade e outra nos arredores e pela investigação de dados históricos. A localização das estações meteorológicas na cidade pode não representar corretamente as condições para medição de ICU se estiverem localizadas em aeroportos por exemplo. Para uma análise de clima urbano o ideal seriam estações de monitoramento posicionadas em diversos pontos para formação de uma rede de informações sobre o clima da cidade

A aplicação do método de Pontos Fixos ocorreu no dia 22/08/2018, as condições climáticas da cidade de Brasília neste dia foram de céu claro e sem nuvens, a média da temperatura do dia foi de 28 °C, umidade 38%, típicas do período de estiagem que a cidade passa ao longo de agosto. Para tanto foram instalados oito termo-higrômetros na área urbana de Brasília, e como estação de referência foi utilizada a estação do INMET, situado dentro do perímetro urbano. Os períodos de coleta foram 9 h, 15 h e 20 h. A área de estudos é constituída essencialmente pelas superquadras, dispostas em blocos com edifícios residenciais, entre quadras com escolas, igrejas e áreas verdes públicas. As coletas dos pontos fixos (Figura 4.1) foram realizadas nas seguintes quadras: SQN 205/206; 308/307; e 412; e SQS 205/207; 308/307; e 412; e Setor Comercial Sul.

Figura 4.1 – Localização das áreas de estudo da aplicação das medições de Pontos Fixos.



Os critérios para a determinação da intensidade das ICU não possuem uma padronização universal. Por exemplo, em alguns estudos o cálculo da intensidade é realizado subtraindo a temperatura do ar registrada no meio urbano pela temperatura do ar registrada em estações meteorológicas. Outros estudos utilizam a diferença de temperatura medida entre diferentes áreas – com configurações espaciais distintas – como referência para a determinação da intensidade da ICU (OKE, 2006. MARTIN-VIDE; SARRICOLEA; MORENO-GARCÍA, 2015). Além disso, o horário de medição para a identificação da ICU também pode variar. Na literatura sobre o tema a maioria dos estudos de ICU foram realizadas à noite, poucos estudos têm focado ilhas de calor diurnas (GEORGAKIS; SANTAMOURIS; KAISARLIS, 2010). Neste trabalho a intensidade da ilha de calor urbana foi calculada como a diferença, num determinado momento, entre o local de maior temperatura ( $T_{\text{maior}}$ ) e o local de menor temperatura ( $T_{\text{menor}}$ ), conforme Equação 1.

### Equação 1

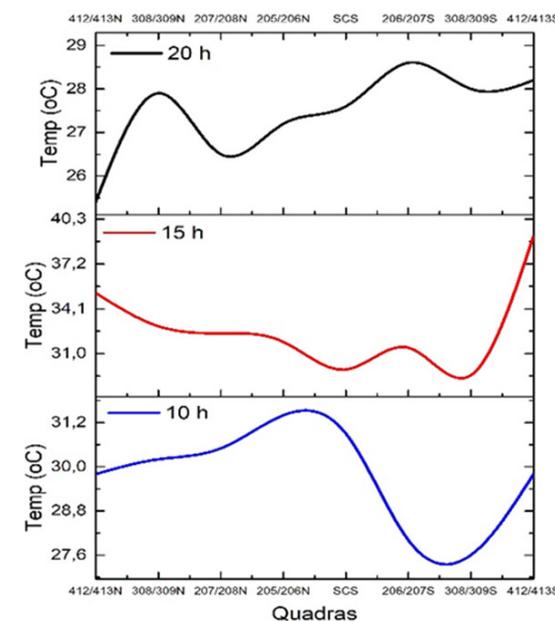
$$ICU = T_{\text{maior}} - T_{\text{menor}}$$

Na Figura 4.2 podemos observar os resultados do trabalho de campo com pontos fixos. As quadras 412/413 Norte, e quadras 412/413 Sul apresentam uma temperatura com média de 29°C no período matutino.

A menor temperatura no período matutino foi registrada nas quadras 206/207 e 308/309 Sul. Estas quadras apresentam uma grande área verde e pouca movimentação de carros. Porém no período noturno apresentam uma maior temperatura. As quadras 205/206 Norte e o setor comercial sul apresentam a maior temperatura no período matutino com registro de 31,2 °C. No período vespertino tem uma redução ficando em torno de 28°C. Os resultados da análise das diferenças térmicas entre os 8 pontos de coleta, revelaram que as ICU foram mais frequentes na intensidade 0,5 °C e 1,0 °C, pela manhã a diferença de temperatura entre as quadras monitoradas e a estação de referência apresentou temperatura < 0,5 °C e < 1,0 °C. A diferença nas quadras aumentou durante o dia a medida que as superfícies urbanas absorvem radiação solar e a reemite em forma de ondas longas aquecendo o ar urbano.

A maior temperatura foi observada às 20 h. Como visto nos capítulos anteriores, a ilha de calor é maior durante a noite, em situações de ar calmo e sem nuvens. Destaca-se que a ilha de calor é sentida, tal como acontece no entorno de shopping e até em pequenos grupos de edifícios como nas superquadras (ROMERO, 2011). As quadras da Asa Norte apresentam uma temperatura mais elevada em comparação com as quadras da Asa Sul, porém a quadra 412 Norte, que está localizada próxima ao Parque Olhos D'água, apresenta uma temperatura menor que a 412 Sul que é uma área comercial. Essa diferença demonstra o papel dos parques urbanos no arrefecimento da temperatura do ar.

Figura 4.2 – Temperaturas obtidas nas medições em campo dos Pontos Fixos



## Medições com transecto móvel

Figura 4.4 – Sensor Vertical e Horizontal instalados em veículo para pesquisa.



Os transectos móveis são geralmente utilizados de forma suplementar à estação fixa para levantamento das variáveis climáticas. Neste método atravessamos a malha urbana de Brasília pelas quadras 400 da Asa Norte à Asa Sul no dia 28 de outubro 2018, em um dia representativo do período quente-seco, sob condições climáticas de céu claro e baixa velocidade do vento. A coleta de dados foi elaborada por meio da instalação de sensores digitais de temperatura do ar e umidade relativa do ar da Hobo modelo MX2310 em um veículo identificado para fins de pesquisa acadêmica (Figura 4.4).

Para que o sensor não ficasse exposto diretamente à luz solar, foi confeccionado um escudo com tubo de PVC perfurado. O horizontal foi coberto internamente com papel laminado e o sensor foi conectado a uma abraçadeira (Figura 4.5). O vertical foi isolado com uma esponja para eliminar a transferência de calor do veículo. As medidas foram realizadas ao longo das SQN 416 até SQS 416, realizamos leituras a cada 100 m e o veículo se deslocou a uma velocidade de 40 km/h, nos períodos de 9 h, 15 h e 20 h. O tempo máximo entre o início e o final das mensurações foi de uma hora, para se evitar que a atmosfera urbana sofra alterações meteorológicas naturais que possam comprometer os resultados. Para dados de referência foi utilizada a estação automática do INMET.

Figura 4.5 - Proteção solar construída para os sensores.



Etapa 1: Perfuração e montagem do suporte para o sensor



Etapa 2: Revestimento com papel alumínio



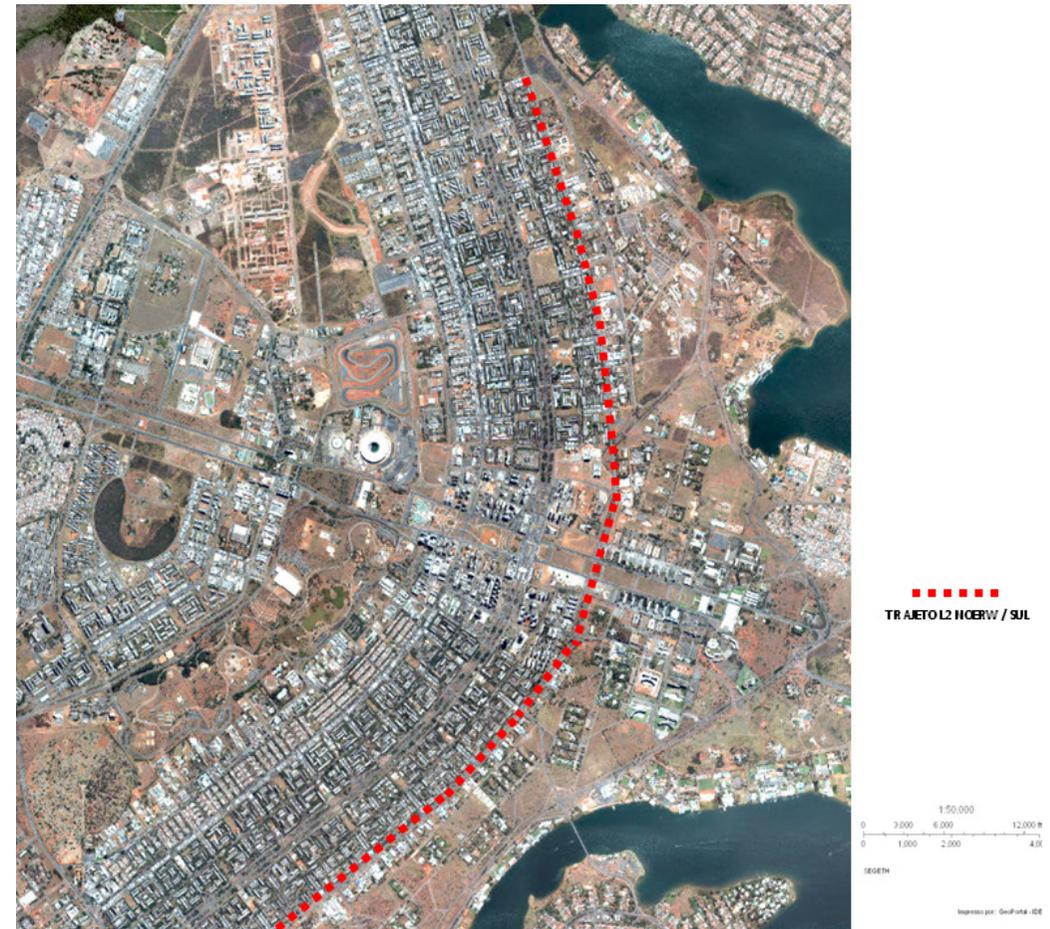
Etapa 3: Colocar o sensor dentro do suporte



Figura 4.6 - Percurso do transecto móvel

Assim, como mostra a Figura 4.6, no trajeto Norte-Sul do transecto, o ponto inicial definido na quadra 416 norte e o ponto final na quadra 416 Sul, o percurso definido foi o seguinte:

- Saindo da SQN 416 (sendo este o primeiro ponto da pesquisa);
- O veículo seguiu a via L2 (sentido centro de Brasília);
- Passando por baixo da catedral;
- Na via L2 o veículo seguiu o trajeto rumo Norte e Sul, mas sempre entrando nas entre quadras comerciais (em alternância para conseguir caracterizar o clima urbano da região);
- Finalizando o percurso na SQS 416.



Segue a descrição dos pontos, no transecto móvel é importante abranger o máximo de diversidade quanto ao uso da área urbana, assim os pontos de análise desse percurso estão descritos na tabela abaixo:

Quadro 4.1 – Descrição do transecto móvel feito no estudo de caso.

Ponto	Descrição	Foto
Ponto 1: 416Norte	Este ponto fica próximo ao lago Paranoá e em frente a uma área verde urbana.	
Ponto 2: 413 Norte	Quadra de comércio local próxima ao Parque Olhos d'água, com edifícios isolados de uso misto (residencial-comercial).	
Ponto 3: 410 Norte	Quadra residencial com edifícios isolados compostos de pilotis + 3 pavimentos e arborização de pequeno e médio porte.  Medição ao lado do ponto de transporte público.	

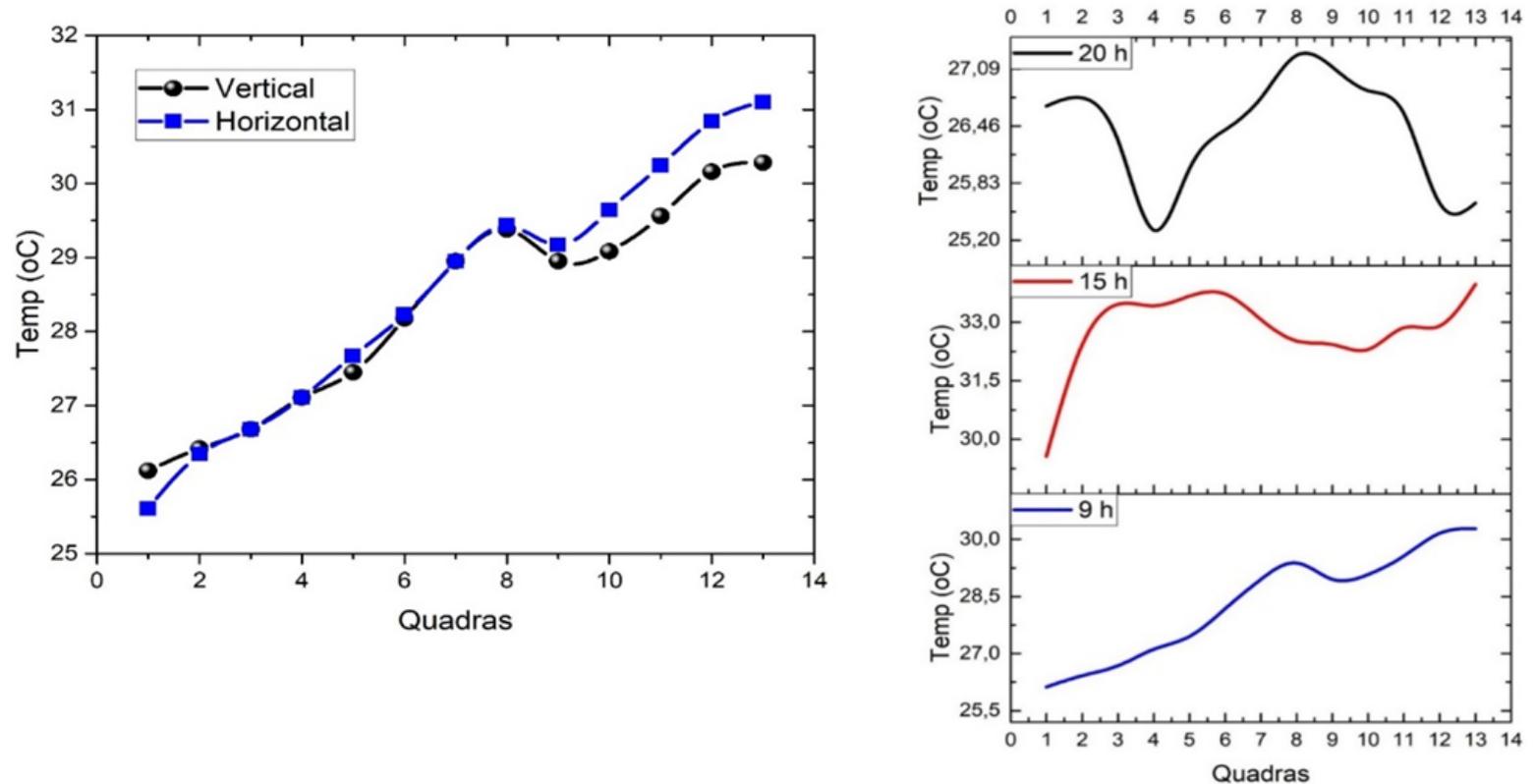
Ponto 4: 407Norte	Quadra residencial com edifícios isolados compostos de pilotis + 3 pavimentos e arborização de médio e grande porte.	
Ponto 5: 404Norte	Quadra residencial com edifícios isolados compostos de pilotis + 3 pavimentos e arborização de médio e grande porte.	
Ponto 6: Setor de Autarquias Norte	Alto fluxo de veículos e presença de gramados e arborização esparsa.	
Ponto 7: Trevo Cathedral	Alto fluxo de veículos em horários comerciais. Interseção entre via L2 e eixo Monumental com cobertura do solo em concreto e pavimento asfáltico, taludes gramados e vegetação de pequeno porte.	

<p>Ponto 8: Setor de autarquias Sul</p>	<p>Espaço densamente construído e pavimentado com presença de gramados e arborização esparsa.</p>	
<p>Ponto 9: 404 Sul</p>	<p>Quadra residencial com edifícios isolados compostos de pilotis + 3 pavimentos e arborização de médio e grande porte. Alto fluxo de veículos.</p>	
<p>Ponto 10: 407 Sul</p>	<p>Quadra residencial com edifícios isolados compostos de pilotis + 3 pavimentos e densa arborização de médio e grande porte.</p>	
<p>Ponto 11: 410 Sul</p>	<p>Quadra residencial com edifícios isolados: sem pilotis (4 pavimentos voltados para a via L2) e edifícios com pilotis (voltados para lado interno da quadra). Arborização de médio e grande porte.</p>	

Ponto 12: 413 Sul	Quadra residencial com edifícios isolados: sem pilotis (3 pavimentos voltados para a via L2) e edifícios com pilotis (voltados para lado interno da quadra). Arborização de médio e grande porte.	
Ponto 13: 416 Sul	Quadra residencial com edifícios isolados compostos de pilotis + 3 pavimentos e densa arborização de médio e grande porte.	

Os dados obtidos foram comparados com os dados da estação de referência do INMET registrando-se a diferença de  $>2$  °C, (Figura 4.7). Na comparação dos resultados entre os sensores com suporte vertical e horizontal, o suporte horizontal apresentou um melhor valor.

Figura 4.7 – Comparação entre os dados obtidos com os dados da estação oficial do INMET



Foi observado que as quadras com maior quantidade de árvores apresentam uma menor temperatura. Enfatiza-se a necessidade de utilizar vegetação em espaços abertos para a melhoria das condições de conforto térmico de seus usuários. Além disso, os possíveis impactos negativos que áreas fortemente adensadas e sem cobertura vegetal podem gerar tanto ao nível urbano como as ilhas de calor, quanto ao nível dos edifícios demandando um alto consumo de energia para resfriamento dos ambientes internos (ROMERO, 2001).

Neste perfil térmico do trajeto Norte-Sul, nos horários 9 h, 15 h e 20 h, a maior temperatura encontrada foi de 34,09 °C e a menor umidade relativa do ar aferida foi de 53%, ambas ocorrendo nos pontos 6,7 e 8, referentes ao setor de autarquias norte, trevo da cathedral e setor de autarquias sul, correspondendo à passagem do transecto com maior quantidade de prédios de pouca vegetação. Nota-se que ambos os gráficos possuem um pico térmico bem definido ao longo do tempo e por consequência, a amplitude térmica de todos os trajetos no dia foi de 2 °C, sendo a máxima registrada de 34 °C e a mínima de 26 °C. Os valores mínimos de ambos os trajetos ocorreram principalmente nas áreas

próximas à corpos d'água, vegetação e espaços mais abertos, referentes às quadras da Asa Norte pontos 1,2 e 3. Após a passagem de cada transecto pelo percurso das 400 SQN e 400 SQS os valores de temperatura aumentaram. Os pontos 1,2,3,4 e 5 referentes às quadras da Asa Norte, no período matutino apresentam temperatura entre 25,5°C a 27,5 °C, no período vespertino apresentam uma elevação de aproximadamente 4°C em comparação com o período matutino. Os pontos 7,8 e 9 apresentam maior elevação em comparação com os demais pontos no período noturno.

### Método de processamento das imagens termais

Como visto nos capítulos anteriores, o sensoriamento remoto pode ser empregado em metodologias aplicadas às pesquisas de clima urbano, principalmente para ilhas de calor urbana de superfície. As imagens termais analisadas são provenientes de sistema de sensoriamento remoto, o qual primeiro detecta a energia eletromagnética que deixa o fenômeno de interesse e atravessa a atmosfera. A energia detectada é registrada como um sinal elétrico analógico, que é normalmente convertido em um valor digital por meio de uma conversão analógico-digital (A para D) (JENSEN, 2009). Pode ser necessária a execução de algum pré-processamento radiométrico e/ou geométrico dos dados digitais medidos para melhorar sua interpretação. Os dados podem ser realçados para análise visual humana subsequente ou processados posteriormente usando algoritmos de processamento de imagens digitais.

Dentre os sensores mais utilizados em trabalhos científicos estão o Ikonos, Modis, Aster e a série Landsat. As imagens de Landsat processadas foram utilizadas para a obtenção dos mapas termais. As características do Landsat 8, disponível desde fevereiro de 2013, são apresentadas no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Características do Landsat 8. Fonte: ENGESAT, 2015, sem página. Disponível em: <http://www.engesat.com.br/satelites/landsat-8/>. Acesso em 30 de maio de 2015.

#### Órbita

Circular, Heliosíncrone, Descendente, 98,2º de Inclinação, Período de 99 minutos, Altitude de 705 Km.

#### Horário de Imageamento

10 h 00 min AM.

#### Bandas do Sensor

Pancromático P&B: Banda 8; Multiespectral: Bandas 1-7 e 9; Termal: Bandas 10-11.

#### Resolução Espacial

Pancromático P&B: 15,0 m (bandas 8); Multiespectral: 30,0 m (banda 1-7 e 9); Termal: 100,0 m (bandas 10-11).

### Sensibilidade Espectral

Pancromático: 500-680 nm (Banda8); Multiespectral: 430-450 nm (Banda1), 450-510 nm (Banda2), 530-590nm (Banda3), 640-690 nm (Banda4 Vermelho), 850-880 nm (Banda5 Infravermelho próximo), 1570-1650 nm (Banda6 SWIR1), 2110-2290 nm (Banda7 SWIR2), 1360-1380 nm (Banda9 Cirrus); Termal: 10600-11190 nm (Banda10 TIRS1), 11500-12510 nm (Banda11 TIRS2).

### Resolução Radiométrica - Quantificação

16 bits por píxel, podendo ser reamostrado a 8 bits a pedido do cliente.

### Tamanho de Cena Básica

185,0 x 185,0 km, recortes menores feitos sob medida.

### Largura de Faixa Imageada

185 km.

### Frequência de Revisita

Aproximadamente 16 dias, dependendo da latitude.

### Precisão de Localização

12 m nas bandas 1-2-3-4-5-6-7-8-9 e 41 m nas bandas 10 e 11 de erro circular em 90% dos casos, sem uso de pontos de controle.

### Capacidade de Visada Lateral

Não disponível neste sistema.

### Estereoscopia

Não disponível neste sistema.

### Programação de Imageamento

Não disponível neste sistema.

O método para analisar o processo de formação das ilhas de calor em Brasília/DF baseia-se em conceitos do sensoriamento remoto, com a utilização do software ENVI, que se destina ao processamento de imagens de satélites, mediante a aplicação de algoritmos de conversões. As etapas são as seguintes:

1. Análise das áreas escolhidas com a utilização de Sensoriamento Remoto:

- a) Obtenção das imagens da banda termal do Landsat em site do governo americano<sup>1</sup>;
- b) Pré-processamento no ENVI, por meio das conversões dos Dados Digitais de Reflectância em Radiância, segundo a Equação 2:

<sup>1</sup> <https://earthexplorer.usgs.gov/>

### Equação 2

$$L\lambda = MLQ_{cal} + AL$$

Onde:

$L\lambda$  = Radiância Espectral no Topo da Atmosfera (Watts/ (m<sup>2</sup>sradμm))

ML = Fator multiplicativo para cada banda obtido nos metadados.

AL = Fator aditivo para cada banda obtido nos metadados.

Qcal = Valor digital quantizado e calibrado de cada pixel<sup>2</sup> (DN ou número digital);

- c) Pré-processamento no ENVI, por meio das conversões dos Dados Digitais de Radiância em Temperatura de Brilho, segundo a Equação 3:

### Equação 3

$$T = K_2 \ln \left[ \left( \frac{K_1}{L\lambda} \right) + 1 \right]$$

Onde:

T = Temperatura de Brilho (K)

$L\lambda$  = Radiância Espectral no Topo da Atmosfera (Watts/ (m<sup>2</sup>sradμm))

<sup>2</sup> Um pixel é definido como um elemento de cena bidimensional que constitui o menor elemento não-divisível de uma imagem digital. Cada pixel na linha (i) e coluna (j) na imagem tem um valor de brilho (BV) associado. Alguns cientistas denominam esse valor de número digital (DN). O conjunto de dados pode ser composto por n bandas individuais (κ) resultantes de um imageamento multiespectral ou hiperespectral. Portanto, é possível identificar o valor de brilho (BV) de um determinado pixel no conjunto de dados por meio de coordenadas de linha (i), coluna (j) e banda (κ), isto é, BV<sub>ijk</sub> (JENSEN, 2009).

A conversão analógico-digital, que ocorre a bordo do sistema sensor, geralmente cria pixels com uma variação no valor de brilho de 8 a 12 bits, isto é chamado de nível de quantização do dado do sensor remoto. Dados de sensores remotos quantizados para 8 bits têm valor de brilho que variam de 0 a 255 (2<sup>8</sup>). Dados quantizados para 10 bits variam de 0 a 1023 (2<sup>10</sup>), etc. Quanto maior for a variação possível de valores de brilho, mais precisas serão as medidas da quantidade de radiação registrada pelo detector. Pode-se pensar a quantização como uma espécie de régua. Podemos obter medidas mais precisas de um objeto usando uma régua que tem 1024 subdivisões do que usando outra régua que tem apenas 256 subdivisões (JENSEN, 2009).

$K_1$  = Constante de conversão termal obtido nos metadados

$K_2$  = Constante de conversão termal obtido nos metadados

- d) Pré-processamento no ENVI, por meio das conversões das Temperaturas em graus Kelvin em Celsius, segundo a Equação 4.

#### **Equação 4**

$$B1 - 273.15$$

onde B1 = imagem de Temperatura de Brilho;

- e) Processamento do Transecto, gráfico que permite comparar as temperaturas das superfícies;

Para a captação desses dados pixel a pixel o método utilizado foi o dos transectos, trata-se de uma reta na cena, com início e fim, e cada ponto que essa reta tocou capta o dado do pixel. Segundo Oliveira e Ganem (2014):

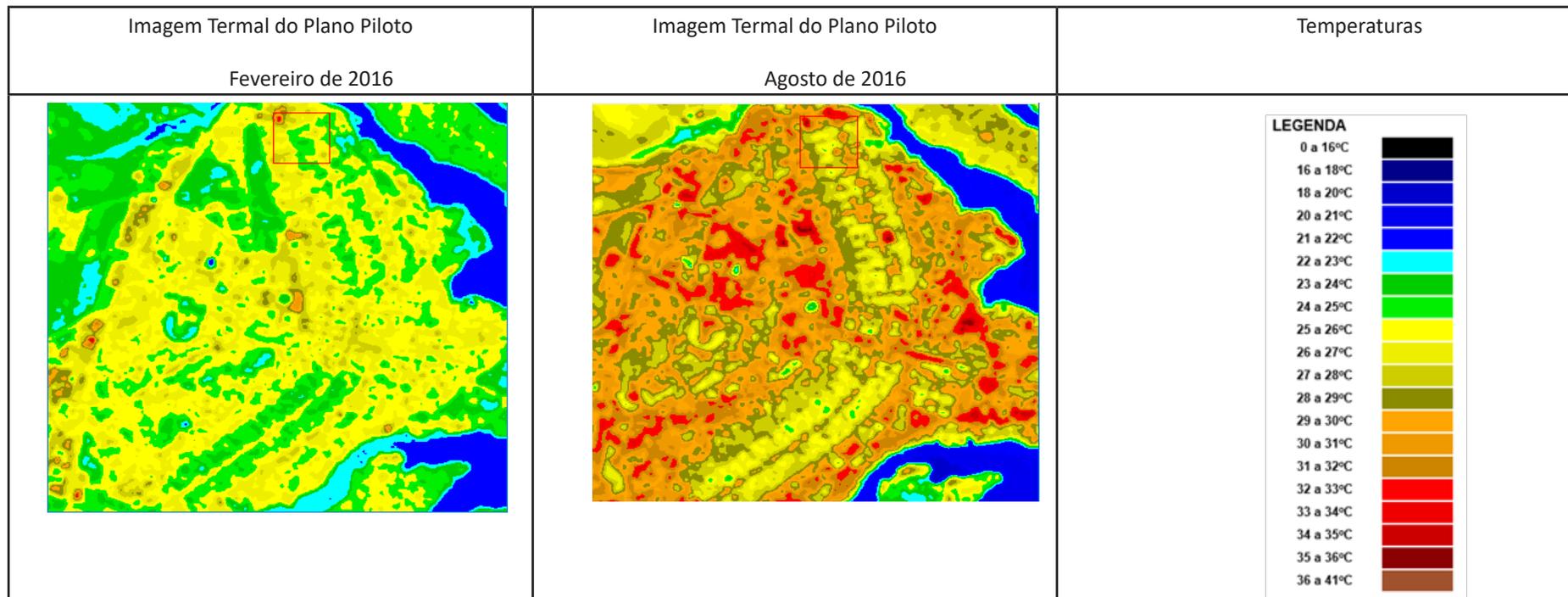
“A partir das imagens já processadas é possível adquirir os dados de cada pixel. Esses dados informam um valor quantificado possível de comparação, isto é, possível devido ao satélite ser sol síncrono, o qual passa pelo Equador às 10h da manhã (USGS, 2016), ou seja, os registros pelo satélite são efetuados na mesma hora do dia, pois para esses registros há a necessidade das mesmas condições de luz, fato esse importante para análises sazonais e multitemporais, pois pode haver a comparação de variáveis como temperatura sem que haja diferenciação por conta do período do dia. [...] para a temperatura de brilho há um valor real de temperatura, a qual varia de acordo com o alvo. Adensamentos populacionais possuem temperaturas que podem chegar acima dos 40°C, já as áreas bem arborizadas como matas de galeria, unidades de conservação e até mesmo a água terão temperaturas mais amenas”.

No presente estudo, o transecto caracteriza a ferramenta essencial da análise do campo térmico urbano. Nele estão contidas informações subliminares tais como: os adensamentos, a presença de vegetação e o conforto térmico das Superquadras, a movimentação de veículos, o movimento pendular (no caso do DF), a localização de Parques e a presença de corpos d'água.

## a) Obtenção do Mapa Termal em cores referentes às respectivas temperaturas.

As imagens termais de sensoriamento remoto permitem análises temporais e sazonais, o que do ponto de vista da análise urbana é de fundamental importância. As mudanças no clima da cidade ficam explícitas, assim como a alteração do uso do solo, seja em formas de uso ou em densidade de ocupação. Há uma rica interação entre o uso de imagens de sensoriamento remoto termal e outros métodos e geotecnologias, tais como a classificação supervisionada, que trata do geoprocessamento de ortofotos (imagens aéreas) com a finalidade de identificar os materiais de superfície urbanas. Esta associação permitiu afirmar que áreas com maior presença de vegetação, no Plano Piloto, correspondem às áreas de temperaturas mais baixas, assim como as maiores temperaturas apresentaram-se nas áreas pavimentadas e de solo exposto. Por si só, as imagens termais expõem que as temperaturas de superfícies na Asa Norte são mais elevadas que as da Asa Sul, tanto no período seco, quanto no período chuvoso (Quadro 4.3).

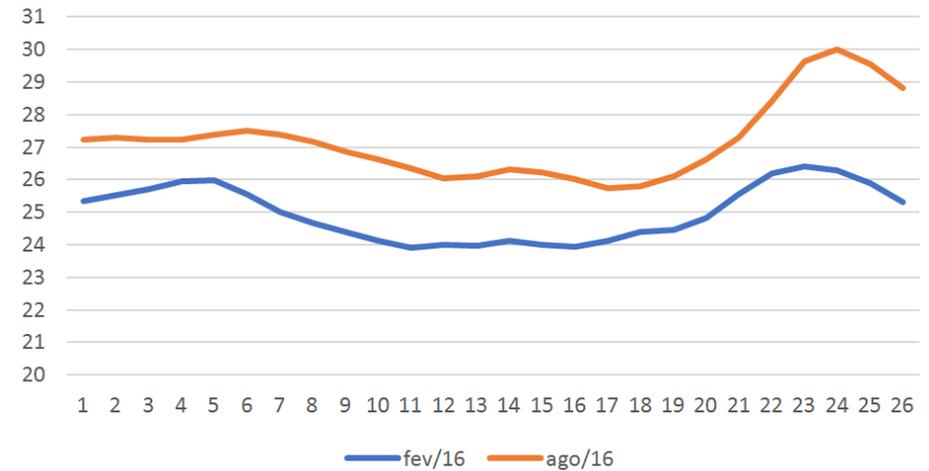
Quadro 4.3 – Análise Sazonal do Campo Térmico Urbano no Plano Piloto – Brasília DF. Fonte: Vianna (2018).



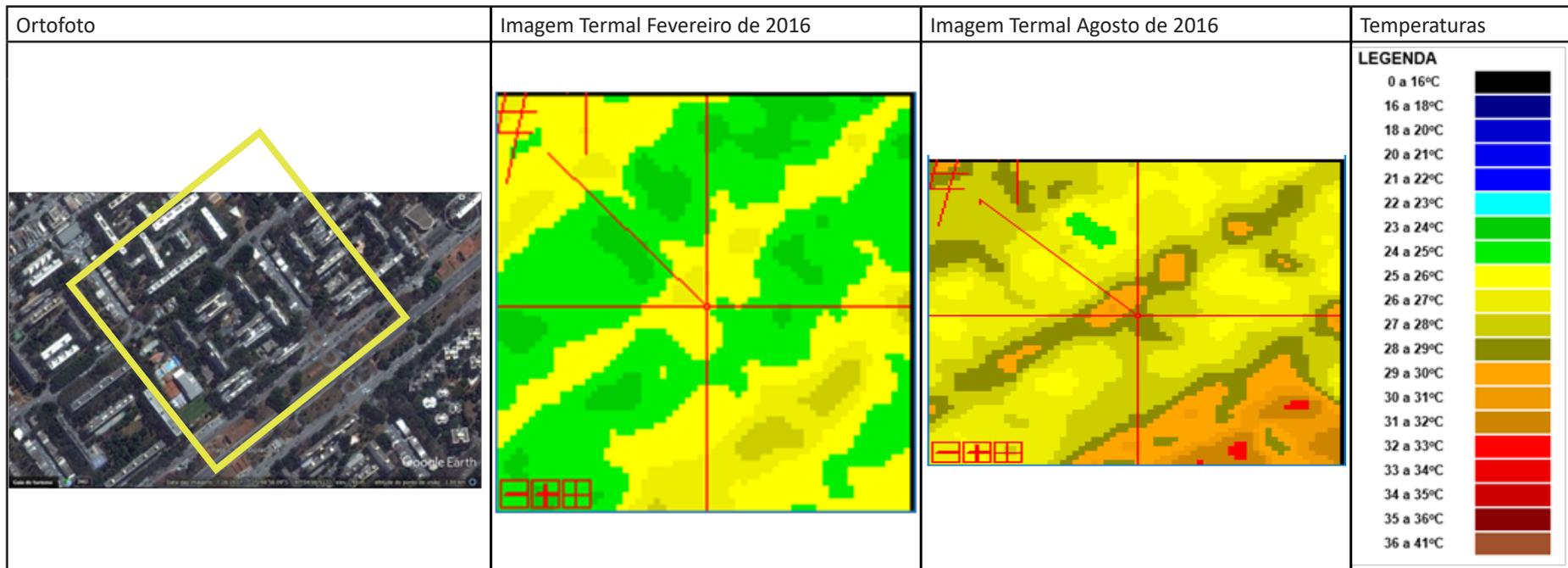
Em relação aos transectos da SQS 108, observamos que os picos representam as áreas edificadas e asfalto – até 30°C (Média) em agosto e até 26°C (Baixa) em fevereiro – os vales representam as copas de árvores e áreas de vegetação densa – 26°C (Baixa) em agosto e 24°C (Baixa) em fevereiro. Em fevereiro a temperatura média é Baixa e em agosto a temperatura média é Baixa a Média, como apresenta a Figura 4.8.

Assim como a SQS 108, a SQS 203 é também uma típica Superquadra da Asa Sul, contudo, apresenta cerca de 1°C a menos que aquela de temperatura nos períodos seco e chuvoso do ano. Entre outros fatores, o principal motivo identificado para esta diferença de temperatura, trata da porcentagem de copas de árvores, a qual na SQS 108 é 33,73% e na SQS 203 é 38,61%. Uma sensível diferença no conforto térmico urbano, que neste caso é proporcionada também pela arborização (Quadro 4.4).

Figura 4.8 – Transecto Superquadra 108 Sul  
Transectos para análise sazonal da SQS 108



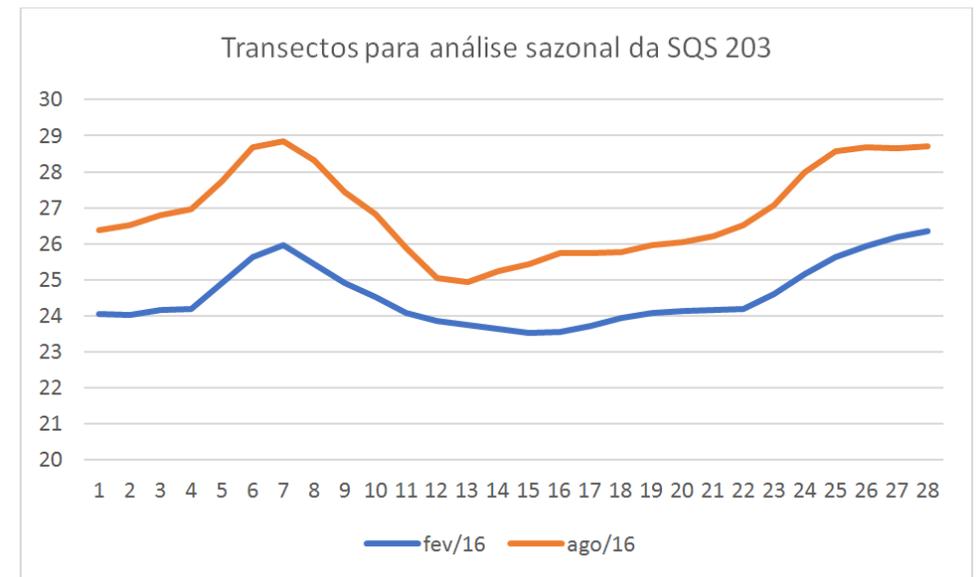
Quadro 4.4 – Análise Sazonal do Campo Térmico da Superquadra 108 Sul. Fonte: Vianna (2018).



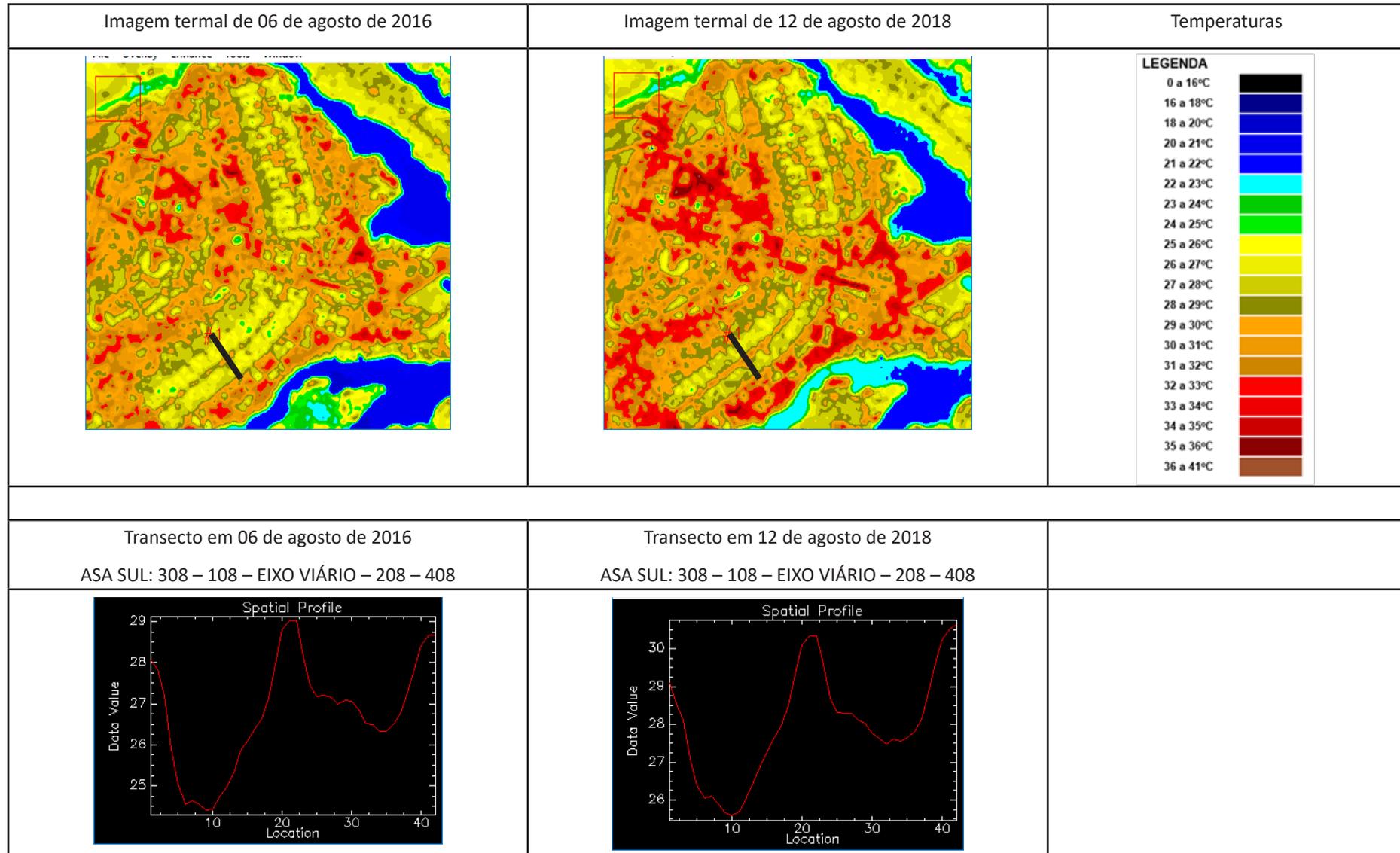
Em relação aos transectos da SQS 203, observamos que os picos representam as áreas edificadas e de Asfalto – até 29°C (Média) em agosto e até 26°C (Baixa) em fevereiro – e os vales representam as copas de árvores e áreas de vegetação densa (evapotranspiração) – 25°C (Baixa) em agosto e entre 23 e 24°C (Baixas) em fevereiro. Em fevereiro a temperatura média é Baixa e em agosto a temperatura média é Baixa a Média, como mostra a Figura 4.9.

Na sequência de nossos estudos, por meio da técnica de georreferenciamento das imagens, no software ENVI, ao observarmos as imagens termais de sensoriamento remoto do ano de 2018, em relação às imagens de 2016, detectamos que as temperaturas das superfícies urbanas foram elevadas em 1°C nas Superquadras da Asa Sul do Plano Piloto, nos últimos 2 anos. E observamos ainda, que as temperaturas foram elevadas em 0,5°C nas superfícies urbanas das Superquadras da Asa Norte do Plano Piloto, nos últimos 2 anos (Quadro 4.5 e 4.6).

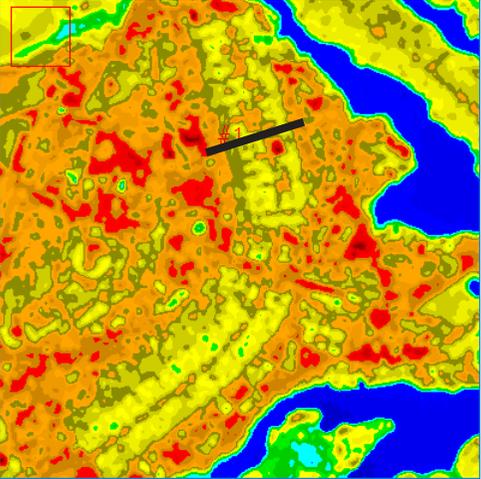
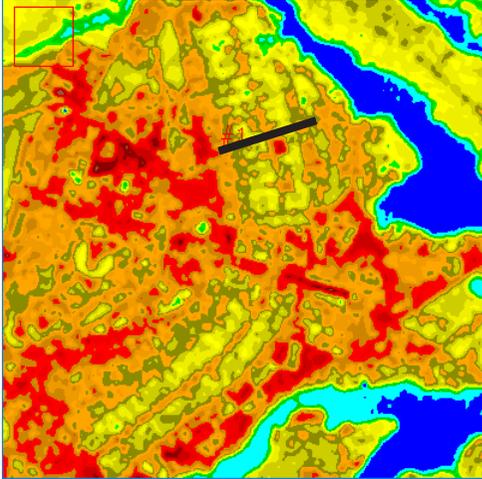
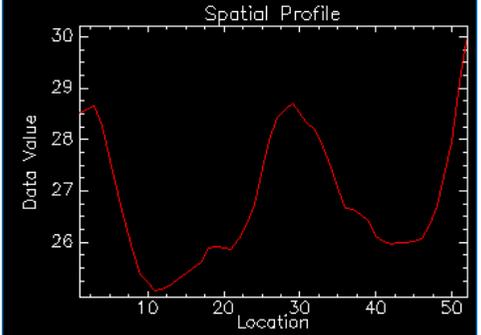
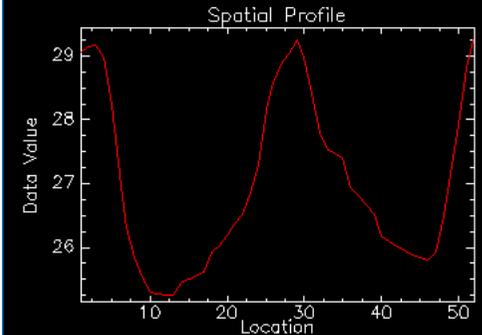
Figura 4.9 – Transecto da Superquadra 203 Sul



Quadro 4.5 - Análise Temporal do Campo Térmico Urbano do Plano Piloto – Transecto na Asa Sul. Fonte: Vianna (2018).



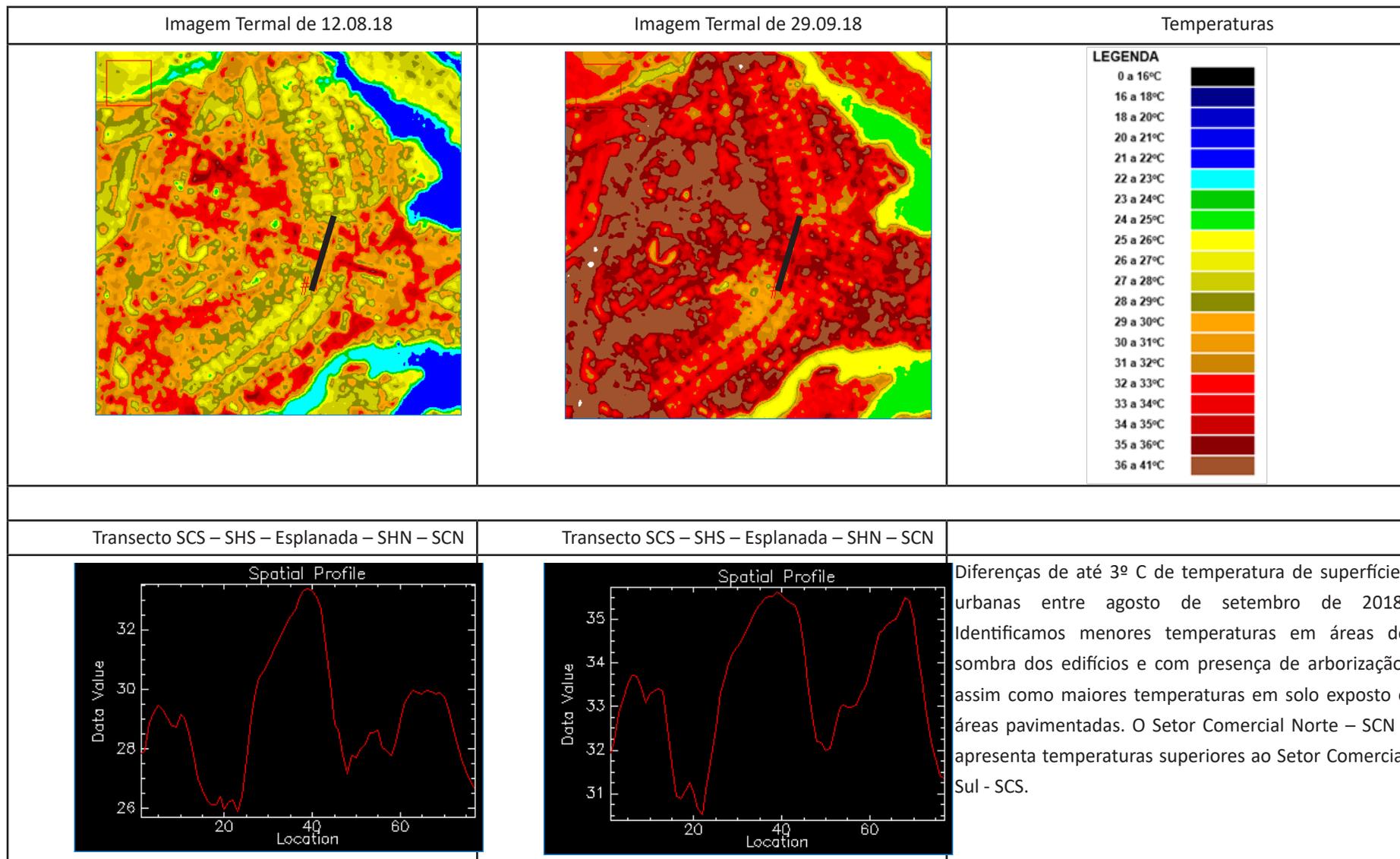
Quadro 4.6 - Análise Temporal do Campo Térmico Urbano do Plano Piloto – Transecto na Asa Norte. Fonte: Vianna (2018).

Imagem termal de 06 de agosto de 2016	Imagem termal de 12 de agosto de 2018	Temperaturas
		<p><b>LEGENDA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>0 a 16°C</li> <li>16 a 18°C</li> <li>18 a 20°C</li> <li>20 a 21°C</li> <li>21 a 22°C</li> <li>22 a 23°C</li> <li>23 a 24°C</li> <li>24 a 25°C</li> <li>25 a 26°C</li> <li>26 a 27°C</li> <li>27 a 28°C</li> <li>28 a 29°C</li> <li>29 a 30°C</li> <li>30 a 31°C</li> <li>31 a 32°C</li> <li>32 a 33°C</li> <li>33 a 34°C</li> <li>34 a 35°C</li> <li>35 a 36°C</li> <li>36 a 41°C</li> </ul>
<p>Transecto em 06 de agosto de 2016 ASA NORTE: 308 – 108 – EIXO VIÁRIO – 208 – 408</p>	<p>Transecto em 12 de agosto de 2018. ASA NORTE: 308 – 108 – EIXO VIÁRIO – 208 – 408</p>	
		

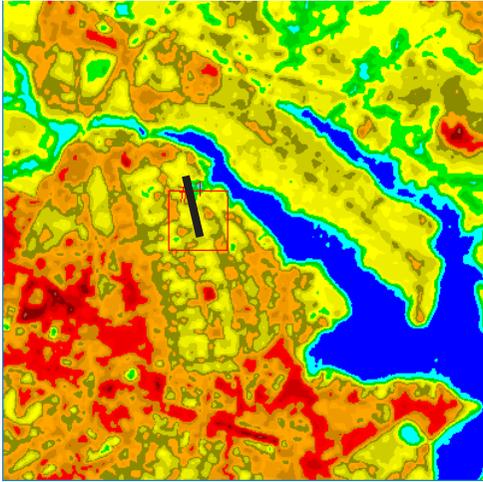
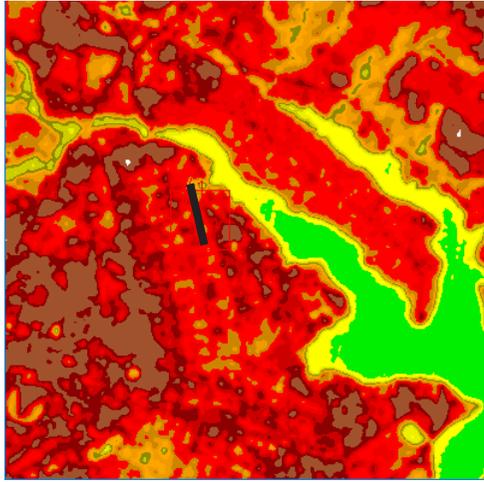
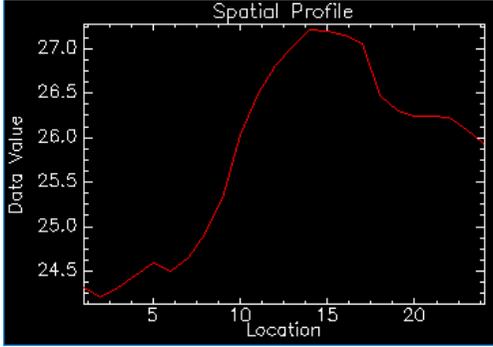
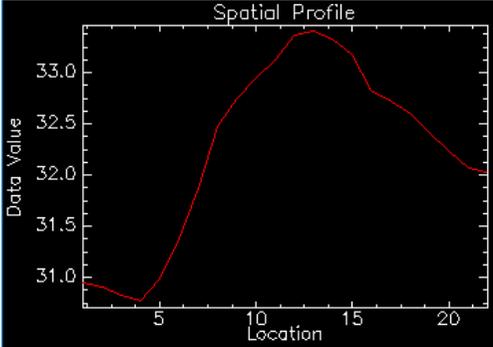
O mês de setembro representa o período crítico da seca no Distrito Federal e no ano de 2018 apresentou temperaturas atípicas, ainda mais altas que as médias já registradas. Diante de tal fenômeno climático, característico das mudanças em debate, dedicamos a análise das imagens termais a este período. Assim, seguem os dados contrastantes das temperaturas de superfícies urbanas do Plano Piloto entre os meses de agosto e setembro de 2018, com diferenças de até 3º C. Identificamos menores temperaturas em áreas de sombra dos edifícios e com presença de arborização, assim como maiores temperaturas em solo exposto e áreas pavimentadas. O Setor Comercial Norte – SCN - apresenta temperaturas superiores ao Setor Comercial Sul - SCS.

Como foi mencionado anteriormente, as imagens termais de sensoriamento remoto podem ser associadas ao uso de outros métodos complementares de análise do campo térmico urbano. Assim, em uma tentativa de contrapor as temperaturas das superfícies urbanas, identificadas no sensoriamento remoto, com as temperaturas do ar, obtidas nas medições com estações fixas e em transectos móveis, executou-se o processamento das imagens do ano de 2018, com foco nas mesmas áreas do Plano Piloto de Brasília – DF (Quadro 4.7 a 4.12).

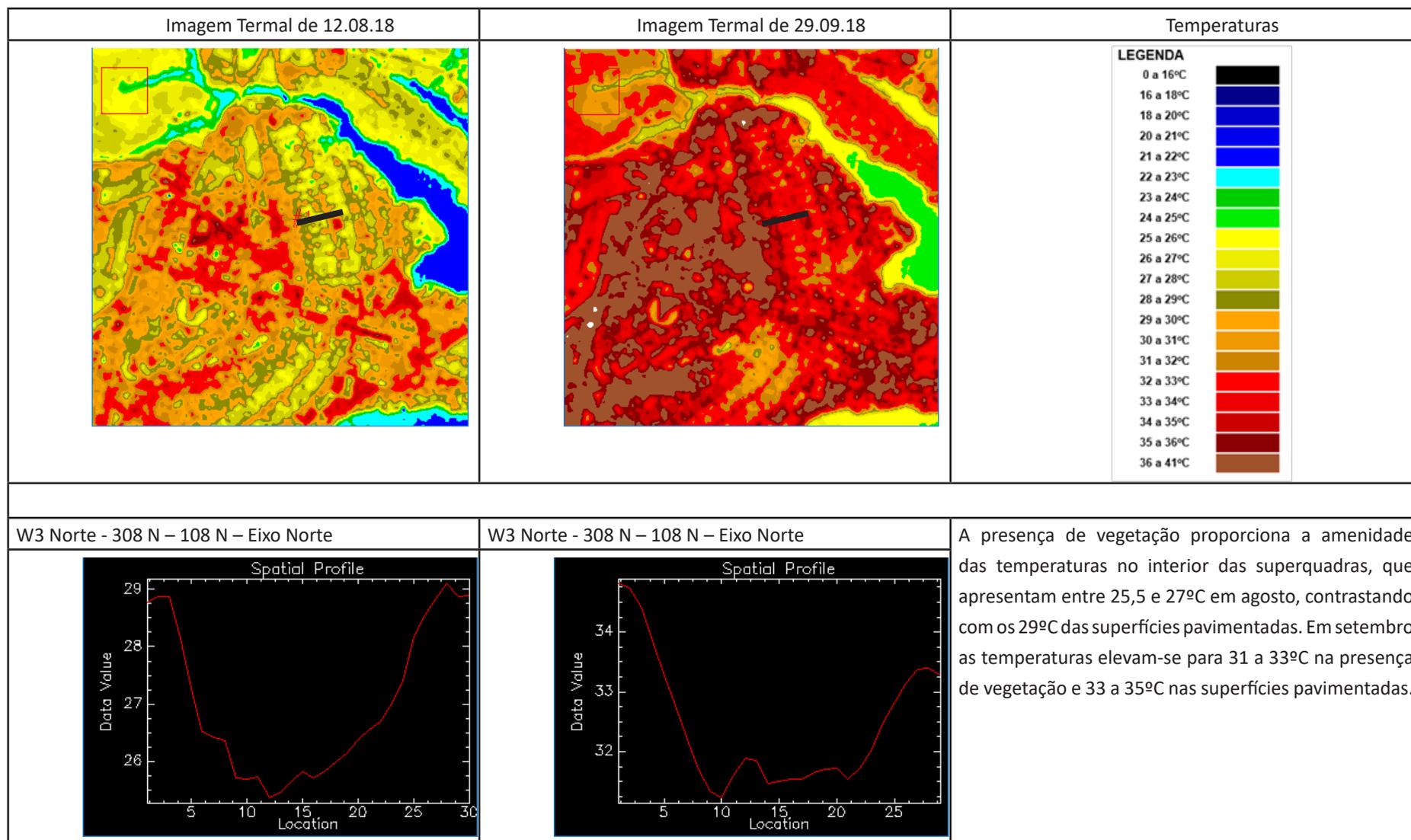
Quadro 4.7 - Análise Temporal do Campo Térmico Urbano do Plano Piloto – Transecto nos SCS e SCN. Fonte: Vianna (2018).



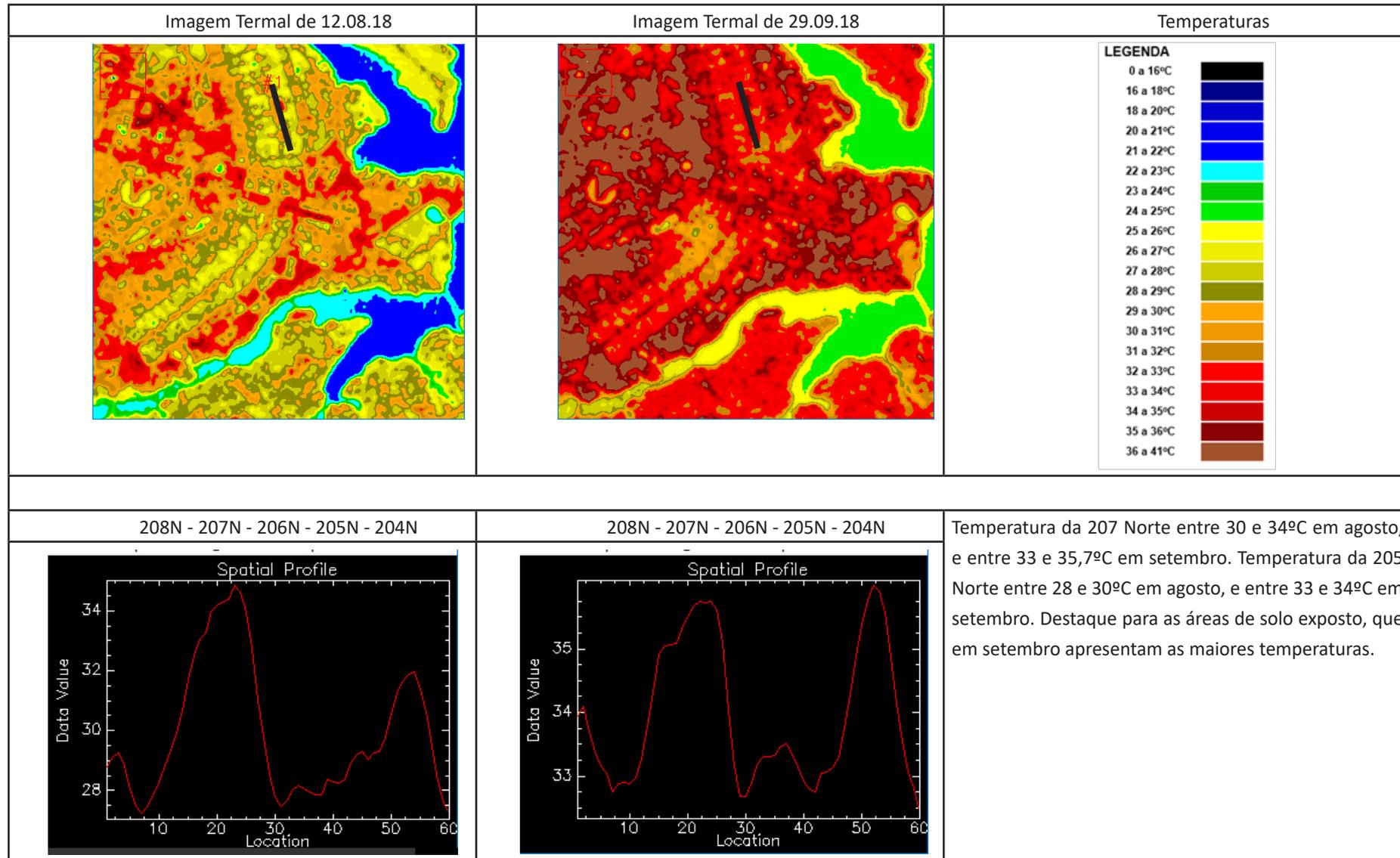
Quadro 4.8 - Análise Temporal do Campo Térmico Urbano do Plano Piloto – Transecto entre Parque Olhos D’água – SQN 412. Fonte: Vianna (2018).

Imagem Termal de 12.08.18	Imagem Termal de 29.09.18	Temperaturas																																								
		<p><b>LEGENDA</b></p> <table border="1"> <tr><td>0 a 16°C</td><td>Black</td></tr> <tr><td>16 a 18°C</td><td>Dark Blue</td></tr> <tr><td>18 a 20°C</td><td>Blue</td></tr> <tr><td>20 a 21°C</td><td>Light Blue</td></tr> <tr><td>21 a 22°C</td><td>Cyan</td></tr> <tr><td>22 a 23°C</td><td>Green</td></tr> <tr><td>23 a 24°C</td><td>Light Green</td></tr> <tr><td>24 a 25°C</td><td>Yellow-Green</td></tr> <tr><td>25 a 26°C</td><td>Yellow</td></tr> <tr><td>26 a 27°C</td><td>Orange-Yellow</td></tr> <tr><td>27 a 28°C</td><td>Orange</td></tr> <tr><td>28 a 29°C</td><td>Red-Orange</td></tr> <tr><td>29 a 30°C</td><td>Red</td></tr> <tr><td>30 a 31°C</td><td>Dark Red</td></tr> <tr><td>31 a 32°C</td><td>Brown-Red</td></tr> <tr><td>32 a 33°C</td><td>Brown</td></tr> <tr><td>33 a 34°C</td><td>Dark Brown</td></tr> <tr><td>34 a 35°C</td><td>Black</td></tr> <tr><td>35 a 36°C</td><td>Black</td></tr> <tr><td>36 a 41°C</td><td>Black</td></tr> </table>	0 a 16°C	Black	16 a 18°C	Dark Blue	18 a 20°C	Blue	20 a 21°C	Light Blue	21 a 22°C	Cyan	22 a 23°C	Green	23 a 24°C	Light Green	24 a 25°C	Yellow-Green	25 a 26°C	Yellow	26 a 27°C	Orange-Yellow	27 a 28°C	Orange	28 a 29°C	Red-Orange	29 a 30°C	Red	30 a 31°C	Dark Red	31 a 32°C	Brown-Red	32 a 33°C	Brown	33 a 34°C	Dark Brown	34 a 35°C	Black	35 a 36°C	Black	36 a 41°C	Black
0 a 16°C	Black																																									
16 a 18°C	Dark Blue																																									
18 a 20°C	Blue																																									
20 a 21°C	Light Blue																																									
21 a 22°C	Cyan																																									
22 a 23°C	Green																																									
23 a 24°C	Light Green																																									
24 a 25°C	Yellow-Green																																									
25 a 26°C	Yellow																																									
26 a 27°C	Orange-Yellow																																									
27 a 28°C	Orange																																									
28 a 29°C	Red-Orange																																									
29 a 30°C	Red																																									
30 a 31°C	Dark Red																																									
31 a 32°C	Brown-Red																																									
32 a 33°C	Brown																																									
33 a 34°C	Dark Brown																																									
34 a 35°C	Black																																									
35 a 36°C	Black																																									
36 a 41°C	Black																																									
<p>Parque Olhos D'água – Rua Comercial 412/413 – SQN 412</p>	<p>Parque Olhos D'água – Rua Comercial 412/413 – SQN 412</p>	<p>Nota-se o contraste entre a presença de vegetação do Parque Olhos D’água (24°C em agosto e 31°C em setembro), Área Comercial da 412 Norte (de até 27°C em agosto e 33,5°C em setembro) e interior da Superquadra (entre 26°C em agosto e 32°C em setembro). A presença de vegetação nas proximidades ou entorno de áreas edificadas é benéfica ao clima urbano.</p>																																								
																																										

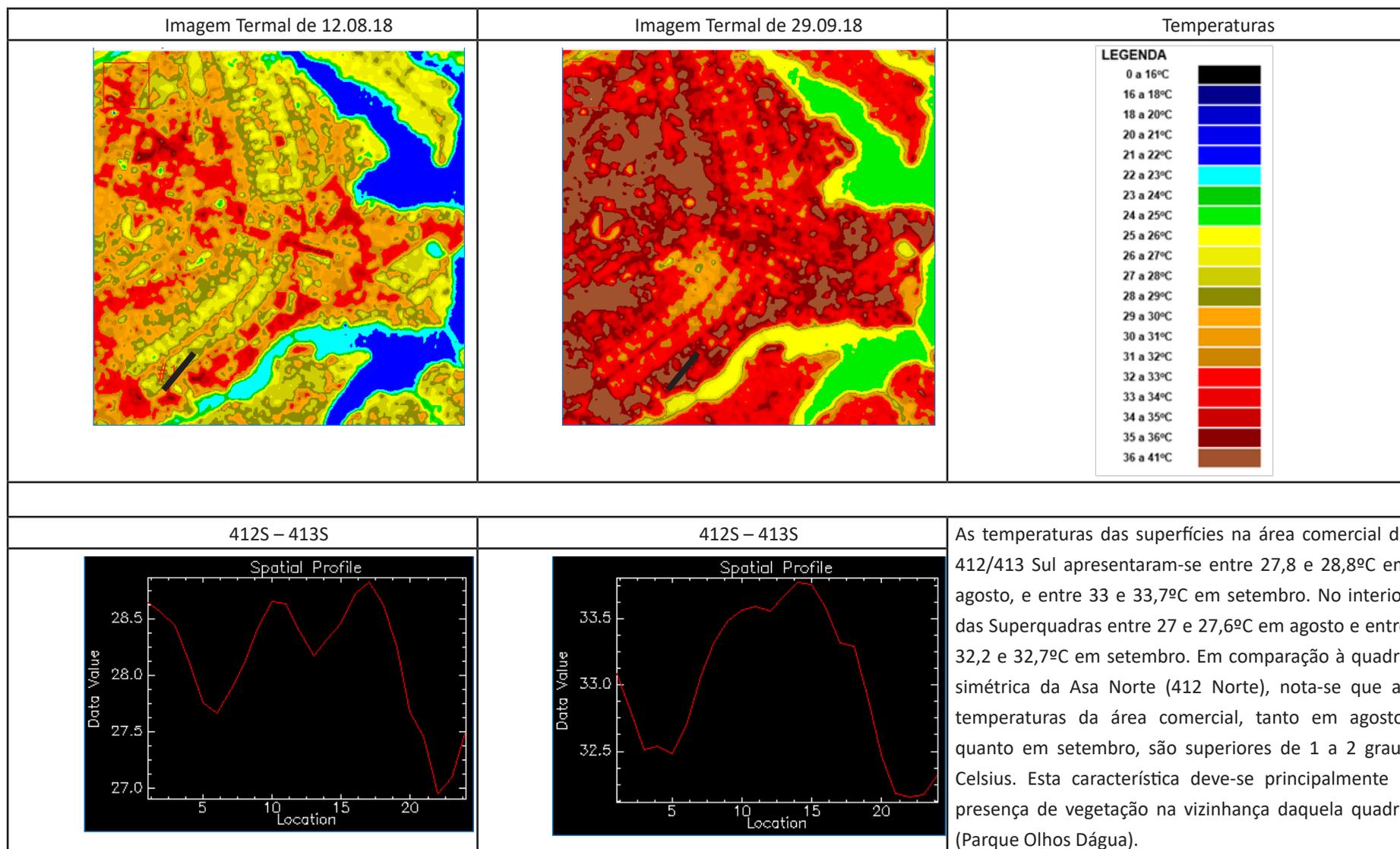
Quadro 4.9 - Análise Temporal do Campo Térmico Urbano do Plano Piloto – Transecto entre W3 Norte – 308 N – 108 N – Eixo Norte. Fonte: Vianna (2018).



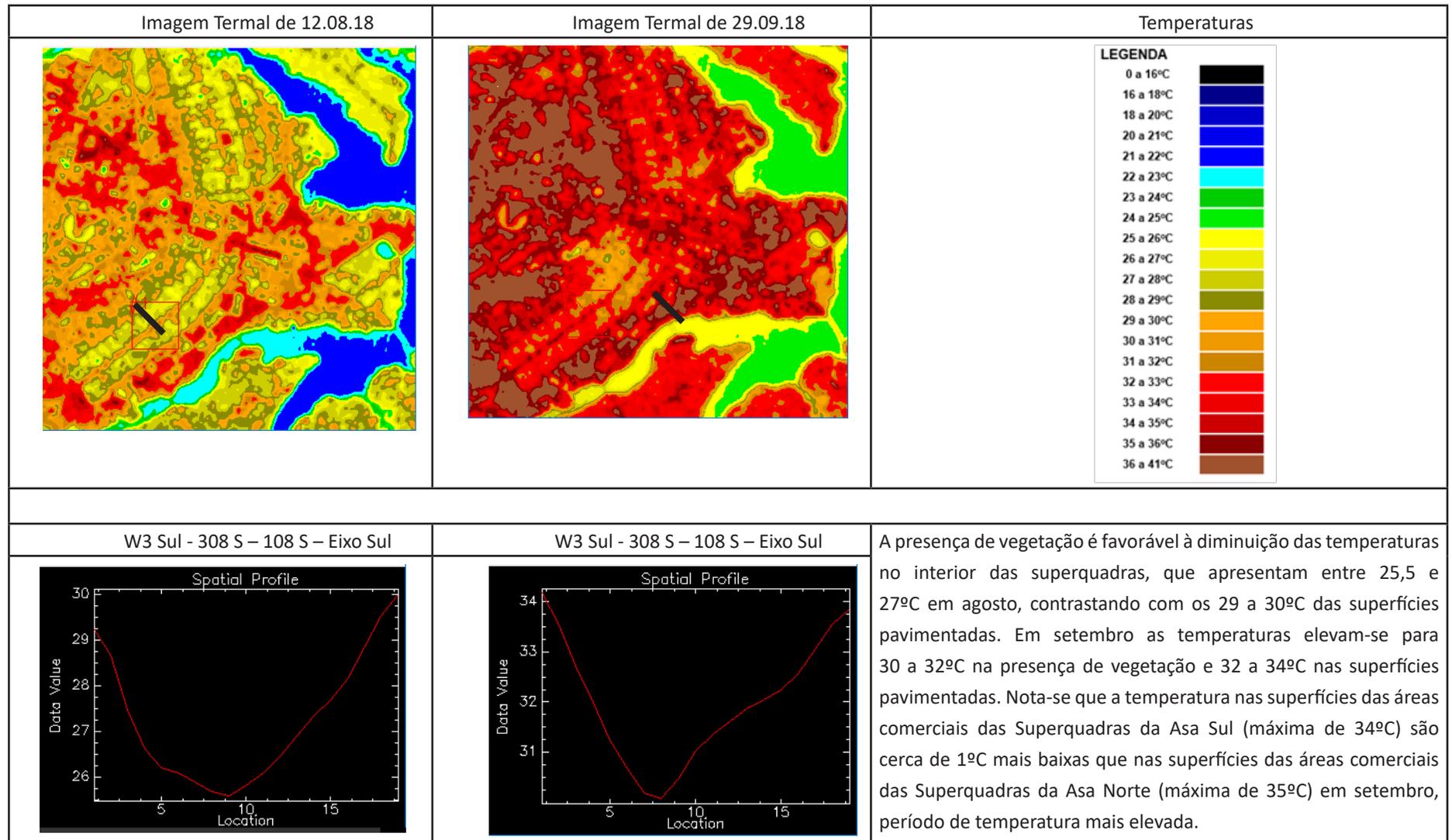
Quadro 4.10 - Análise Temporal do Campo Térmico Urbano do Plano Piloto – Transecto entre 208 N – 207 N – 206 N – 204 N. Fonte: Vianna (2018).



Quadro 4.11 - Análise Temporal do Campo Térmico Urbano do Plano Piloto – Transecto entre 412 S – 413 S. Fonte: Vianna (2018).



Quadro 4.12 - Análise Temporal do Campo Térmico Urbano do Plano Piloto – Transecto entre W3 Sul – 308 S – 108 S – Eixo Sul. Fonte: Vianna (2018).



Ao considerar o percurso entre as Superquadras 208S – 207S – 206S – 205S – 204S, as temperaturas de superfície em solo exposto apresentam-se de até 30°C em agosto e até 33°C em setembro. As superfícies das áreas comerciais ficam entre 27 e 28°C em agosto e 31,5 e 32,5°C em setembro. No interior das Superquadras as temperaturas são de 26°C na presença de vegetação em agosto, e 30°C nas mesmas condições em setembro. Em comparação às Superquadras diametralmente opostas, na Asa Norte, estas Superquadras apresentam temperaturas bem diferentes. Se compararmos a máxima da 207 Sul (30°C em agosto e 32,5°C em setembro), por exemplo, com a máxima 207 Norte (34°C agosto e 35,7°C em setembro), que não está edificada, temos a diferença de cerca de 3°C. Se compararmos a temperatura máxima da 205 Sul (27,5°C em agosto e 31,5°C em setembro) com a 205 Norte (30°C em agosto e 34°C em setembro), temos a diferença de cerca de 2,5°C. Estas Superquadras estão edificadas, tanto a da Asa Norte, quanto a da Asa Sul, o que permite caracterizar a Asa Norte mais aquecida que a Asa Sul, neste caso em cerca de 2 a 3°C. Existe um perfil claro das temperaturas das áreas de solo exposto, áreas comerciais e edificadas, e presença de vegetação densa. Os extremos ficam entre as áreas de solo exposto, que apresentam as maiores temperaturas, e as áreas arborizadas, com temperaturas mais baixas.

Quanto à comparação entre os dados de temperaturas do ar, coletados em transecto móvel, e os dados de temperaturas de superfícies, obtidos nas imagens termais de sensoriamento remoto, observamos que há uma relação entre os resultados de ambos os métodos e que estes apontam para as mesmas características das áreas urbanas. Muito embora os dados de temperatura do ar tenham sido coletados em três horários ao longo do dia (9:00 h, 15:00 h e 20:00 h), em contraposição aos dados de temperatura de superfícies urbanas, cuja imagem é obtida em horário único, das 10:00 h da manhã. Em linhas gerais, os resultados indicam maior aquecimento de áreas com predominância de solo exposto e superfícies pavimentadas e menor aquecimento de áreas densamente arborizadas, com sombra dos edifícios ou presença do lago.

O acelerado e impactante processo de urbanização traz a demanda por ações rápidas, no sentido de mitigar o clima artificial e até desértico, criado nas cidades. O uso de ferramentas de geotecnologias para obtenção de dados precisos, somados a levantamentos de campo bem executados, fundamentam as análises necessárias para as devidas tomadas de decisões a respeito das alterações do clima urbano.

### **Classificação da paisagem urbana em Brasília: uma aproximação do sistema LCZ para as áreas de estudo**

Para nossas pesquisas focadas no cenário urbanizado do Distrito Federal e necessitados de respostas mais próximas e de uma outra percepção, utilizamos o método de Stewart & Oke (2012) em busca de uma nova vertente em estudos da paisagem, a fim de tecer uma nova classificação climática urbana para as áreas objeto de nossas pesquisas: Sudoeste, Areal, Itapoá, Lucio Costa, Arniquireiras, Vila Telebrasília, Jardim Mangueiral e Paranoá<sup>3</sup>.

Trata-se de uma primeira aproximação uma vez que esse método se encontra em fase inicial de estudo no Laboratório de Sustentabilidade Aplicada à Arquitetura e ao Urbanismo (LASUS-UnB). Apesar das restrições de levantamento de dados em campo, foi possível perceber padrões nas áreas de estudo, o que é importante para apoiar os métodos de observação e avançar no estudo de clima urbano no Distrito Federal.

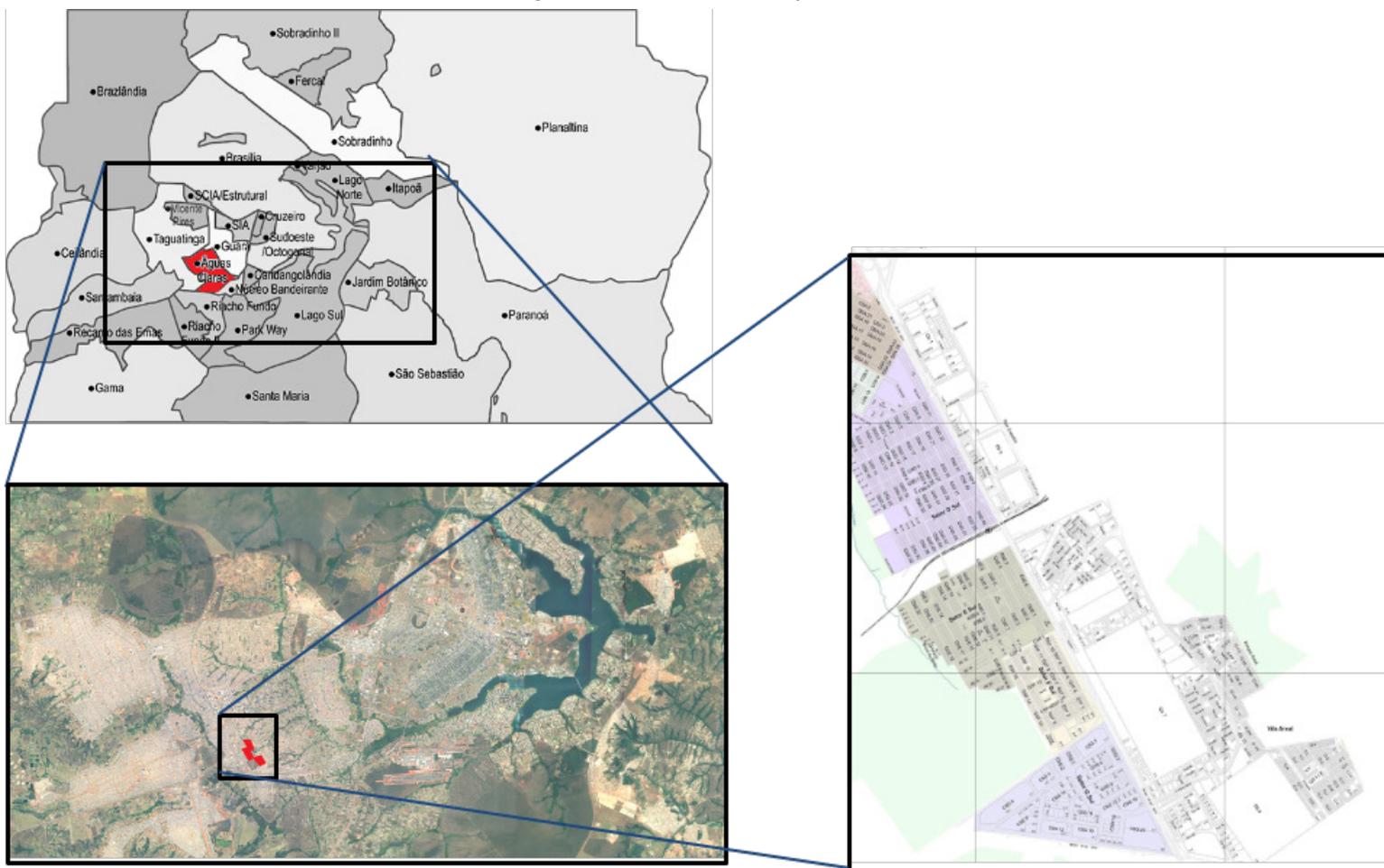
Dessa forma foram criadas fichas técnicas com informações detalhadas das classes associadas às áreas de estudo limitando-se à uma interpretação visual com o auxílio da imagem de satélite disponibilizada no GEOPORTAL<sup>4</sup> disponibilizado pela SEDUH (Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação). O estudo trata-se de uma primeira aproximação do método de Stewart e Oke, pois apesar de adotar os métodos de sensoriamento remoto para medir temperatura de superfície e medição manual em pontos fixos de dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, demais parâmetros climáticos como radiação solar, direção e velocidade do vento não foram levantados.

<sup>4</sup> Os dados e imagens foram trabalhados na disciplina Urbanismo Sustentável do PPGFAUUNB ministrada pela professora Marta Romero no 1o / 2017, estagio docente doutorando Ederson Teixeira, alunos : Abner L Calixter, Ana Carolina Correia Lima Sant'Ana, André Leal Santos, Clarice Cavalcante Daga, Daniela Werneck, Elen Oliveira Vianna, Fabiana Ferrari Dias, Kenia de Amorim Madoz, Leonardo Pierre Firme, Livia Maria P. S. Moreira, Manoella Otero Carvalheiro, Paola Maigua, Peterson Dayan, Rafael Barbosa Rios, Tereza Cristina Esmeraldo de Oliveira, Thalysou Ferreira Duarte Primo, Tony Marcelo Gomes de Oliveira.

<sup>4</sup> Geoportal é uma infraestrutura de dados espaciais georreferenciados do território e da população do Distrito Federal.

## Areal

Figura 4.10 - Vila Areal. Localização.



O Areal, localizado na parte sul de Taguatinga, ao lado da via Pistão Sul, era uma área de depósito de lixo. Assim como em vários lixões e aterros do país, pessoas em maior situação de vulnerabilidade social tiravam o sustento com a coleta de material reciclável ou reutilizável. A partir da década de 1980, cerca de 60 famílias que trabalhavam no local montaram um acampamento na área.

Com a luta dos moradores por melhorias em meio às péssimas condições de vida, o governo regularizou a área em 1989, denominada Vila Areal. No entanto, isso acabou por atrair um maior número de pessoas para o local, fruto da migração intensa para o DF, e da falta de implantação de políticas habitacionais. Dessa forma, a ocupação se expandiu

sem a implantação de infraestrutura adequada e melhorias habitacionais. Isso fez com que as famílias continuassem a viver em péssimas condições de vida, ao redor do lixo, poeira e proliferação de doenças.

Uma das atitudes do governo após a regularização da Vila Areal foi retirar famílias que trabalhavam e moravam no local para uma nova cidade recém implantada e a cerca de 20 km desta área. As cerca de 45 famílias que faziam parte de uma cooperativa de catadores de lixo e primeiros moradores da Vila Areal foram levadas a morar em lotes específicos no Riacho Fundo II, mas também sem os recursos necessários para fixar a população que morava praticamente no local de seu trabalho, o lixão do Areal. O governo construiu as casas na QN 12, conjunto 678, mas foram insuficientes para toda população da Vila que aumentava cada vez mais (ver Figura 4.10).

Com o fechamento do lixão e a remoção da maioria das famílias que trabalhavam com o lixo, o governo loteou a área e distribuiu lotes para atender programa de Governo de implantação de moradias, na década de 1990. Passados quase 30 anos de sua existência, a Vila Areal se transformou em setor. Antes fazia parte da Região Administrativa de Taguatinga - R.A. III e, depois em meados de 1990 passa a configurar Setor Areal da Região Administrativa de Águas Claras, R.A. XX. Atualmente, o Setor Areal abrange das quadras QN 5 à quadra QN 12, em um total de 7.525 domicílios, divididos em 54,81% de casas e 44,07% de apartamentos. Das três áreas que compõem a R.A. Águas Claras (Águas Claras Vertical, Arniqueiras e Setor Areal), o Areal apresenta os piores índices sociais e econômicos, em situação similar às demais regiões de baixa renda em Brasília, apesar das mudanças ao longo do tempo, que fazem a área quase nada lembrar o seu início.

### Percepção in-loco

O Areal possui uma hierarquia de vias bem definida, com uma avenida central, a Avenida Águas Claras, que concentra a maior parte do comércio e serviços existentes na área, e ruas locais. O setor, predominantemente residencial, possui edificações de até 4 pavimentos, com os mais diversos volumes. São comuns avanços irregulares sobre as calçadas, o que faz do leito carroçável o único elemento de circulação contínuo. Das duas porções que compõem o bairro apenas a parte próxima à Avenida Águas Claras possui praças no interior das quadras, que são compostas por vários quarteirões menores, configurando um padrão ortogonal, com algumas vias descontínuas (ver Figura 4.11, 4.12 e 4.13).

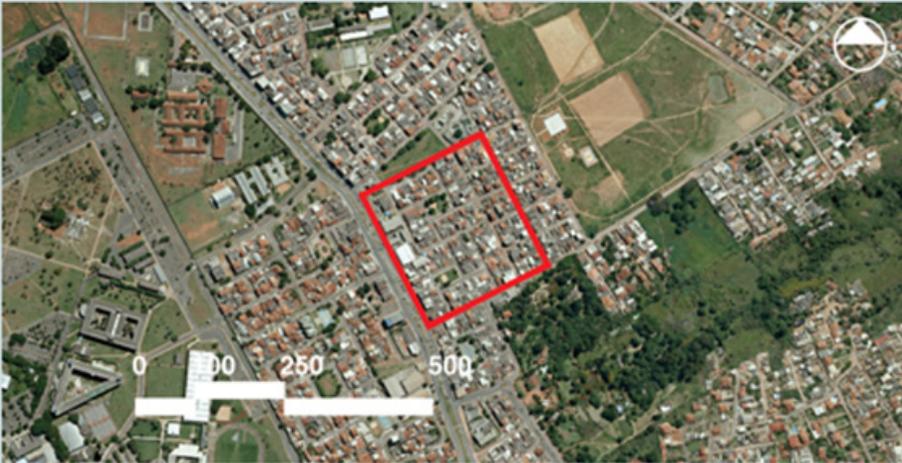
Segundo a Associação de moradores, e pela visita ao local, foi possível perceber, nas áreas comerciais, a permanência de um grande número de pessoas em situação de risco, que dormem no abrigo Conviver, localizado no Areal, e que recebe um grande número de pessoas de todo o DF na mesma situação. Apesar do abrigo como forma de acolhida, essas pessoas estão sem ocupação e sem receber tratamento de saúde adequado, o que tem contribuído para que os mesmos cometam delitos e crimes na região do Areal. Ocorrem muitas reclamações dos moradores e comerciantes do Setor que vêem nessa situação a causa do decréscimo do uso das suas áreas comerciais e nas áreas residenciais a grande insegurança, o que tem feito com que os moradores forcem os portões e as janelas com gradeamentos e muros altos.

Figura 4.11- Avanços irregulares e gradeamento dos lotes são comuns no Areal.  
Fotos: Lívia Moreira.



Figura 4.12 - Recorte urbano e ventilação urbana

### Definição do recorte urbano



Ortofotografia do Areal (2013) com recorte urbano selecionado. Fonte: Codeplan.

**Delimitação:** QS8, a leste da Avenida Águas Claras.

**Justificativa:** A QS8 é uma típica quadra do Areal, com edificações de até 3 pavimentos, predominantemente habitacional, com alguns lotes de uso misto e a presença de uma praça ao centro da quadra. O recorte foi alinhado com a Avenida Águas Claras porque esta é a principal via do setor, e concentra boa parte do pequeno comércio e serviços existentes na área.

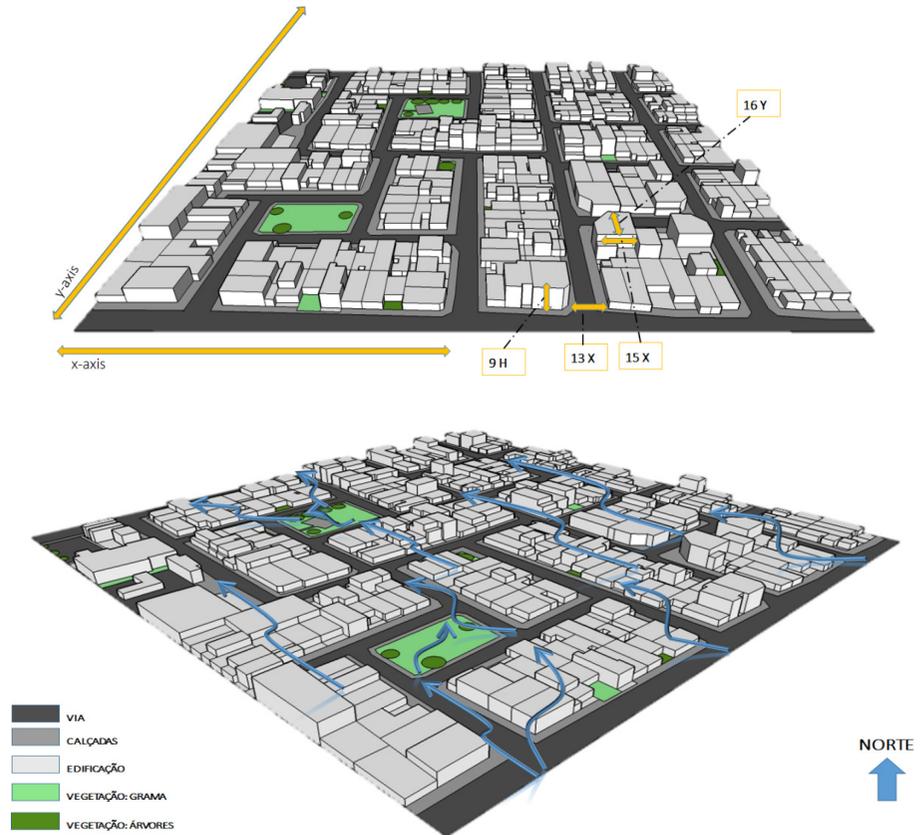
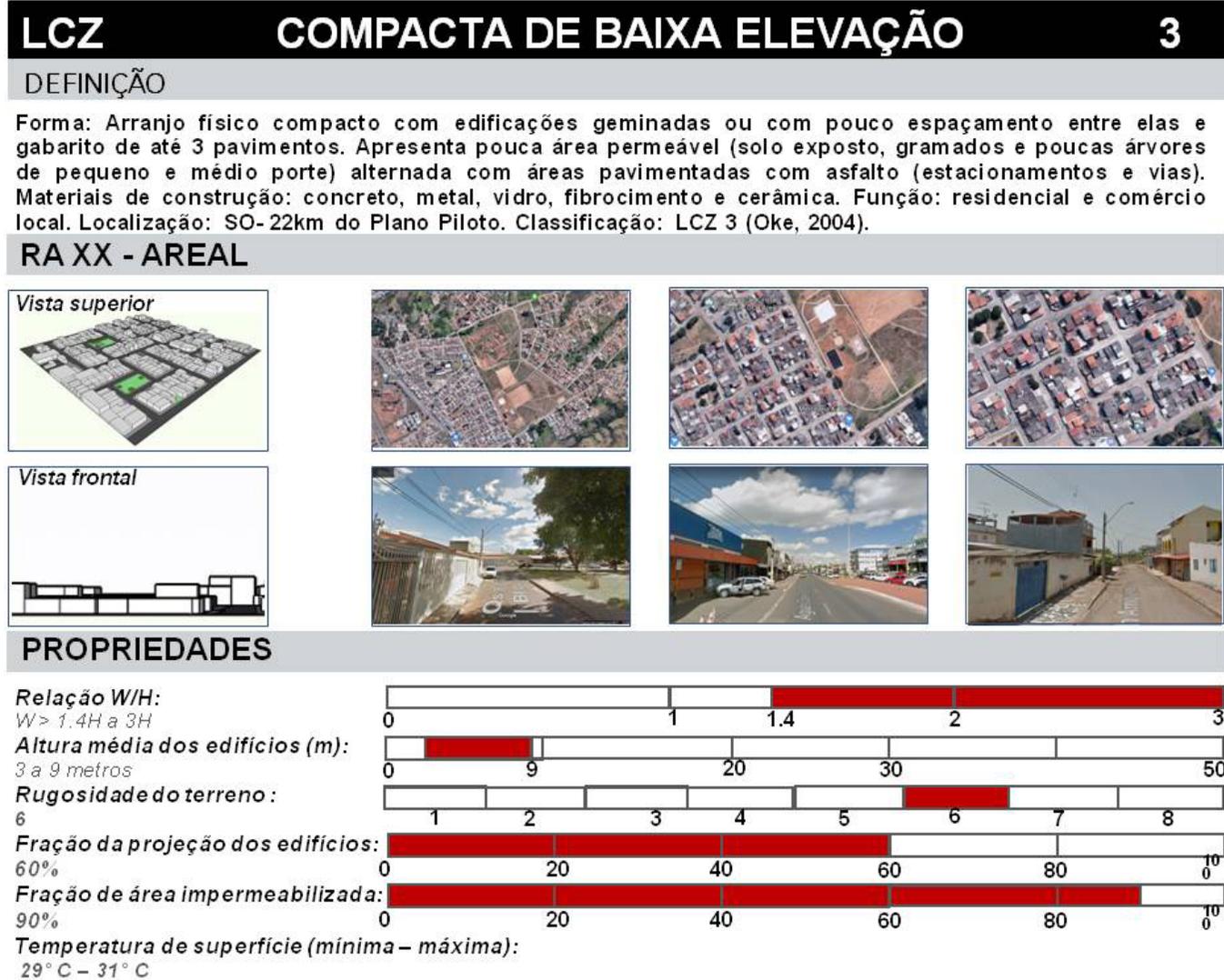
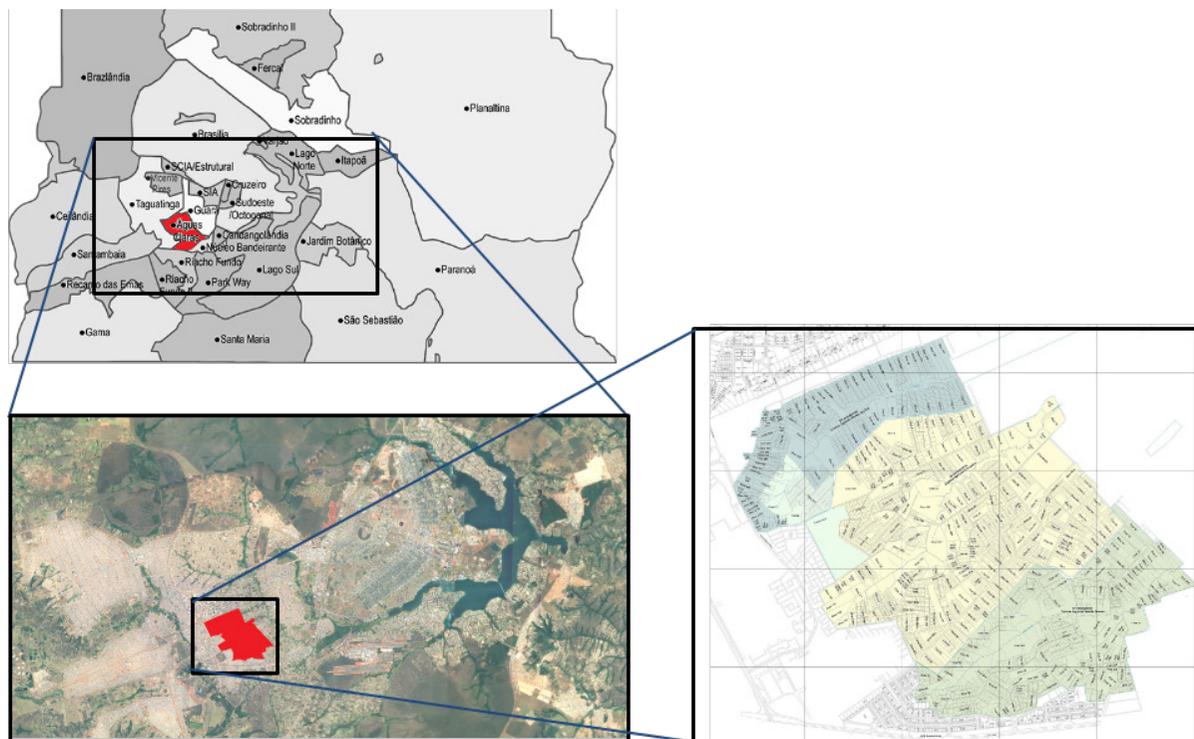


Figura 4.10 - LCZ caracterizada na área do Areal



## Arniqueiras

Figura 4.14 - Arniqueiras. Localização.



Arniqueiras, região situada entre o Guará e Taguatinga, permeada por córregos e nascentes, era uma área rural ocupada desde a década de 1960, que surgiu como colônia Agrícola. A partir da década de 1990, as chácaras foram sendo parceladas irregularmente, apesar das restrições ambientais. A Colônia foi se transformando em área urbana, e veio a se constituir um setor pela confluência das áreas Arniqueira, Vereda da Cruz e Vereda Grande (ver Figura 4.14).

Dessa forma, a maior parte das residências do setor vem de loteamentos irregulares, em geral, situadas dentro de condomínios fechados, que configuram uma ocupação bastante fragmentada, tanto em função da falta de planejamento, quanto em função das particularidades do terreno, de topografia bastante irregular. Para o acesso às novas casas e condomínios, foram implantadas vias locais bastante estreitas, e sem qualquer regularidade.

Em 2003, com a consolidação de Águas Claras, setor ao norte de Arniqueiras, a região transformada em Região Administrativa Águas Claras, se desmembrando da R.A de Taguatinga. A R.A. engloba três grandes setores: Águas Claras Vertical; S.H. Arniqueiras (Arniqueiras, Vereda Grande e Vereda da Cruz) e Areal. Atualmente, o setor encontra-se em processo de regularização.

## Percepção in-loco

As vias do Setor Habitacional Arniqueiras são estreitas, em geral com pavimento de baixa qualidade e calçadas descontínuas, muito estreitas, mal conservadas, ou mesmo inexistentes. Em função dessa falta de espaço, quase não há árvores nas ruas; a arborização se dá essencialmente dentro dos lotes, e no fundo dos vales que cortam o setor (ver Figura 4.15, 4.16 e 4.17).

A malha viária é bastante segmentada e de baixa orientabilidade, em função da presença de córregos, terreno acidentado e dos loteamentos irregulares das chácaras, que transformadas em condomínios, possuem várias ruas sem saída. Não há uma hierarquia bem definida; apenas uma via principal, que concentra o escasso comércio e serviços existentes no setor.

Figura 4.15 - Ruas de Arniqueiras



Via principal concentra a maior parte do comércio e serviços do setor. Fonte: Paola Maigua.



Figura 4.16 - Recorte urbano e ventilação urbana

### Definição do recorte urbano



Ortofoto de Arniqueiras (2013) com recorte urbano selecionado. Fonte: Codeplan.

**Delimitação:** Chácaras 79 e 80 da Colônia Agrícola Arniqueiras.

**Justificativa:** O recorte foi feito em uma área central da Colônia Agrícola Arniqueiras, alinhado com via principal do setor, e abrange duas chácaras transformadas em condomínio, padrão habitacional da área.

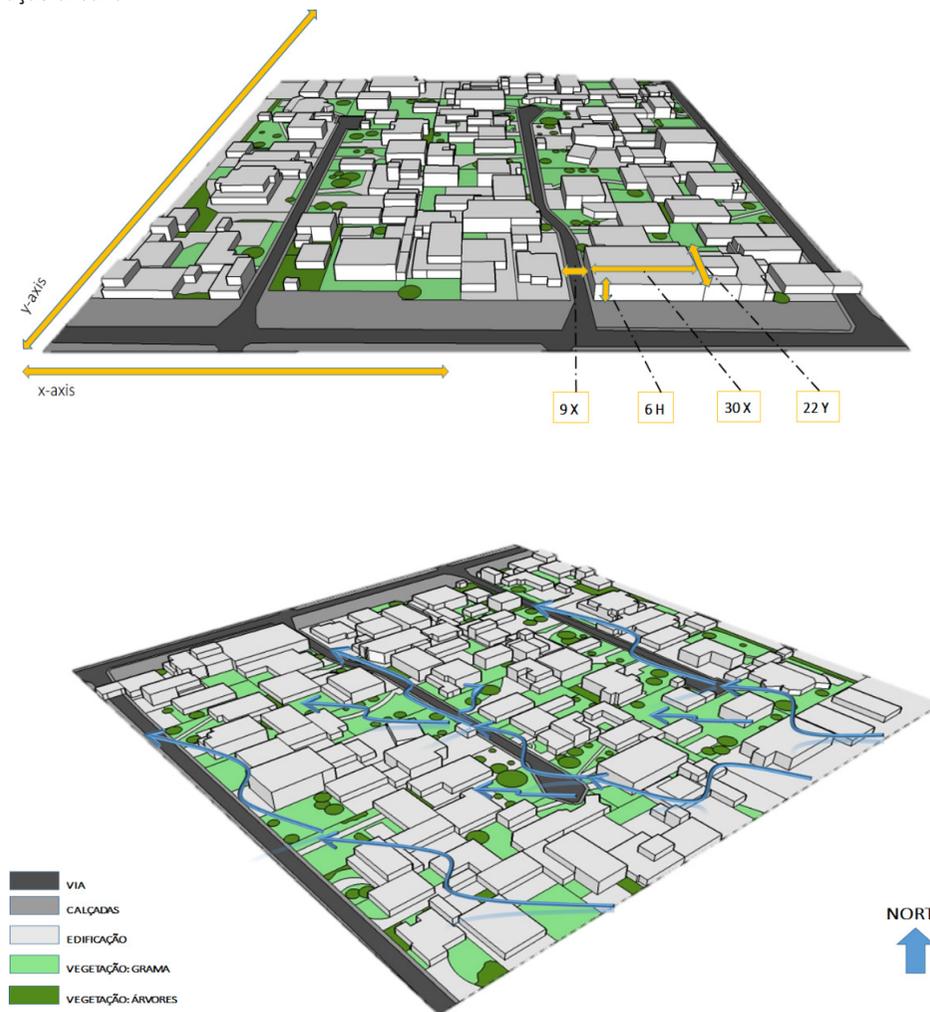


Figura 4.17 - LCZ caracterizada na área da Arniqueiras

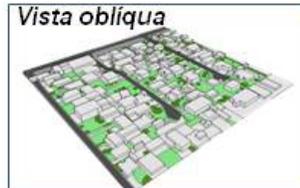
## LCZ COMPACTA DE BAIXA ELEVAÇÃO 3/6

### DEFINIÇÃO

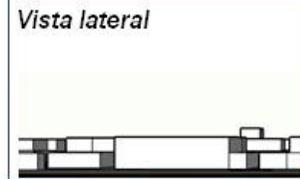
Forma: Arranjo físico compacto com edificações isoladas com pouco espaçamento entre elas e gabarito de até 3 pavimentos. Apresenta pouca área permeável (solo exposto, gramados e poucas árvores de pequeno e médio porte) alternada com áreas pavimentadas com asfalto (estacionamentos e vias). Materiais de construção: concreto, metal, vidro e cerâmica. Função: residencial e comércio local. Localização: SO- 21km do Plano Piloto. Classificação: LCZ 3/6 (Oke, 2004).

### RA XX - ARNIQUEIRAS

Vista oblíqua



Vista lateral



### PROPRIEDADES

Relação W/H:

$W > 1.4H$  a  $3H$



Altura média dos edifícios (m):

3 a 9 metros



Rugosidade do terreno:

6



Fração da projeção dos edifícios:

60%



Fração de área impermeabilizada:

90%



Temperatura de superfície (mínima – máxima):

25° C – 32° C

# Itapoã

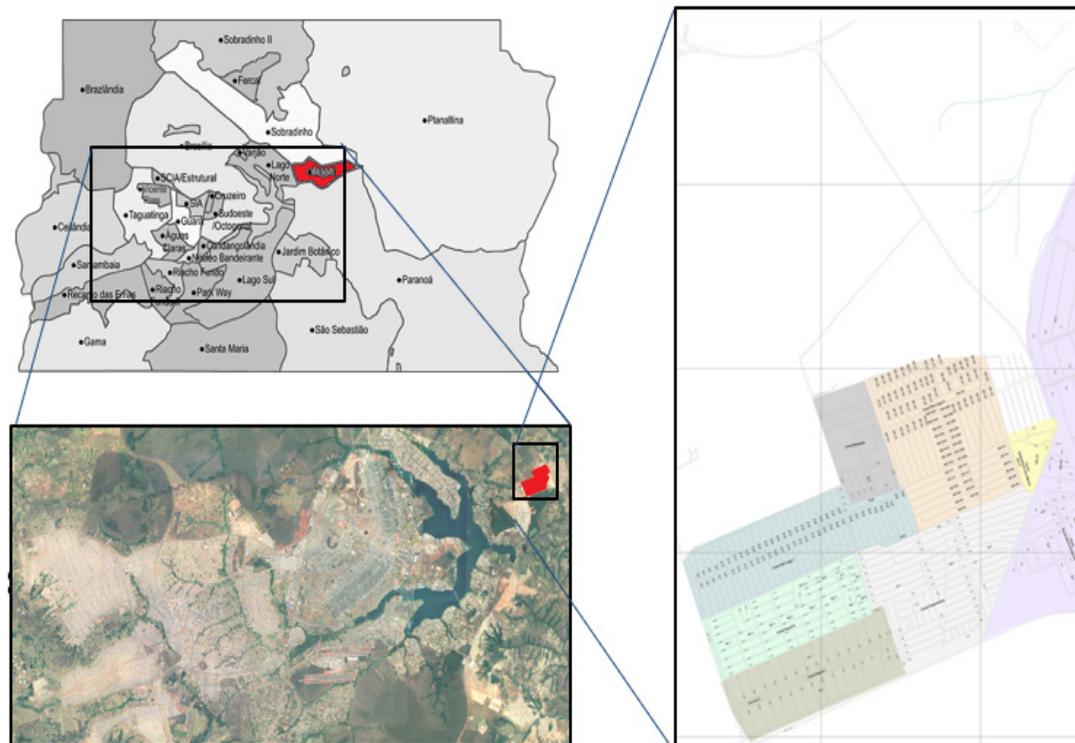


Figura 4.18 - Itapoã. Localização.

O Itapoã surge no final da década de 1990 pela ocupação irregular de terras da região de Sobradinho com famílias oriundas do Paranoá, região a nordeste do Plano Piloto, com população de baixa renda. O reassentamento do Paranoá na década de 90 estimulou o crescimento populacional na região, e em 1997, menos de 10 anos após o início da construção do atual Paranoá (1990), já haviam ocupações irregulares ao longo da DF 250. A busca por moradia e a expectativa de regularização foi o maior estímulo para o crescimento do núcleo (ver Figura 4.18).

Nos anos 2000, a região recebeu intensa migração de pessoas oriundas de outros estados e do Paranoá. Em 2002, a Secretaria do Patrimônio da União do Ministério do Planejamento fez a doação do terreno ao GDF. Em 2003, foi transformada em subadministração vinculada ao Paranoá. Por fim, em 2004, após um intenso crescimento populacional, e reivindicações dos moradores por melhorias urbanas, o governo do DF criou a Região Administrativa do Itapoã (R.A XXVIII), oficializada em 2005.

O Itapoã é hoje mais conhecido pelo conjunto de setores de baixa renda, que são margeados a oeste pela rodovia DF 001, a sul pela rodovia DF 250, a leste por condomínios privados, e a norte, por um núcleo rural de Sobradinho, e a área de expansão urbana, onde será construído o Itapoã Parque, empreendimento de habitação popular do programa Morar Bem do GDF.

### Percepção in-loco

A predominância de vias estreitas, lotes pequenos (8 x 12 metros aproximadamente) e alta taxa de ocupação do solo refletem a ausência de planejamento dessa ocupação. A cidade possui apenas uma via de maior hierarquia, a avenida principal, que concentra o comércio e serviços do setor, mas não conta com dimensões adequadas para a circulação de veículos, muito menos para pedestres e ciclistas. As faixas de pedestres apresentam problemas de pintura, e em quantidade insuficiente para a o grande fluxo de pessoas que transitam nas avenidas. Em geral, a sinalização é insuficiente e precária.

As ruas locais são estruturadas a partir da avenida principal. Na maior parte são planas, porém com calçadas estreitas e de difícil acesso para os pedestres em função do uso irregular para estacionamento e comércio, além da falta de manutenção e preocupação com acessibilidade, além dos avanços irregulares dos lotes, que constituem regra. Como resultado, o leito carroçável é o único elemento de circulação contínua disponível (ver Figura 4.19 e 4.20).

Em função da grande demanda por uso e ocupação do solo, o setor praticamente não possui árvores e superfícies vegetadas, observando-se o predomínio de superfícies impermeabilizadas. Esse aspecto tende a impactar no microclima do local e na drenagem de águas pluviais. Outro aspecto observado é a rede de esgoto deficitária, e a coleta de resíduos, em especial os advindos da construção civil, também é outro problema: a população acaba jogando entulhos em locais indevidos.

Apesar do baixo gabarito, as construções no Itapoã possuem uma relativa heterogeneidade volumétrica, o que reflete as diversas demandas e segmentos de renda dos moradores.

Figura 4.19 - Recorte urbano e ventilação urbana

### Definição do recorte urbano



Ortofoto do Itapoã (2013) com recorte urbano selecionado. Fonte: Codeplan.

**Delimitação:** Quadras QD 51 a 56, e parte da QD 50, setor Cond. del Lago I.

**Justificativa:** O recorte, alinhado com as vias do Itapoã, que seguem um padrão ortogonal, abrange a avenida principal, que concentra o comércio e serviços do setor, com um gabarito de até 4 pavimentos, e as ruas locais, onde predominam habitações de até 3 pavimentos - o padrão morfológico urbano do Itapoã.

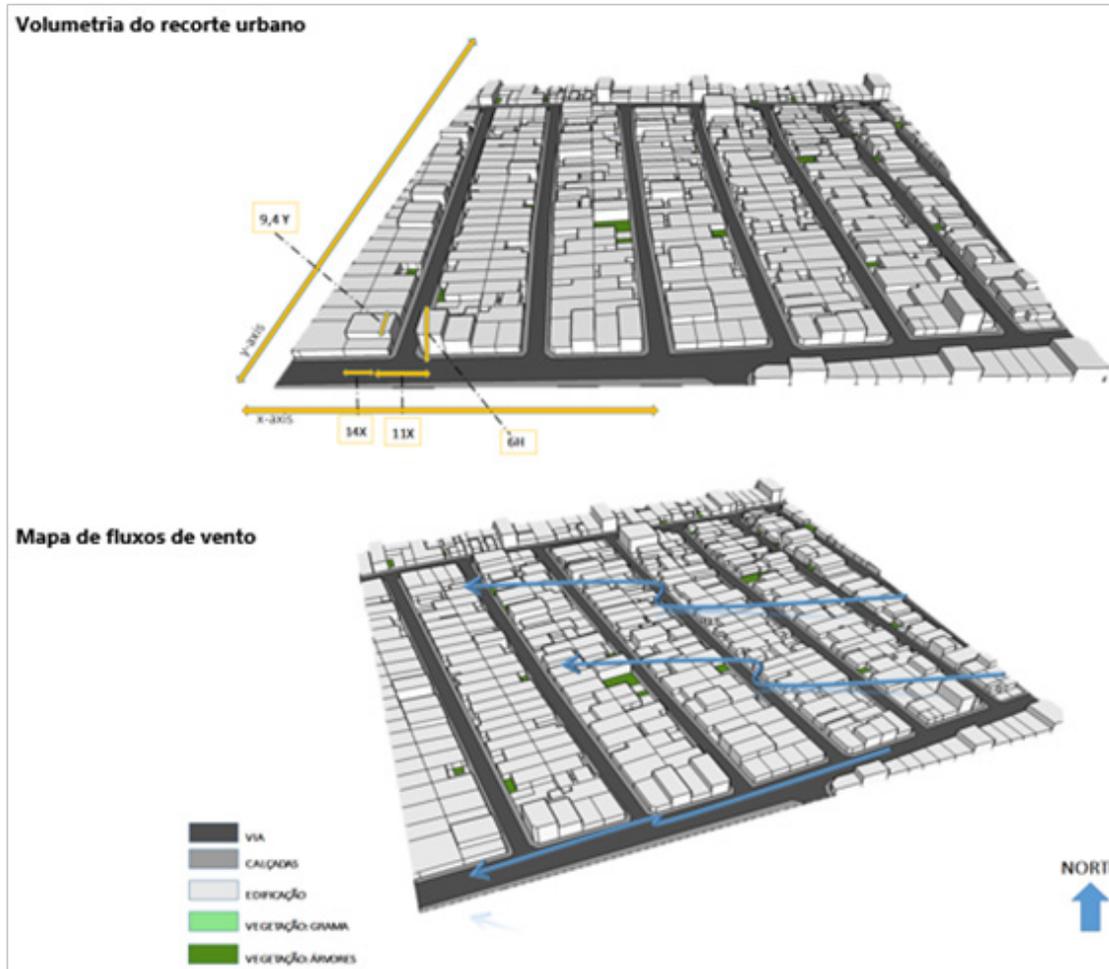
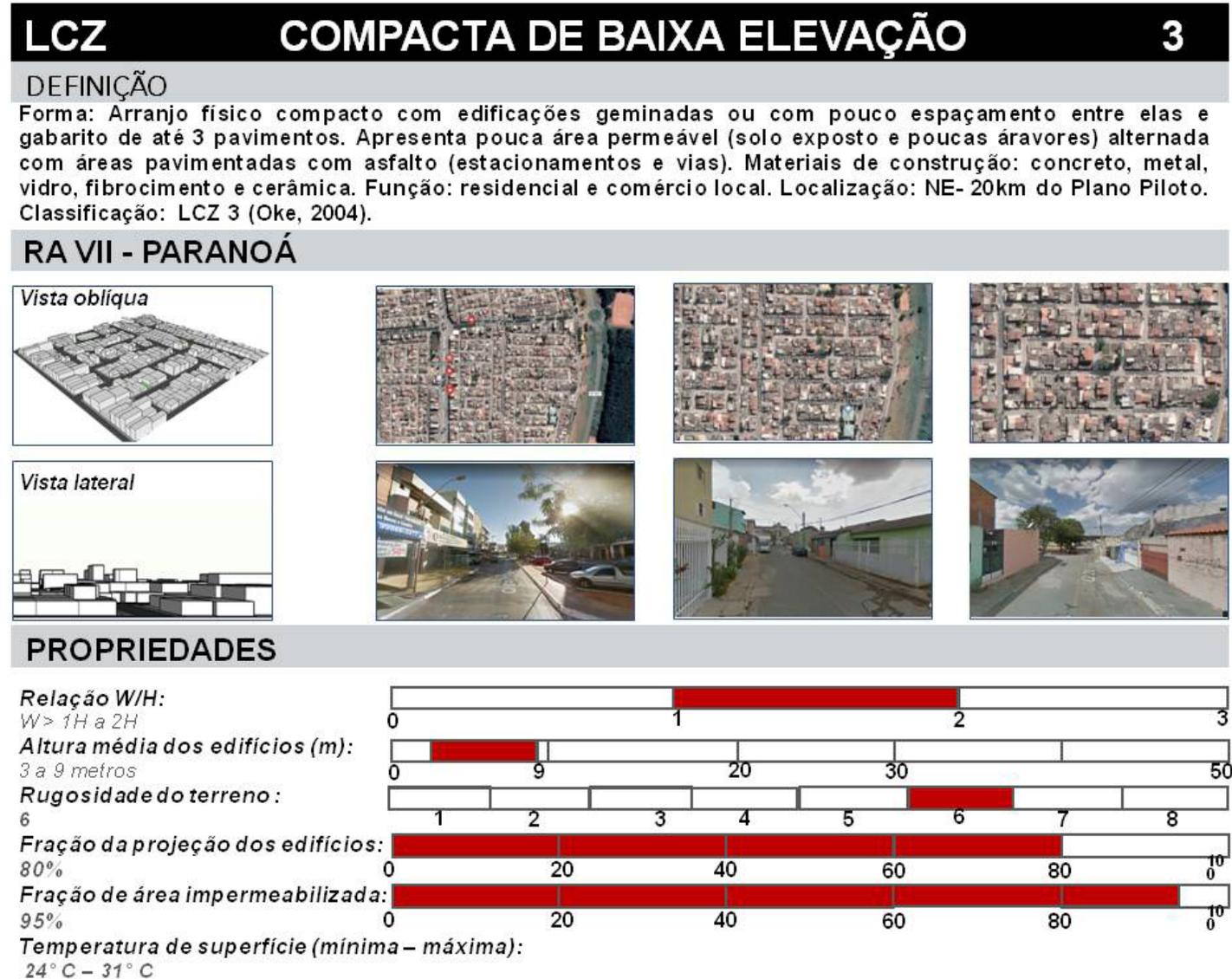
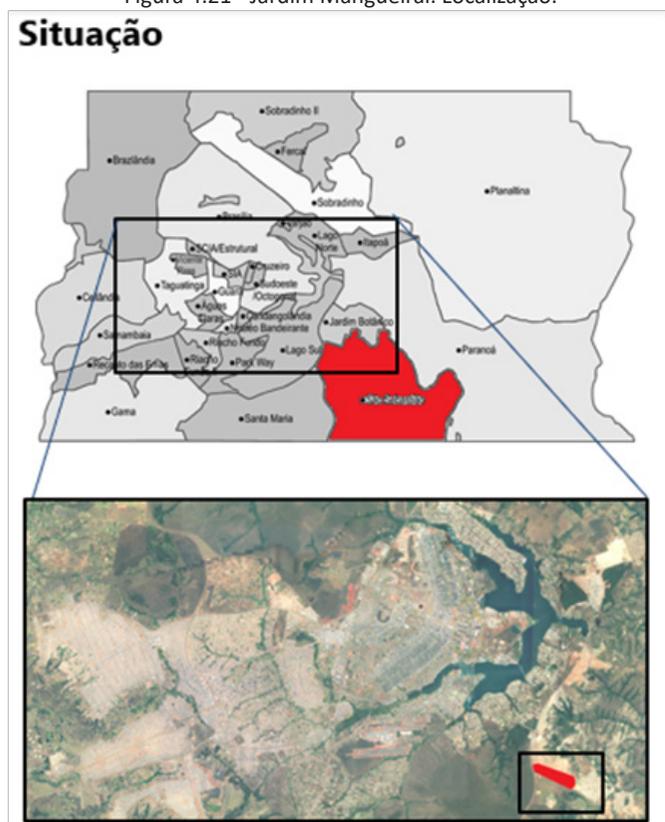


Figura 4.20 - LCZ caracterizada na área do Itapoã



## Jardins Mangueiral

Figura 4.21 - Jardim Mangueiral. Localização.



O Setor Jardins Mangueiral, localizado na Região Administrativa de São Sebastião, é um bairro planejado destinado a habitação popular. O empreendimento, regulamentado pela Lei 3877/2006, é integrado ao “Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV)” do Governo Federal e ao Programa “Morar Bem” do Governo do DF, considerado a primeira Parceria Público e Privada (PPP) Habitacional do país. O programa foi criado inicialmente para atender à população do Distrito Federal-DF cadastrada na Companhia de Desenvolvimento Habitacional (Codhab), com renda entre 4 a 12 salários mínimos que não possuem imóveis no DF (ver Figura 4.21).

O projeto contempla 8.000 unidades, entre casas e apartamentos de 2 e 3 quartos, distribuídas em 15 condomínios fechados, com infraestrutura urbana de água, esgoto, iluminação pública, ruas pavimentadas com estacionamento, e serviços como segurança privada e áreas de lazer. A população total estimada é de até cerca de 30 mil habitantes. O desenho viário é simples: uma via central, com lotes comerciais e de serviços, oferece acesso aos condomínios, e possui algumas conexões com a rodovia paralela ao terreno. O interior dos condomínios possui uma configuração ortogonal, com quadras lineares em disposições alternadas, de modo a inibir o aumento da velocidade. A implantação do setor em grande parte foi concluída, conforme o projeto. Apenas as quadras centrais não foram construídas; provavelmente fruto da especulação imobiliária.

### Percepção in-loco

As vias do Jardins Mangueiral, lineares, planas e bem sinalizadas, constituem uma hierarquia bem definida, o que confere orientabilidade ao setor. Algumas vias internas se conectam com as vias externas, mas a permeabilidade é quebrada em função da presença dos condomínios fechados, que constituem barreiras urbanas. Por ser uma área recentemente urbanizada, os equipamentos de comércio, lazer e serviços ainda estão em processo de implementação, o que intensifica a procura por serviços em regiões adjacentes, e, por conseguinte, a necessidade de deslocamento da população. Na visita, houve a percepção de um esvaziamento populacional no setor em horários comerciais, devido ao deslocamento dos moradores para os polos empregatícios. A implementação recente também traz outro problema: a arborização em fase inicial não confere um sombreamento significativo (ver Figura 4.22).

Figura 4.22 - Terreno foi arborizado, mas as plantas ainda estão em fase inicial de crescimento.



O setor foi designado inicialmente para contemplar um público de renda média e média baixa. Porém, das mais de mil unidades habitacionais entregues desde 2011, cerca de 70% dos processos referentes a essas unidades não se enquadraram nas exigências do programa. Isso fica mais evidente nos estacionamentos, repletos de veículos, o que caracteriza faixas de renda mais elevadas, descaracterizando a necessidade de subsídios por conta de governo.

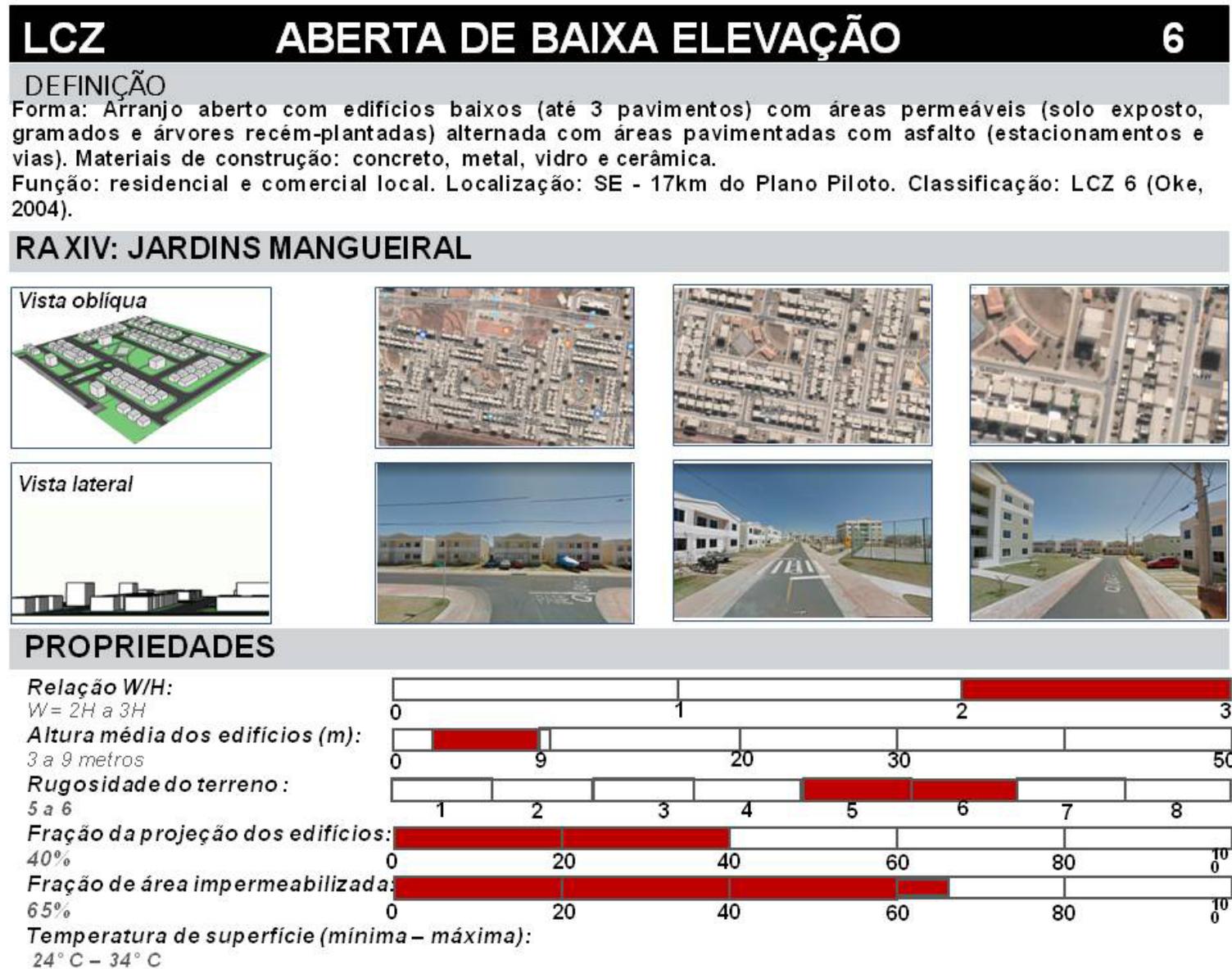
Os principais problemas ambientais percebidos estão nas imediações do Manguelral. Solo exposto, erosão e desmatamentos intensos são percebidos áreas adjacentes ao Manguelral decorrentes também da expansão do próprio Setor em mais quadras dando continuidade ao programa habitacional (ver Figuras 4.23 e 4.23).

Apesar do zoneamento permitir uma certa autonomia em comércio e serviços, o Jardins Manguelral possui uma essência predominantemente habitacional, e a configuração em condomínio reforça essa vocação, pois limita futuras transformações urbanas e alterações de uso que possam conferir mais autonomia ao setor e à região.

Figura 4.23 - Recorte urbano e ventilação urbana

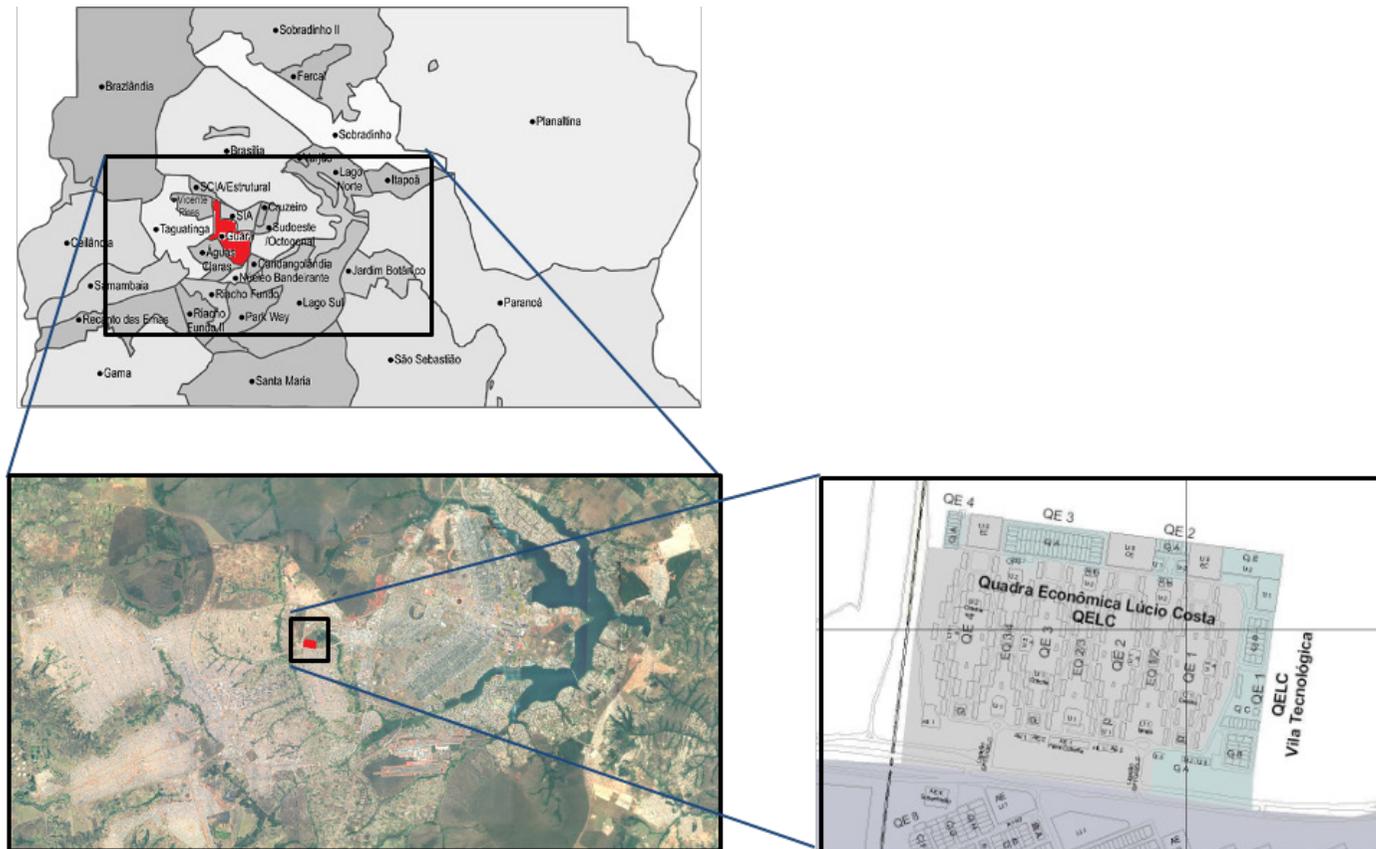


Figura 4.24 - LCZ caracterizada na área do Jardins Mangueiral



## Lucio Costa

Figura 4.25 - Lucio Costa. Localização.



A Quadra Econômica Lucio Costa (QELC) é um conjunto habitacional popular elaborado pelo arquiteto e urbanista Lucio Costa, no ano de 1985, para atender à necessidade de expansão do Plano Piloto, prevista no documento do urbanista denominado “Brasília Revisitada”. O urbanista presumia que fossem construídas edificações no entorno do Plano Piloto para atender especificamente aos funcionários do Governo do Distrito Federal (GDF) em início de carreira e moradores de áreas irregulares, e o Guará, região administrativa na qual localiza-se a QELC, seria uma dessas áreas (ver Figura 4.25). O projeto elaborado por Lucio Costa segue um modelo modernista: edifícios em fita, com apartamentos vazados, soltos

no terreno, sem divisa de lotes, e com uma grande quantidade de espaços livres entre os blocos, tal qual as superquadras do plano piloto. A diferença é que, por se tratar de um modelo habitacional para baixa renda, os edifícios possuem gabarito de até 3 pavimentos, para dispensar o uso do elevador. Além disso, não houve uma preocupação em fazer vias largas, já que em tese não haveria demanda por estacionamento (ver Figura 4.26).

Figura 4.26 - A hora do rush em uma típica rua das QELC evidencia os conflitos de circulação.



Segundo o autor, os espaços livres, tanto nos pilotis quanto no entorno dos blocos foram projetados para serem apropriados pela população como espaço complementar aos apartamentos - que são muito pequenos - para convivência social, lazer e serviços comunitários. Para isso o projeto prevê parques, quadras esportivas, creches, e outros equipamentos públicos. O desenho viário, que orienta a conformação dos blocos, é formado por um conjunto de quatro losangos compostos por 116 blocos de apartamentos. Em cada um deles está inscrito em um retângulo de 160 por 320 metros. Em cada vértice formado pelos caminhos oblíquos dos losangos é disposta uma praçinha e, ao longo dos lados, os blocos residenciais. Os equipamentos comunitários seriam localizados ao centro do losango, de forma a permitir um melhor acesso. A implantação do conjunto ocorreu em grande parte conforme o previsto, ocupando uma área de aproximadamente 20 ha:

O traçado viário da QELC segue uma configuração angular, delimitando losangos e triângulos de forma contínua. A essência do traçado gira em torno dos blocos comerciais e da praça central, cujo espaçamento define o que Lucio Costa considerou como sendo a unidade de vizinhança local.

### Percepção in-loco

Com o passar dos anos, houve um crescimento populacional e o desenvolvimento econômico e social da região, com um aumento na renda média e na quantidade de comércios e serviços que apareceram na região. Isso implicou no aumento do número de veículos, o que teve um impacto significativo no sistema viário local, pois os carros são estacionados em vias locais de mão dupla, que possuem apenas uma faixa para cada sentido, o que afeta a circulação de veículos. Além disso, os condomínios ao longo do tempo foram cercando os blocos sem qualquer regulamentação, o que acabou por bloquear a livre circulação de pessoas prevista no projeto original, que não incluiu calçadas com dimensões mínimas. Como resultado, o leito carroçável das vias se tornou o único elemento de circulação disponível, o que faz com que pedestres e ciclistas sejam forçados a dividir o asfalto com veículos, sem qualquer sinalização ou hierarquia.

Os edifícios são transversais às vias, o que gera espaços residuais triangulares, previstos para uso como áreas de convivência abertas, no entanto foram cercados pelos edifícios, com pouca potencialidade de aproveitamento. Mesmo assim, essas áreas foram usadas como estacionamento privativo dos condomínios. O cercamento também cria espaços residuais entre os condomínios, formando becos labirínticos, o que se agravou com o acréscimo de edifícios não previstos no projeto original. Além disso, as praças não possuem a devida manutenção, o que atenua a potencialidade de uso dos espaços públicos; e os blocos comerciais, cujo desnível do terreno, em alguns casos, não foi corrigido com a criação de rampas, mitiga a acessibilidade (ver Figuras 4.27 e 4.28).

Figura 4.27 - Recorte urbano e ventilação urbana

### Definição do recorte urbano



Ortofoto da QELC (2013) com recorte urbano selecionado. Fonte: Codeplan.

**Delimitação:** QE02.

**Justificativa:** A QE02 está localizada no centro da QELC. A disposição do recorte, em diagonal, se adapta ao padrão losangular do traçado viário, e permitiu englobar os principais equipamentos da quadra padrão, que caracterizam o padrão morfológico da QELC: os blocos comerciais e a praça central.

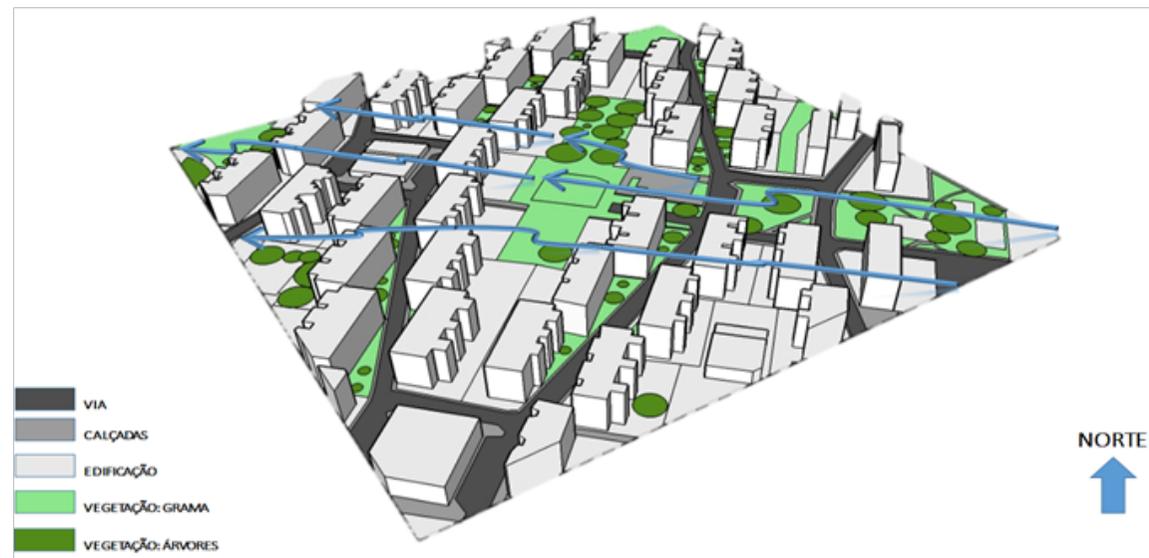


Figura 4.28 – LCZ caracterizada na área da Quadra Econômica Lúcio Costa

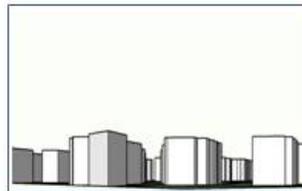
# LCZ COMPACTA DE MÉDIA ELEVAÇÃO 2

## DEFINIÇÃO

**Forma:** Arranjo compacto com de altura média (3 pavimentos + pilotis) com predominância de áreas pavimentadas com asfalto (estacionamentos e vias) alternadas com áreas permeáveis (solo exposto, gramados e árvores de pequeno e médio). **Materiais de construção:** concreto, metal, vidro e cerâmica.

**Função:** residencial e comercial. **Localização:** O – 13 km do Plano Piloto. **Classificação:** LCZ 2 (Oke, 2004).

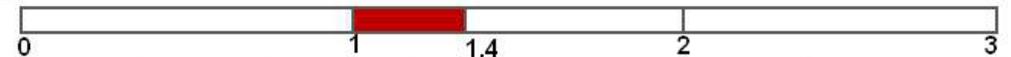
## RAX: QUADRA ECONÔMICALUCIO COSTA



## PROPRIEDADES

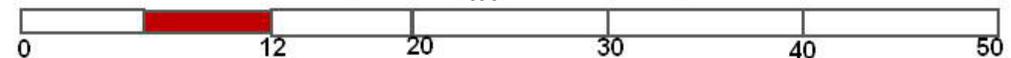
**Relação W/H:**

$W > 1H$  a  $1.4H$



**Altura média dos edifícios (m):**

6 a 12 metros



**Rugosidade do terreno:**

5 a 6



**Fração da projeção dos edifícios:**

55%



**Fração de área impermeabilizada:**

80%

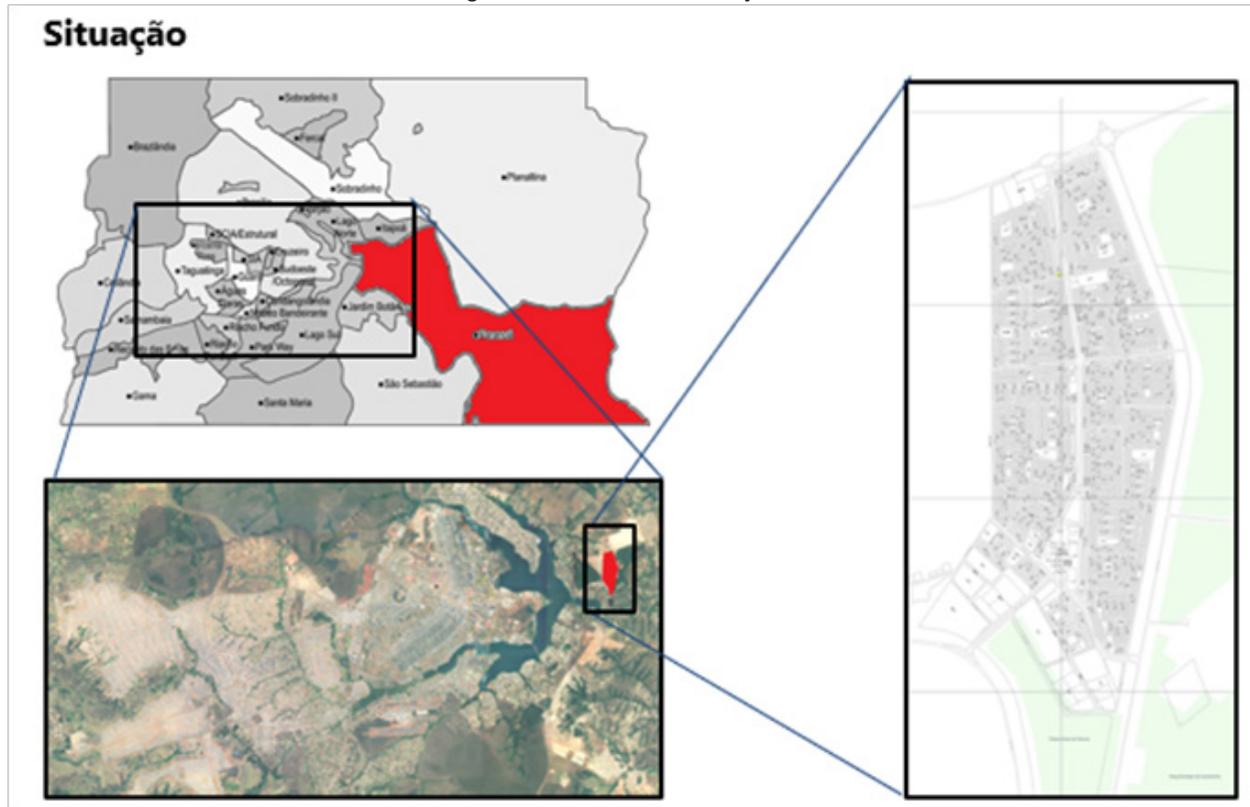


**Temperatura de superfície (mínima – máxima):**

22° C – 30° C

## Paranoá

Figura 4.29 - Paranoá. Localização.



A vila original - A Vila Paranoá, um dos 3 primeiros assentamentos de trabalhadores que construíram Brasília - junto com Taguatinga e a Vila Planalto - surgiu a partir de um acampamento que abrigava os pioneiros que trabalharam na construção da Barragem do Paranoá, que se iniciou em 1957. Após a conclusão da barragem, os trabalhadores permaneceram no local e demandaram a regularização, juntando-se a outros migrantes que ocupavam a área nas proximidades da antiga vila em busca de moradia definitiva. Em 1960, a vila possuía cerca de 3.000 habitantes, distribuídos em 800 barracos próximos à barragem, no lado norte, mas apenas em 1964 a região ganhou status de região administrativa - R.A. do Paranoá.

**O reassentamento** - A antiga vila do Paranoá se situava em um terreno com grande declividade e sem infraestrutura adequada, o que acarretava problemas como erosão, riscos de deslizamentos de terra, etc. Essa situação só foi resolvida em 1989, quando foi apresentado um projeto para transferir a vila para uma área adjacente à vila, mais afastada do lago, e mais plana, a ser urbanizada conforme um traçado planejado, que corresponde ao atual Paranoá. Após a conquista

pela fixação na área, houve um impulso no desenvolvimento da região (ver Figura 4.29).

A construção, iniciada em 1990, seguiu em grande parte o projeto original. A área é delimitada pelas rodovias Estrada Parque do Paranoá - EPPR (DF 005), Estrada Parque do Contorno- EPCT (DF 001) e Estrada Parque do Tamanduá (DF 015), formando uma poligonal convexa. Internamente, o Paranoá é cortado por duas vias coletoras perpendiculares, que dividem sua área em 4 quadrantes: uma hierarquia de vias bem definida. O traçado viário é, em geral, ortogonal, com algumas vias locais desalinhadas; as vias centrais concentram a maior parte do comércio e serviços do setor (ver Figuras 4.30 e 4.31).

Figura 4.30 - Recorte urbano e ventilação urbana

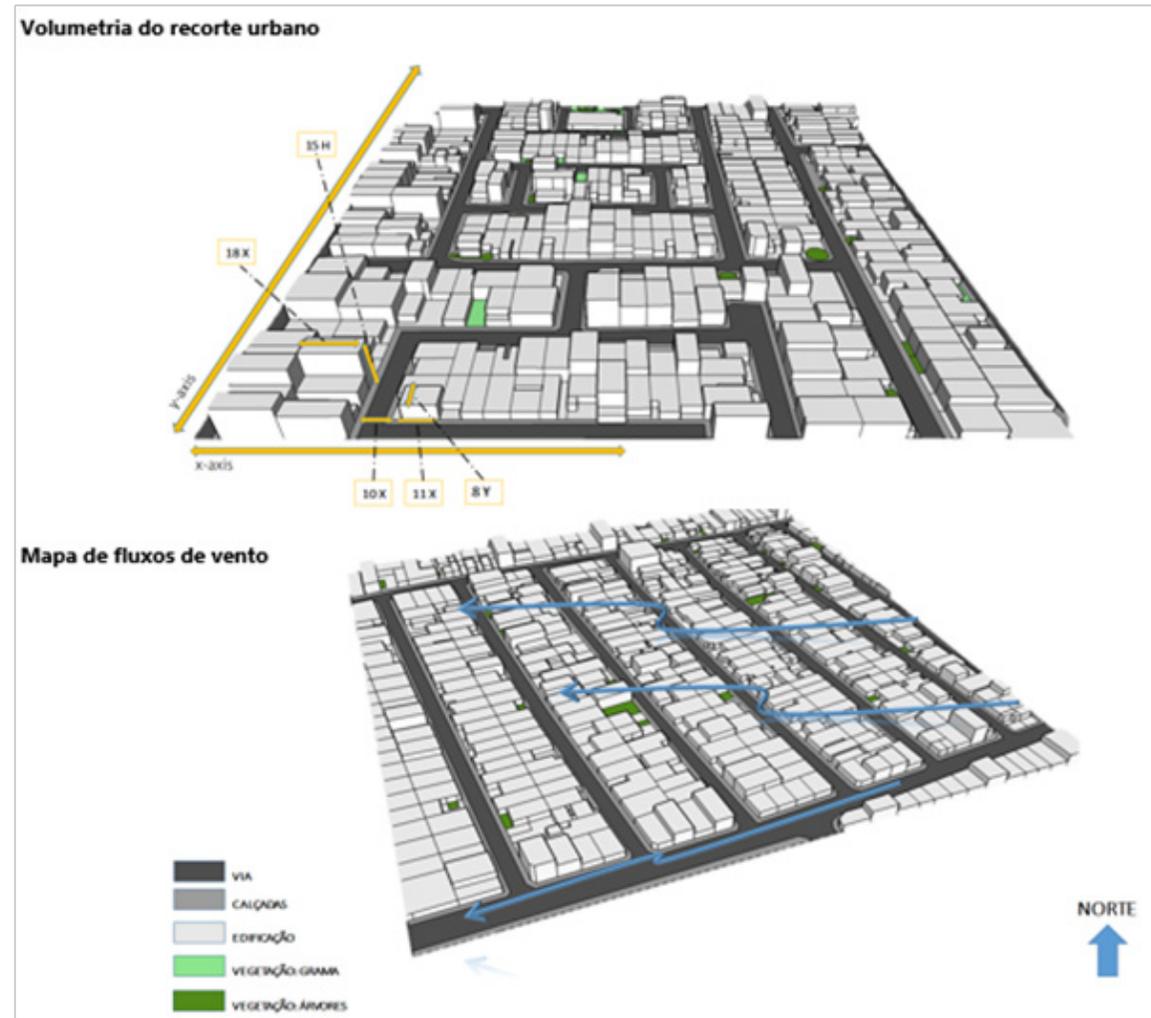
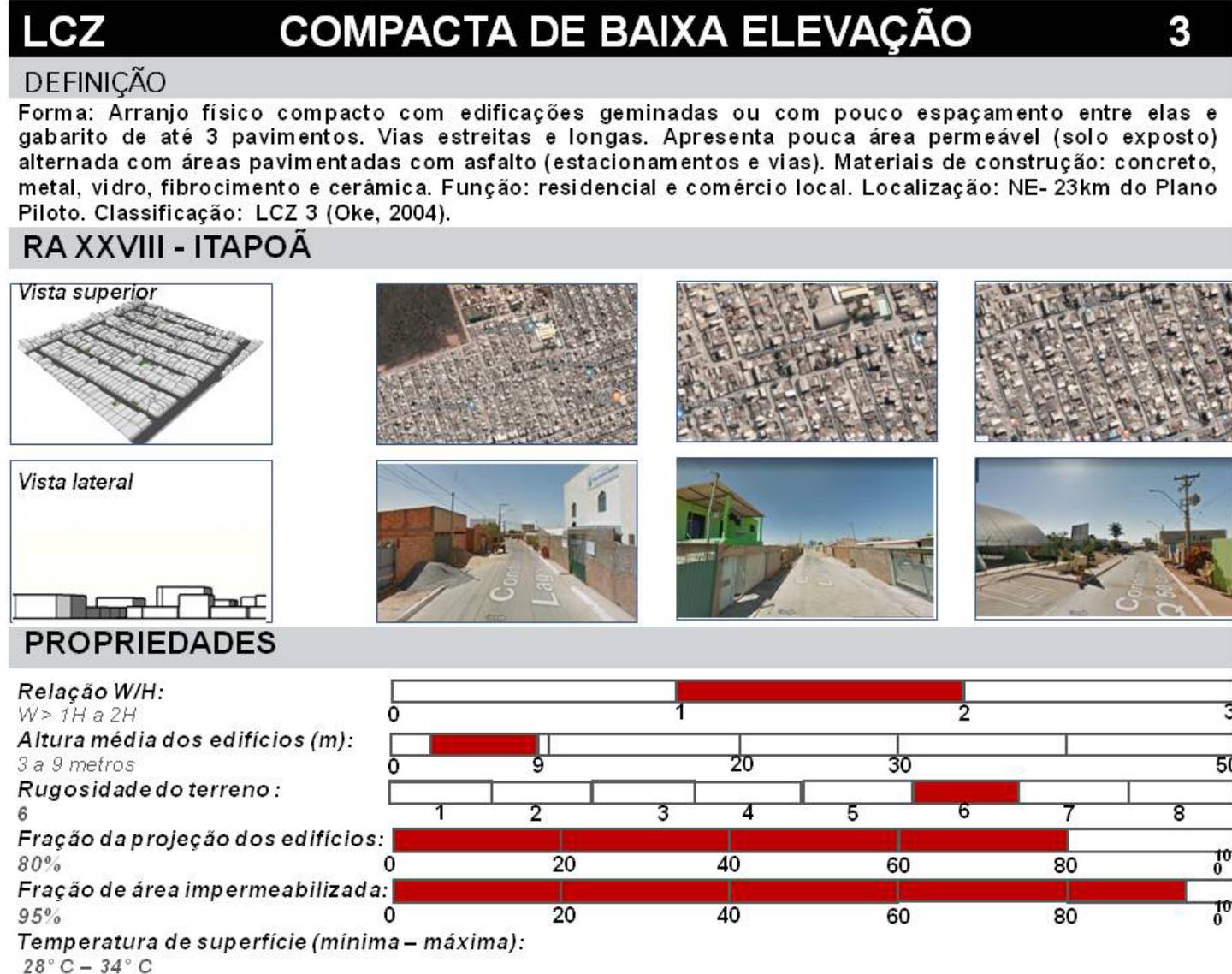
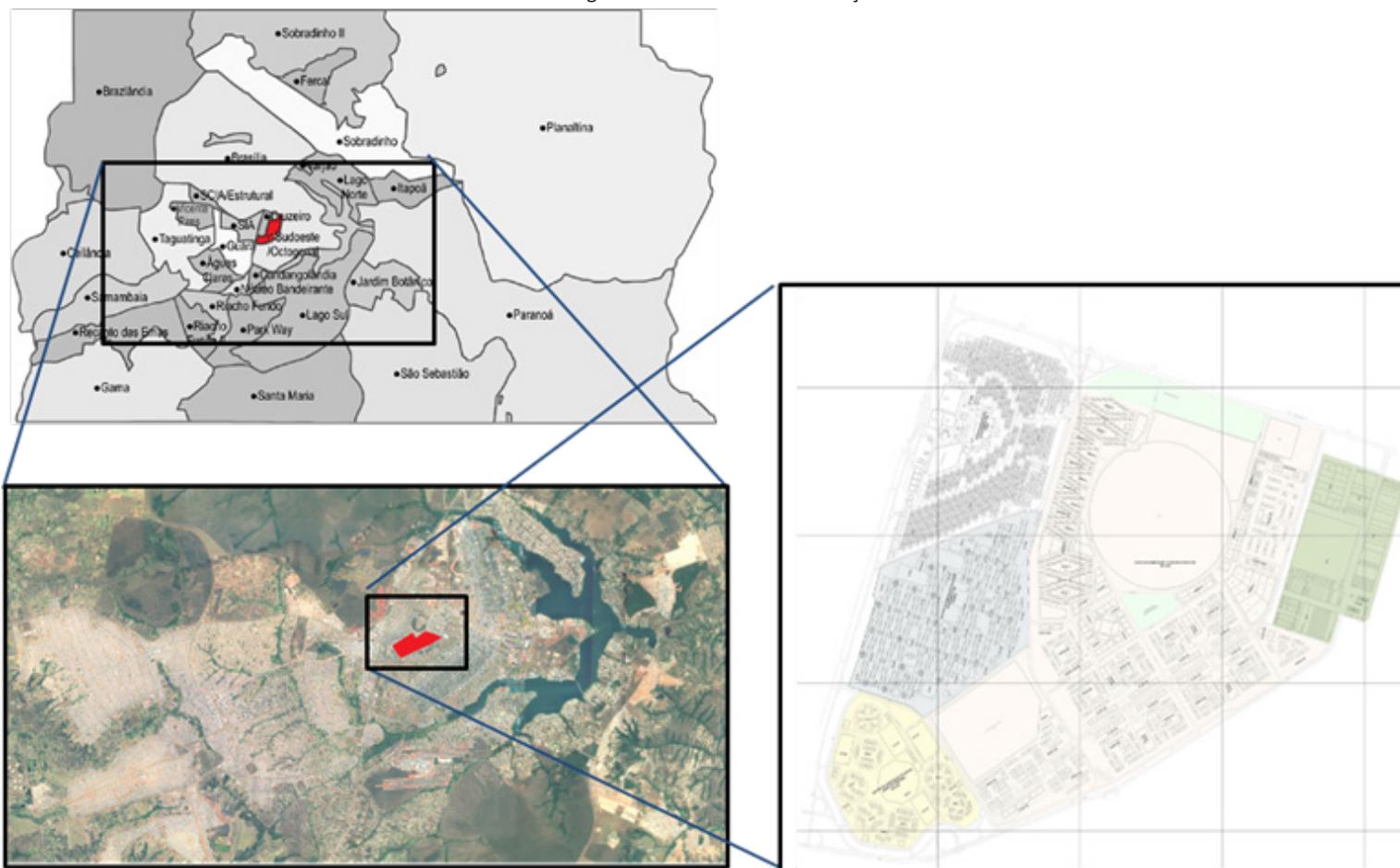


Figura 4.31 – LCZ caracterizada na área do Paranoá



## Sudoeste

Figura 4.32 - Sudoeste. Localização.



O Sudoeste é uma das áreas de expansão urbana de Brasília designadas no documento “Brasília Revisitada”, elaborado por Lucio Costa em 1987. O setor possui localização privilegiada, a Sudoeste do centro do Plano Piloto, ao lado do Parque da Cidade. O setor começou a ser habitado a partir de 1993, e conta com habitações de padrões médio e alto.

Atualmente, o Sudoeste faz parte da Região Administrativa do Sudoeste/Octogonal (R.A. XXII), que surgiu como resultado do desmembramento de áreas anteriormente pertencentes ao Plano Piloto – R.A. I. Toda a R.A. está inserida na área tombada de Brasília, como Patrimônio Cultural da Humanidade (ver Figura 4.32).

O Sudoeste é um setor essencialmente urbano. Sua morfologia compõe-se de edifícios residenciais com gabarito de 6 e 3 andares, quitinetes, áreas destinada a comércio local, shopping center, escolas de ensino fundamental e médio, equipamentos de atenção à saúde, quadras mistas, Hospital das Forças Armadas, além do INMET.

### Percepção in-loco

Em geral, o setor apresenta variedade de usos necessários ao cotidiano de seus moradores. Embora o Sudoeste tenha sido planejado nos moldes do Plano Piloto, seu traçado viário possui uma configuração com vias coletoras que apresentam uma linearidade, formando uma malha ortogonal, mais simples, e com conectividade. Os blocos comerciais estão dispostos continuamente ao longo da via central (Primeira Avenida), o que facilita o trajeto entre elas. No entanto, o projeto destinou uma área muito grande de estacionamento, e pouca arborização, o que inibe o trânsito de pedestres e ciclistas (ver Figuras 4.33 e 4.34).

As edificações habitacionais das quadras seguem um modelo modernista: edifícios em fita, com pilotis livres e bem afastados entre si. A arborização é bem distribuída nas áreas livres entre as edificações. As calçadas são planas, regulares e bem preservadas, e conectadas, no entanto, às vezes são estreitas. As faixas de pedestres bem preservadas e sinalizadas. A área também conta com rede cicloviária, que segue o padrão implantado no Distrito Federal: um pavimento com elevado coeficiente de atrito, e sinalização sem manutenção. Como as calçadas são muito curtas, pedestres usam a ciclovia como calçada, afetando o trânsito de ciclistas. O principal problema ambiental percebido foi a exposição do solo a processos de erosão, nas áreas do Sudoeste Econômico e nas áreas mais baixas, seguindo a declividade, próximo a Estrada Parque Indústrias Gráficas (EPIG), além da escassa vegetação de sombra.

Figura 4.33 - Recorte urbano e ventilação urbana



Figura 4.34 – LCZ caracterizada na área do Sudoeste

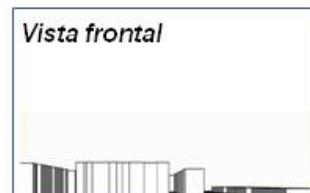
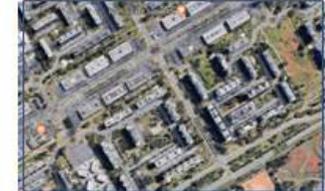
## LCZ ABERTA DE BAIXA E MÉDIA ELEVação 5 8

### DEFINIÇÃO

**Forma:** Arranjo aberto com edifícios comerciais baixos (até 3 pavimentos) e edifícios residenciais de altura média (6 pavimentos + pilotis) com áreas permeáveis (solo exposto, gramados e árvores de porte médio e alto) alternada com áreas pavimentadas com asfalto (estacionamentos e vias). Materiais de construção: concreto, metal, vidro e cerâmica.

**Função:** residencial e comercial. **Localização:** SO -6km do Plano Piloto. **Classificação:** LCZ 5/8 (Oke, 2004).

### RA: XXII - SUDOESTE



### PROPRIEDADES

**Relação W/H:**

$W > 1.3H$  a  $2H$

**Altura média dos edifícios (m):**

9 a 21 metros

**Rugosidade do terreno:**

5 a 6

**Fração da projeção dos edifícios:**

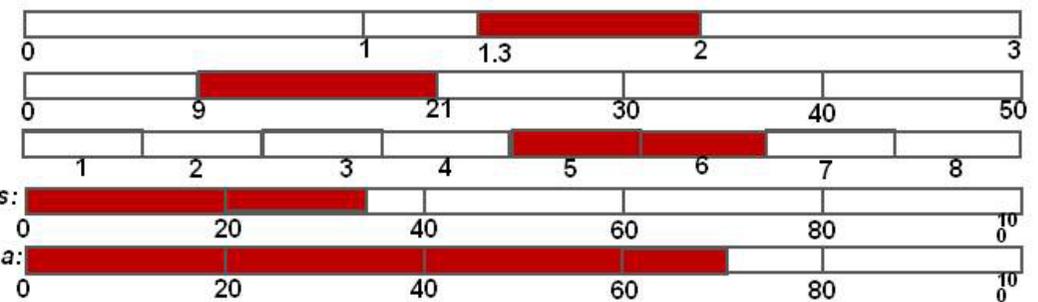
35%

**Fração de área impermeabilizada:**

70%

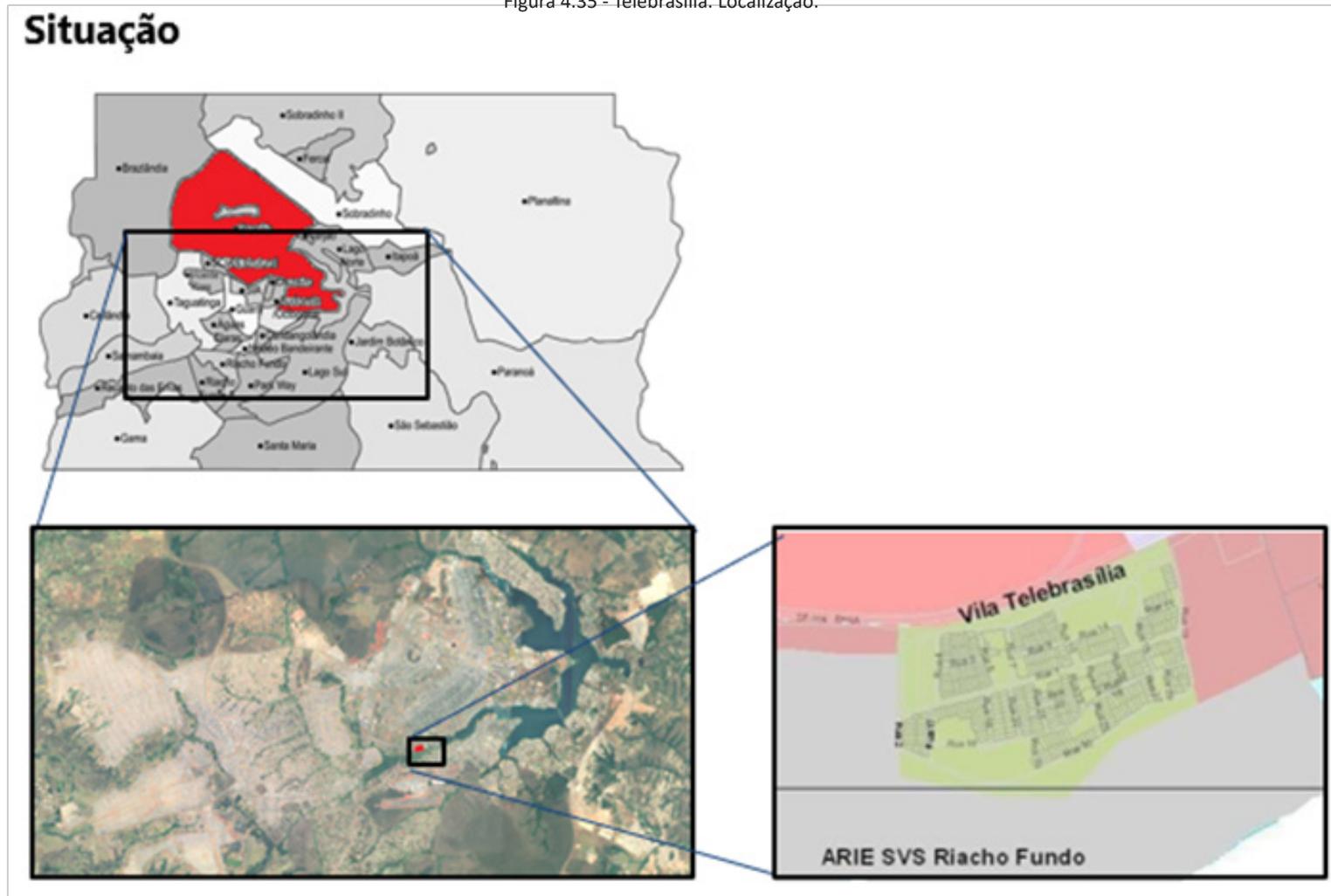
**Temperatura de superfície (mínima – máxima):**

25° C – 32° C



## Vila Telebrasília

Figura 4.35 - Telebrasília. Localização.



Situada em área privilegiada do Distrito Federal, às margens do Lago Paranoá e próximo a Asa sul, a Vila Telebrasília surgiu no final de 1956, a partir de acampamentos precários que abrigavam os funcionários da Construtora Camargo Correa (ver Figura 4.35). Os moradores continuaram no local após a inauguração de Brasília. Em 1983, servidores da empresa Telebrasília também se instalaram na área. Inicialmente foi chamada de Acampamento COTELB - Companhia Telefônica de Brasília e, por fim, recebeu o nome de Vila Telebrasília. Em 1985, os moradores foram transferidos para outros locais, e o acampamento foi praticamente extinto. No entanto, outros ocupantes começaram a se instalar na área deixada pelos moradores erradicados. Em 1989, foi constituída uma comissão para estudar a fixação do acampamento naquele local, que já contava com 701 famílias, que resistiam às tentativas de remoção por parte do governo.

Apesar de muitas tentativas de remoção, boa parte da população original permaneceu no local. Após uma intensa mobilização contra as remoções, inclusive com ações na justiça, os moradores ganharam o direito de permanência com a aprovação da Lei nº 161/ 1991, que fixa a Vila em seu espaço de origem, com 1040 famílias. Essa decisão contrariou o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN e o Instituto Estadual de Meio Ambiente – IEMA, que apresentaram pareceres contrário à fixação. Em 1993, iniciou-se, novamente, a remoção dos moradores para o Riacho Fundo, restando na área apenas 237 famílias. Em 1998, foi aprovado o primeiro projeto urbanístico para a vila, que permitiu o parcelamento da área; foram criados mais de 500 lotes. Finalmente, em 2007, a área foi regularizada, e a partir de 2008, os moradores começaram a receber as escrituras dos lotes. Ao longo dos anos, a vila vem recebendo melhorias de infraestrutura básica e equipamentos urbanos.

Atualmente, a Vila Telebrasiléia é um setor legitimado como Subadministração, ligada a R.A I – Plano Piloto. A vila possui 425 lotes; aproximadamente 50% deles possuem apenas um domicílio; 25%, possuem de três até nove residências em cada lote. Em 2009, foi estimado um total de 730 domicílios.

### **Percepção in-loco**

A Vila Telebrasiléia está situada em um localização privilegiada, o que facilita sua integração com o resto da cidade, apesar da generalizada descontinuidade do tecido urbano de Brasília. As ruas compõem um traçado aproximadamente ortogonal, com vias desalinhadas e algumas curvas suaves. A via principal, rua 1, passa ao centro da vila, e é a única onde passa o transporte público. As calçadas são descontínuas, estreitas, e possuem várias barreiras (veículos, material de construção, jardins, entulho, mato). Por isso, é comum os pedestres andarem sempre no asfalto. As edificações, predominantemente habitacionais, não ultrapassam os 3 pavimentos, mas possuem um elevado grau de ocupação do solo. Há desde pensões, múltipla habitação a uso misto comercial e residencial (ver Figuras 4.36 e 4.37).

Como a vila está situada dentro de uma APP, há uma presença massiva de vegetação no entorno, o que, além da proximidade com o lago Paranoá, confere à área um microclima mais ameno. A vila conta com dois espaços públicos estruturados: uma quadra poliesportiva, e a ‘Praça da Resistência’, símbolo de identidade local. A praça é ainda hoje, ponto de encontro de moradores no fim de tarde, para discutir política, namorar e reivindicar melhorias para a população da Vila Telebrasiléia.

Figura 4.36 - Recorte urbano e ventilação urbana

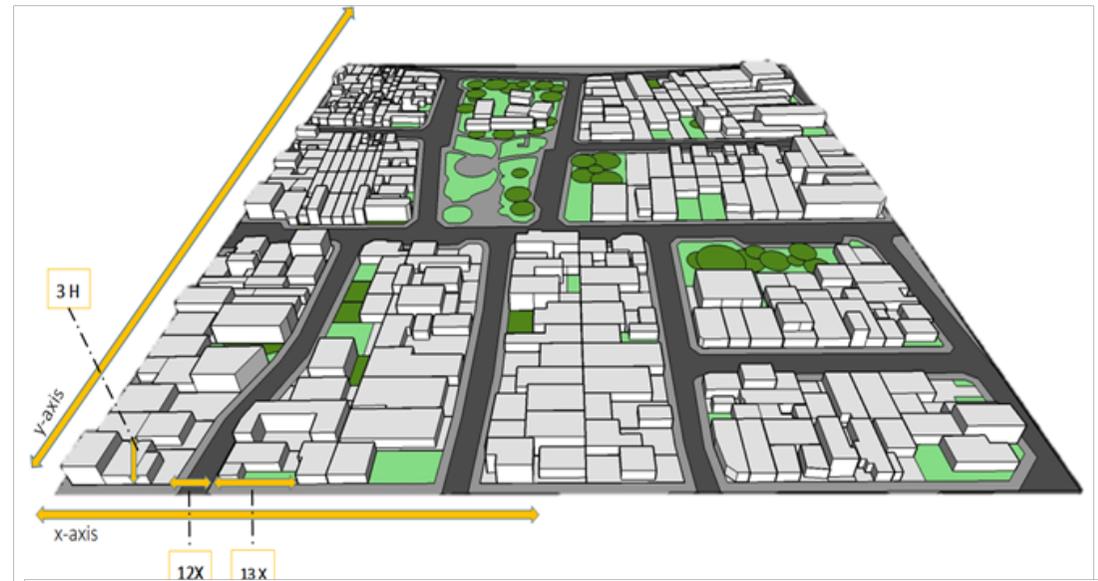
### Definição do recorte urbano



Ortofoto da Vila Telebrasília (2013) com recorte urbano selecionado. Fonte: Codeplan.

**Delimitação:** Recorte alinhado com Avenida das Nações, abrangendo a porção oeste da vila, com a Praça da Resistência ao centro.

**Justificativa:** O recorte foi alinhado à Avenida das Nações porque esta via é o elemento de referência que ordenou em certa medida a disposição da malha urbana da Vila Telebrasília. A pequena dimensão da Vila faz com que o recorte abranja praticamente a metade da área do setor. Optou-se pela porção oeste em função do simbolismo da Praça da Resistência.



- VIA
- CALÇADAS
- EDIFICAÇÃO
- VEGETAÇÃO: GRAMA
- VEGETAÇÃO: ÁRVORES

NORTE  
↑

Figura 4.37 – LCZ caracterizada na área da Vila Telebrasília



## Discussões

O monitoramento do clima da cidade possui uma grande importância para a construção de propostas para adaptação e mitigação dos impactos negativos associados aos fenômenos climáticos como as ilhas de calor urbanas.

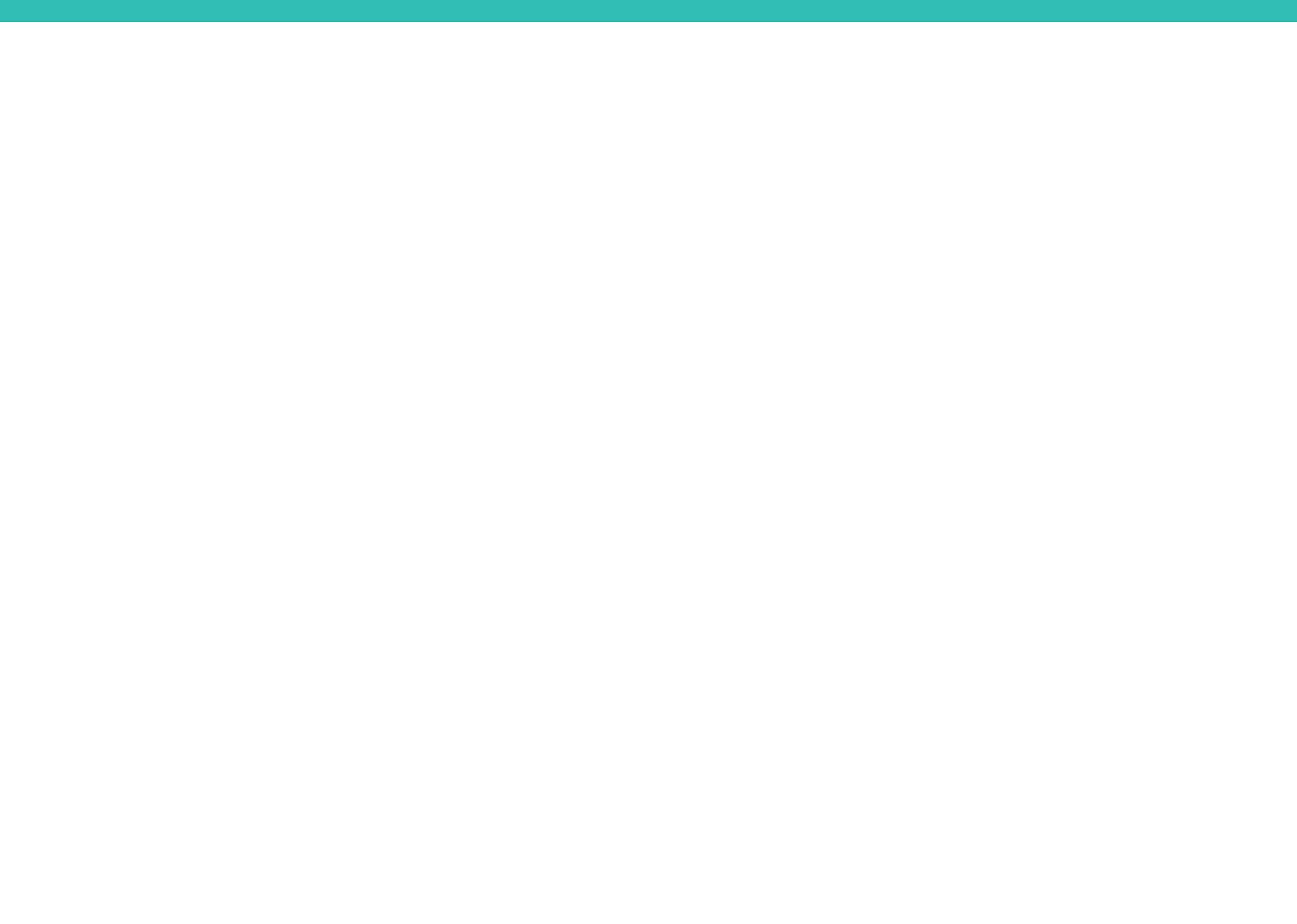
Os métodos apresentados para monitoramento e identificação de ICU foram aplicados para o estudo do campo térmico de Brasília no período quente-seco, que fornece condições climáticas intensificadoras de ilhas de calor: dias de calmaria e céu claro.

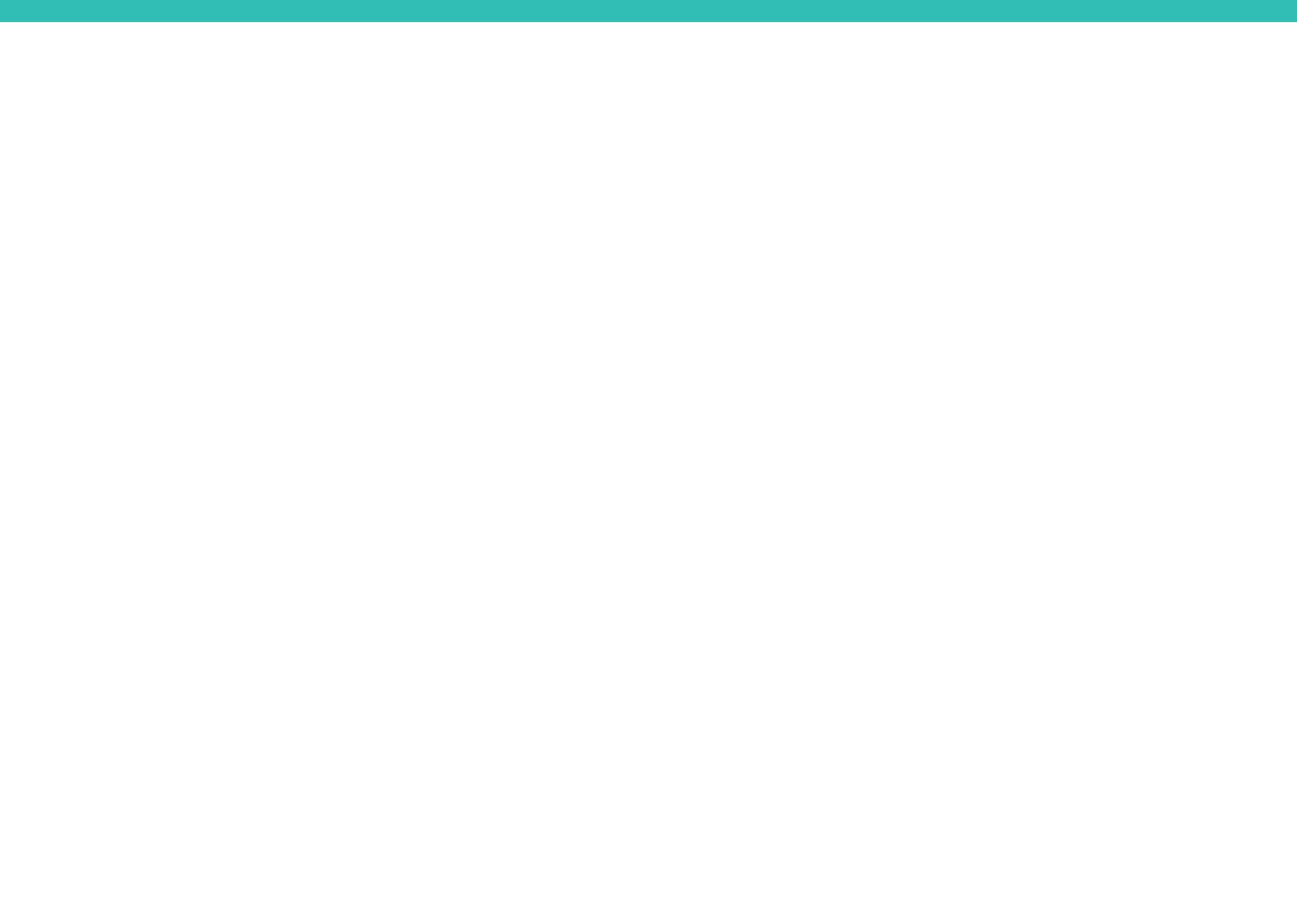
Os resultados de todos os métodos demonstraram coerência indicando a influência dos materiais urbanos, morfologia e da vegetação nas alterações do clima local. Alguns como fatores potenciais de aquecimento ou como moderadores da temperatura do ar e da umidade relativa do ar como a presença de vegetação e os corpos d'água.

Com ênfase na consolidação de políticas urbanas, o papel dos espaços públicos precisa ser planejado visando também a mitigação e adaptação às alterações climáticas urbanas para incorporação de ações de sustentabilidade e qualidade de vida para os habitantes.

## Referências

- GEORGAKIS, C., M. SANTAMOURIS, and G. Kaisarlis. The Vertical Stratification of Air Temperature in the Center of Athens. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, 49, 1219-1232, 2010. Disponível online em: <https://doi.org/10.1175/2010JAMC2290.1>
- JENSEN, John R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres. Tradução português 2 Ed. Parêntese Editora. São José dos Campos SP, 2009, 598p.
- MARTÍN-VIDE J, SARRICOLEA P. and MORENO-GARCÍA MC. On the definition of urban heat island intensity: the “rural” reference. *Front. Earth Sci.* 3:24, 2015. Disponível online em: [doi:10389/feart.2015.00024](https://doi.org/10.1038/feart.2015.00024)
- OKE, T. R. Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. Geneva: IOM Report No.81, WMO/TD. No. 1250, 2006.
- OKE, T. R. Urban Observations, instruments and methods of observations programme, IOM Report. World Meteorological Organization. Geneva, 2004.
- OLIVEIRA, Marcell Terra e Ganem, Khalil Ali. Análise Sazonal da Relação entre sequestro florestal de carbono e ilhas de calor urbanas nas metrópoles de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Brasília. Trabalho de Conclusão de Curso de Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. Brasília, dezembro de 2014.
- ROMERO, Marta Bustos. Arquitetura do lugar: Uma visão bioclimática da sustentabilidade. Editora: São Paulo: Nova Técnica editorial, 2011.
- ROMERO, Marta Bustos. Arquitetura Bioclimática do Espaço Público. Brasília: Editora UNB, 2001.
- STEWART, I.; OKE, T. Local climate zones for urban temperature studies. *American Meteorological Society*, v.93, p. 1879-1900, 2012.
- USGS. U.S. Geological Survey (USGS). Landsat 8 (L8) data users handbook. Vr. 2.0, 2016. Disponível em: <https://landsat.usgs.gov/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf>. Acesso em 18 de junho de 2016.
- VIANNA, Elen O. O campo térmico urbano: ilhas de calor em Brasília – DF. Tese de Doutorado pelo Programa de Pós Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, em junho de 2018. 267pg.





## CONSIDERAÇÕES FINAIS



## Considerações Finais

A realização de estudos focados nos problemas enfrentados nas cidades, assim como na forma como se dá o processo de urbanização e na capacidade de resolução dos conflitos urbanos que constitui o Distrito Federal propicia o preenchimento de lacunas científicas muito relevantes ao campo dos estudos voltados à resiliência climática. A iniciativa de pesquisar o fenômeno de ilha de calor no Distrito Federal não é recente, como fica demonstrado nos escritos e pesquisas do segundo capítulo, envolve também inúmeras técnicas e métodos especialmente tratados nos primeiros dois capítulos que trabalham o fenômeno das ilhas de calor urbanas, conceitos gerais para arquitetos e urbanistas e de investigações dos fenômenos urbanos.

A maior parte da população do Distrito Federal se estabeleceu fora do Plano Piloto, em condomínios horizontais fechados, cercados com guaritas. Consequentemente, fragmentou-se a estrutura urbana, pois foram constituídos espaços fechados, murados e sem conexão com seu entorno imediato, e descaracterizou-se a paisagem ao alimentar as estreitas vias que os comunicam com o sistema viário urbano. As cidades satélites de Brasília foram consideradas, no início do Distrito Federal, manchas isoladas e pontuadas no território. Na época, esse “modelo” polinucleado parecia o mais adequado para a preservação ambiental do Lago Paranoá e do Cerrado, conceito bastante refletido no capítulo três. Mas hoje verifica-se a conturbação entre as cidades, e o preenchimento dos vazios urbanos com novas construções. Portanto, a benéfica solução ambiental dos núcleos múltiplos é praticamente inexistente hoje.

O adensamento urbano decorrente das ocupações irregulares e até mesmo dos núcleos planejados hoje em dia saturam o trânsito. A falta de planejamento urbano e de uma política de trânsito e transportes para a capital agrava os problemas de mobilidade urbana. O modelo centro periferia é dominante e o modelo existente, de cidades dormitórios, com alta concentração de emprego na área tombada produz um forte crescimento veicular dada a baixa qualidade do serviço de transporte coletivo fornecido na cidade.

Efeitos adversos gerados pelo aumento veicular, podem ser citados dois que impactam fortemente a população: elevação da quantidade de poluentes no ar e elevação da temperatura, ambos em função da emissão de gases aquecidos pelos veículos, mostrados e discutidos no panorama das ilhas de calor do quarto capítulo.

Em Brasília, tal como no resto do país, a tendência da organização sócio-econômica refletir-se no espaço é confirmada pelas diferenças existentes entre as Regiões Administrativas e seu centro. A parte central de Brasília, o Plano Piloto, concentra as melhores habitações, serviços, ofertas de trabalho, infraestrutura, opções de lazer e serviços de

saúde e educação.

Na visão de Lucio Costa, Brasília deveria permanecer uma cidade eminentemente político-administrativa, não sendo interessante sua transformação em uma grande metrópole, pois, nesse caso, haveria o risco de desvirtuar essa primeira função. Os novos bairros deveriam formar uma unidade com o conjunto existente, ratificando o caráter de “cidade parque”, por ele caracterizada como “derramada e concisa”, o que seria um diferenciador entre Brasília e das demais metrópoles brasileiras. Lucio Costa tenta assegurar no documento Brasília Revisitada, “o que se pretende preservar”, verificando em quais áreas convém à ocupação residencial dentro da Bacia do Lago Paranoá e próximas ao Plano Piloto.

No DF há um intenso processo de migração pendular, caracterizado pela movimentação diária de milhares de pessoas para o centro econômico do DF, pressionando os equipamentos urbanos da cidade, aumentando o desemprego e a violência. As vezes os megaeventos como a Copa de 2014 e os compromissos das cidades-sede pressupõem obras de infraestrutura, como a construção ou reforma de aeroportos, estádios e instalações esportivas, o que implica um novo ciclo de construção e valorização do solo urbano na cidade-sede. Em Brasília, no entanto, as pressões ambientais nesses ciclos são maiores. Tomemos como exemplo as formas de deslocamento da fração sudoeste do DF, e o que aconteceu com os corredores de ônibus, na Estrada Parque Taguatinga – EPTG com todos os eixos rodoviários de 4 e 6 pistas sendo alargados para 10 a 12 pistas. Isso significa, minimamente, uma perda de 800 mil m<sup>2</sup> de área verde. O alargamento destruiu a vegetação lateral ao longo dos 12,7 km, aterrou as nascentes e parte dos córregos do parque ecológico do Guará, a impermeabilização causa as enchentes em Vicente Pires e na parte baixa do Park Way, de modo semelhante ao alagamento da W-3 Norte pela impermeabilização do Bairro Noroeste.

Verificamos pelos pesquisas que a população que mora em áreas com pouca vegetação não se beneficia da melhora no microclima que a vegetação é capaz de produzir. A escassez de vegetação é um fator de diferenciação entre as Regiões Administrativas, que infelizmente afeta de forma negativa as condições de vida em áreas periféricas. Para as classes desfavorecidas socioeconomicamente, somente restam as periferias de ambientes pobres e deteriorados. Fora do Plano Piloto e da Região Administrativa 1 - RA 1, nota-se a carência de áreas verdes, seja na fase de elaboração do plano urbanístico, de implantação ou em outro momento da fixação da população urbana. É possível verificar que a cidade perdeu vegetação saindo do Plano Piloto indo em direção à Taguatinga, Ceilândia e Samambaia, passando pelo Guará, Vicente Pires e Águas Claras. Também é possível identificar um vetor de crescimento em direção ao Gama e à Santa Maria com acréscimo de áreas não vegetadas. As «áreas verdes» podem ser espaços apenas gramados, sem

atividade fotossintética significativa, porém a existência dessas áreas possibilita que em algum momento haja vegetação no local. Quando não há previsão dessas «áreas verdes» a existência futura de vegetação está comprometida, pois não há onde inserir vegetação se o solo está construído ou pavimentado. Fato extremamente preocupante dado que uma das consequências geradas pelo processo de ocupação e desenvolvimento nas metrópoles é o fenômeno da ilha de calor urbana, que se verifica justamente nas regiões com solo exposto. Nesses lugares, quantidades de ar quente se fazem presentes em maior concentração, assim como no centro das cidades. E são essas condições que dificultam a evaporação e reduzem o poder de dispersão dos poluentes atmosféricos gerados trazendo complicações para uma boa ocupação.

O rápido e espetacular processo de urbanização brasileira, que combinou determinantes da expansão capitalista externa com favoráveis condições internas, constitui um movimento avassalador do ponto de vista social, cultural e ambiental. Pensar e trabalhar ambientalmente supõe a construção, desenvolvimento e aplicação de uma nova racionalidade, de toda uma revisão da teoria e a práxis social para compreender a origem, as manifestações e as implicações da dinâmica social de todas as inter-relações e interações permanentes e indissolúveis entre o meio humano, o meio natural e o meio construído. Essas formas de pensamento e trabalho são essenciais neste momento, quando poderiam estar associadas às novas categorias da mobilidade, e do desenvolvimento de novas centralidades.

Marta Romero

Mai 2019





# CURRÍCULO DOS AUTORES



## Sobre os Autores

### Marta Adriana Bustos Romero

Graduação pela Universidad de Chile e pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas (1978), Especialização em Arquitetura na Escola de Engenharia, USP de São Carlos (1980). Mestrado em Planejamento Urbano pela Universidade de Brasília (1985) e Doutorado em Arquitetura - Universitat Politecnica de Catalunya (1993), Pós Doutorado em Landscape Architecture na PSU (2001). Atualmente é professora Titular da Universidade de Brasília. Coordenou a implantação do Departamento de Tecnologia (1987) e do atual curso de Mestrado (1994) e do Programa de Doutorado na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo na Universidade de Brasília (2002). Chefe de Departamento de tecnologia 1987/88-1989/90 e coordenadora do PPGFAU em 1994. Coordenadora do primeiro Escritório Modelo - CASAS criado para elaboração de projetos de inserção social dos alunos da FAUUNB (2002). Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, atuando principalmente nos seguintes campos: tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo, sustentabilidade, urbanismo sustentável, bioclimatismo, desenho urbano, espaço público, e arquitetura e clima. Nesses campos, publicou e organizou os seguintes livros e coletâneas: Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano (1988, 6a ed. 2016); Arquitetura Bioclimática do Espaço Público (2001, 4a ed. 2015); Indicadores de Sustentabilidade Urbana (2007); Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística (2009, 2a ed. 2015); Tecnologia e Sustentabilidade para a Humanização dos Edifícios de Saúde (2011); Arquitetura do Lugar. Uma visão bioclimática da Sustentabilidade em Brasília (2011); Reabilitar o Urbano (2012); Revista Paranoá nº6. (2012); Anais do Congresso PLURIS2012 (2012; com V. Pazos); Universidade nos Quatro Cantos. Planos Diretores Urbanísticos dos Campi da Universidade de Brasília (2012; com C. Silva e V. Pazos); Tecnologia e Sustentabilidade para a Humanização dos Edifícios de Saúde. 2. ed. Brasília: FAU, UNB (2016; com G. Sales e E. Teixeira). Líder do Grupo de Pesquisa A Sustentabilidade em Arquitetura e Urbanismo. Principal pesquisadora do Laboratório de Sustentabilidade Aplicada a Arquitetura e ao Urbanismo – LaSUS o qual iniciou em 2007. Coordena Curso de Especialização à Distância, Lato Sensu “Reabilita - Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística”, hoje na sua 9ª edição. Coordenadora brasileira do Consórcio de Cooperação Bilateral USA/Brasil - USBUFC, Capes/Fipse 2002 – 2006 e 2008-2012. Foi coordenadora da pesquisa em parceria com a Coordenação do Sangue do Ministério da Saúde para a reabilitação ambiental de edifícios da Hemorrede do Brasil. Coordenou a elaboração dos Projetos Diretores Urbanísticos para os Campi Gama e Ceilândia da UNB.

### **Gustavo Macedo de Mello Baptista**

Professor Associado I do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. Coordenador do Pólo UnB do Mestrado Profissional em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais - ProfCiamb (2018-atual). Ex-coordenador do Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas e Geodinâmica (2016-2018) e ex-Diretor do Centro de Estudos Avançados Multidisciplinares CEAM/UnB (2014-2016). Possui graduação em Bacharelado em Geografia pela Universidade de Brasília (1994), graduação em Licenciatura em Estudos Sociais - Habilitação Geografia pela União Pioneira de Integração Social Faculdades Integradas (2009), especialização em Inteligência de Futuro: Prospectiva, Estratégia e Políticas Públicas pela Universidade de Brasília (2015), mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (1997) e doutorado em Geologia pela Universidade de Brasília (2001). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto e em Avaliação Ambiental e Urbana. Pesquisador do Núcleo Brasília do INTC Observatório das Metrôpoles.

### **Eronдина Azevedo de Lima**

Licenciada em Física (UFMT), doutora em Física Ambiental (2015). Atualmente é professora adjunta na Universidade de Brasília (UNB)/Brasil. Coordenadora da Licenciatura em Física e coordenadora das Olimpíadas de Física em Brasília-OBf. As áreas de atuação: Modelagem, Ciências Ambientais e Ensino de Física. Tem publicado artigos em periódicos especializados, livros, capítulos de livro e trabalhos, desenvolveu projetos de pesquisa e extensão voltados a áreas de ensino, física experimental e clima urbano. É revisora de periódicos nas áreas: Clima Urbano, Ensino de Física e Climatologia.

### **Elen Oliveira Vianna**

Graduação em Arquitetura e Urbanismo (1997) e Especialização em Planejamento Urbano e Ambiental (1999) pela Universidade Católica de Goiás. Mestrado (2010) e Doutorado (2018) em Ambiente, Tecnologia e Sustentabilidade, pelo Programa de Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. MBA em Construções Sustentáveis pela Universidade Cidade de São Paulo (2016). Atualmente é professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins. Tem experiência na área de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo, com ênfase nas questões ambientais, que envolvem o clima urbano, as ilhas de calor, suas relações com as temperaturas de superfícies e a morfologia urbana. Orienta pesquisas em Projeto Assistido por Computador e Construção de Edifícios envolvendo a aplicação da tecnologia BIM. Atua em Consultorias de Projetos e Construções Sustentáveis, com enfoque no Desempenho dos Edifício.

**Daniela Rocha Werneck**

Arquiteta e Urbanista graduada pela Universidade Federal de Viçosa (2007) e possui mestrado pela Universidade de Brasília (2018). Atualmente é doutoranda do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília na linha de pesquisa sustentabilidade, qualidade e eficiência do ambiente Construído. Desenvolve pesquisas no Laboratório de Sustentabilidade Aplicada à Arquitetura e ao Urbanismo (LaSUS) com foco em bioclimatismo e clima urbano.

**Gustavo de Luna Sales**

Arquiteto formado na Universidade Federal do Pará (UFPA). Doutorado com foco em ventilação natural, qualidade do ar e conforto térmico no projeto arquitetônico pelo PPG/FAU/UnB. Professor adjunto da FAU/UnB, vinculado ao Departamento de Tecnologia. Desenvolve pesquisas no Laboratório de Sustentabilidade Aplicada à Arquitetura e Urbanismo (LaSUS) e no grupo de pesquisa SiCAC - Simulação Computacional do Ambiente Construído. Possui como focos de pesquisa: ventilação natural para o conforto térmico passivo e a qualidade do ar no espaço construído; aplicação da fluidodinâmica computacional na arquitetura e no urbanismo.





Esta obra apresenta textos didáticos e resultados das pesquisas acerca da formação de ilhas de calor urbanas e os métodos de medição escritos por professores e pesquisadores do Laboratório de Sustentabilidade aplicada à Arquitetura e ao Urbanismo. Foram encontrados dados contrastantes nas temperaturas das superfícies urbanas do Plano Piloto e cidades do Distrito Federal. Existe um perfil claro das temperaturas mais altas do solo exposto e a necessidade de implementar medidas e estratégias de adaptação para enfrentar as mudanças climáticas no cenário urbanizado do Distrito Federal.

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-67405-25-4



9 788567 405254

