



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO URBANO

Artur Paulo Schimbergui Sandes de Melo

Avaliação de parâmetros urbanísticos, à luz dos princípios do urbanismo bioclimático:
um caso recifense

Recife
2020

Artur Paulo Schimbergui Sandes de Melo

Avaliação de parâmetros urbanísticos, à luz dos princípios do urbanismo bioclimático:
um caso recifense

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento Urbano.

Área de Concentração:
Desenvolvimento Urbano.

Orientador:
Professor Doutor Ruskin Fernandes Marinho de Freitas.

Coorientadora:
Professora Doutora Jaucele de Fátima Ferreira Alves de Azerêdo.

Recife
2020

Catálogo na fonte
Bibliotecária Jéssica Pereira de Oliveira – CRB-4/2223

M528a Melo, Artur Paulo Schimbergui Sandes de
Avaliação de parâmetros urbanísticos, à luz dos princípios do urbanismo
bioclimático: um caso recifense / Artur Paulo Schimbergui Sandes de Melo.
– Recife, 2020.
164p.: il.

Orientador: Ruskin Fernandes Marinho de Freitas.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro
de Artes e Comunicação. Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento Urbano, 2020.

Inclui referências.

1. Forma urbana. 2. Parâmetros urbanísticos. 3. Urbanismo
bioclimático. 4. Desempenho climático. I. Freitas, Ruskin Fernandes
Marinho de (Orientador). II. Título.

711.4 CDD (22. ed.)

UFPE (CAC 2021-143)

Artur Paulo Schimbergui Sandes de Melo

**Avaliação de parâmetros urbanísticos, à luz dos princípios do urbanismo bioclimático:
um caso recifense**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Desenvolvimento Urbano.

Aprovada em: 27/11/2020.

BANCA EXAMINADORA

Professor Doutor Ruskin Fernandes Marinho de Freitas (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco

Professora Doutora Jaucele de Fátima Ferreira Alves de Azerêdo (Coorientadora)

Universidade Federal de Pernambuco

Professora Doutora Norma Lacerda Gonçalves (Examinadora Interna)

Universidade Federal de Pernambuco

Professora Doutora Simone Carnaúba Torres (Examinadora Externa)

Universidade Federal de Alagoas

AGRADECIMENTOS

Finalizar um ciclo não é das tarefas mais fáceis, principalmente, quando se trata de uma história que teve início há quase 10 anos, fruto de um desejo antigo, esboçado ainda na graduação. Ao longo desse tempo, muitos foram os que contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal, acadêmico e profissional – pessoas importantes nos momentos de felicidade e essenciais nos momentos de dificuldade. A escolha de abraçar a vida acadêmica e, bem mais do que tornar-se, ser mestre, é um ato de luta que demanda amor, entrega e dedicação. Amor ao que se faz. Entrega, do corpo e da alma. Dedicação àqueles que precisam do bem existente mais precioso, o conhecimento. Àqueles que tive o prazer de conhecer durante esse caminho, partilhando de risadas e de noites adentro, seja pela diversão de encontros casuais ou pela construção de um novo projeto, que dividiram comigo as mais diversas reflexões e que me ofertaram palavras de incentivo, auxiliando no meu processo de formação, contribuindo, direta ou indiretamente, para a construção dessa pesquisa, meus sinceros agradecimentos. Em especial:

A um Ser Supremo, representante máximo de amor, de compreensão e de capacitação. A um Ser que não julga e que não oprime, mas que abraça, cuida e alivia dores e angústias, das mais diversas escolhas, dos mais variados caminhos. Obrigado por ter me escutado e qualificado; por ter me oferecido repouso nos momentos de cansaço – que não foram poucos; por ter me cercado de pessoas dispostas a me ajudar; por me fazer confiar.

À minha família pelo inquestionável acompanhamento, compreensão, suporte e amor. Aos meus pais, que abdicaram de si, por mim, em tantos momentos. Que sempre me impulsionaram a acreditar nos meus sonhos, incentivando-me a lutar para torná-los realidade. Os meus pais são o meu maior exemplo de força e de superação. A minha conquista é, antes, de vocês, a quem ofereço toda a minha devoção.

A Ruskin Freitas e Jaucele Azerêdo. Não há palavras que sejam suficientemente capazes de expressar a admiração que tenho por vocês. Mais do que professores e orientadores, amigos. Obrigado por compartilharem tanto comigo: orientações, correções, exigências e incentivos. Ao longo de toda a nossa relação, mais precisamente, um terço da minha vida, aprendi e amadureci, desconstruí para reconstruir – academicamente, profissionalmente e pessoalmente. Agradeço por terem sido pacientes e compreensivos. Essa pesquisa não é minha, mas nossa. É o resultado de um trabalho em equipe, desenvolvido com amor e dedicação.

À minha companheira Marília Ribeiro, com quem partilho a vida. Obrigado por ter me auxiliado, compreendido e incentivado nos momentos em que mais necessitei. Por ter sido a minha racionalidade, quando apenas fui sentimento. Pela paciência e apoio incondicional. A sua importância no fechamento desse ciclo é inquestionável. Que compartilhem diversos outros.

Aos meus companheiros de curso, alunos e professores, pela constante troca de conhecimentos. Um agradecimento mais do que especial a Itallo Marques de Santana, por todos os momentos que compartilhamos, e às professoras Norma Lacerda, Simone Torres e Jaucele Azerêdo, pela participação na banca de defesa do projeto de dissertação e pelas importantes contribuições à minha pesquisa.

A Warton Matheus, amigo de longa data, geograficamente distante, por quem nutro um sentimento inestimável. Símbolo de inspiração, de admiração e de respeito. Das pessoas responsáveis pelas minhas conquistas, você figura entre as principais.

A Marcus Arthur, amigo e companheiro. Sempre disposto a me ajudar.

Ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Urbano – MDU, em nome dos funcionários. Em especial, a Renatinha, sempre solícita e inquestionavelmente eficiente.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de mestrado.

À equipe de pesquisa do Laboratório de Conforto Ambiental – Lacam/DAU/UFPE, e alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPE, sem os quais teria sido inviabilizada a pesquisa de campo: Alan Santos, Carolina Lins, Danielly Pimenta, Júlia Medeiros, Lara Viana, Letícia Gomes, Luciana Nelson, Matheus Novaes, Renato e Thatianne Ferreira.

RESUMO

O atual processo de urbanização tem interferido no ambiente natural, negativamente, gerando significativos problemas de ordem ambiental. Dentre esses problemas, os impactos no clima, através de alterações das variáveis climáticas, têm modificado a vida cotidiana nas cidades, interferindo no equilíbrio do meio e sobre o conforto e a salubridade das populações urbanas. A forma urbana é um dos aspectos que pode ser planejada para evitar os impactos negativos da urbanização. Os parâmetros urbanísticos contidos na Lei do Uso e da Ocupação do Solo de Recife são alguns dos principais fatores de alteração do ambiente, auxiliando a produção de novas formas urbanas. Em clima tropical litorâneo quente e úmido, as principais estratégias no sentido de promover o conforto ambiental são a ventilação e o sombreamento. Tais estratégias podem ser alcançadas a partir de soluções urbanísticas, a exemplo de afastamentos entre as edificações, a promoção de arborização urbana e de permeabilidade do solo. Apresenta-se a hipótese geral de que parâmetros urbanísticos que considerem os princípios do urbanismo bioclimático promovem espaços adequados às características físicas e ambientais locais e contribuem para um satisfatório desempenho climático, em recintos urbanos. O objetivo geral visou avaliar a contribuição dos parâmetros urbanísticos existentes na Lei dos 12 Bairros, para a qualidade climática, de recintos urbanos, na cidade do Recife. Utilizou-se o método hipotético-dedutivo, através de: pesquisa bibliográfica e documental, observações, tomadas de fotografias e medições microclimáticas. O resultado das medições microclimáticas (temperatura do ar, umidade relativa do ar e direção e velocidade dos ventos), realizadas em setembro e em dezembro de 2019, e no início de janeiro de 2020, nos bairros do Poço da Panela, Casa Forte, Casa Amarela, Tamarineira e Rosarinho, revelou que os maiores valores médios de temperatura do ar (31,2°C e 31,1°C) e os menores valores médios de umidade relativa do ar (62,0% e 63,8%), foram observados próximos a vias com grande fluxo de veículos (Av. 17 de Agosto, em Casa Forte, e Av. Norte, no Rosarinho), em áreas com maior quantidade de solo impermeável, baixa densidade de vegetação e menor quantidade de solo natural. O menor valor médio de temperatura do ar (27,6°C) e o maior valor médio de umidade relativa do ar (69,2%), foi observado às margens do rio Capibaribe, no Poço da Panela, em área com maior presença de vegetação, velocidade dos ventos, alternância de altura das edificações e gabaritos instituídos em razão da largura da via. O maior acúmulo de calor registrado em relação à Estação Automática de Referência – Inmet ocorreu em setembro de 2019, igual a 3,3°C. Quanto à ventilação, os maiores valores médios de velocidade dos ventos e direção constante, foram observados nas áreas com alternância de altura das edificações, em razão da largura da via, e

maior afastamento entre as construções. A pesquisa realizada em Recife comprovou que o respeito às características físicas e ambientais, a diversidade de altura das edificações em relação à largura da rua e a definição de maiores percentuais de solo natural para as construções produziram influências positivas sobre os elementos climático-ambientais.

Palavras-chave: Forma urbana. Parâmetros urbanísticos. Urbanismo bioclimático. Desempenho climático.

ABSTRACT

The current urbanization process has negatively interfered with the natural environment, generating significant environmental problems. Among these problems, impacts on the climate, through changes in climatic variables, have changed everyday life in cities, interfering in the balance of the environment and on the comfort and healthiness of urban populations. The urban form is one of the aspects that can be planned to avoid the negative impacts of urbanization. The urban parameters contained in the Land Use and Occupation Law in Recife are some of the main factors in altering the environment, helping to produce new urban forms. In a hot and humid tropical coastal climate, the main strategies to promote environmental comfort are ventilation and shading. Such strategies can be achieved through urban solutions, such as distances between buildings, the promotion of urban afforestation and soil permeability. The general hypothesis is presented that urban parameters that consider the principles of bioclimatic urbanism promote spaces adequate to the local physical and environmental characteristics and contribute to a satisfactory climatic performance, in urban areas. The general objective was to evaluate the contribution of the existing urban parameters in the Law of the 12 Neighborhoods, to the climatic quality, of urban areas, in the city of Recife. The hypothetical-deductive method was used, through: bibliographic and documentary research, observations, photographs taken and microclimatic measurements. The result of microclimate measurements (air temperature, relative humidity and wind speed and direction), carried out in September and December 2019, and in early January 2020, in the neighborhoods of Poço da Panela, Casa Forte, Casa Amarela, Tamarineira and Rosarinho, revealed that the highest average values of air temperature (31.2°C and 31.1°C) and the lowest average values of relative air humidity (62.0% and 63.8%), were observed close roads with a large flow of vehicles (Av. 17 de Agosto, in Casa Forte, and Av. Norte, in Rosarinho), in areas with a greater amount of impermeable soil, low vegetation density and less natural soil. The lowest average value of air temperature (27.6°C) and the highest average value of relative humidity (69.2%), was observed on the banks of the Capibaribe River, in Poço da Panela, in an area with a greater presence of vegetation, speed of the winds, alternation of height of the buildings and templates established due to the width of the road. The largest accumulation of heat recorded in relation to the Automatic Reference Station - Inmet occurred in September 2019, equal to 3.3°C. As for ventilation, the highest mean values of wind speed and constant direction were observed in areas with alternating height of buildings, due to the width of the road, and greater distance between buildings. The research carried out in Recife showed that respect for physical and environmental characteristics, the

diversity of height of buildings in relation to the width of the street and the definition of higher percentages of natural soil for buildings produced positive influences on the climatic-environmental elements.

Keywords: Urban form. Urban parameters. Bioclimatic urbanism. Climatic performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	A adequação às características físico-ambientais de cada local gera distintas formas de cidades. (a) Granada, Espanha; (b) Paris, França; (c) Florença, Itália.....	21
Figura 2 -	Bairro de Boa Viagem, em Recife-PE.....	23
Figura 3 -	Desenho do problema de pesquisa.....	26
Figura 4 -	Escalas climáticas, em Barcelona, Espanha: macroclima, mesoclima e microclima	33
Figura 5 -	Diferentes tipos de ocupação de uma mesma quadra, mantendo-se uma densidade semelhante.....	39
Figura 6 -	Albedo das superfícies	40
Figura 7 -	A influência de construções no fluxo de ar e na dispersão da poluição ...	41
Figura 8 -	A influência de formas urbanas no regime de fluxo dos ventos. (a) fluxo com rugosidade isolada; (b) fluxo com interferência de esteira; (c) fluxo turbulento	42
Figura 9 -	Estratégias para incrementar a circulação dos ventos na estrutura urbana	42
Figura 10 -	Alterações do ciclo hidrológico de acordo com o nível de urbanização ..	44
Figura 11 -	Trocas térmicas	48
Figura 12 -	Diagrama Bioclimático de Olgyay	50
Figura 13 -	Carta bioclimática de Givoni adaptada ao Brasil e estratégias correspondentes à cada zona.....	51
Figura 14 -	Formas urbanas distintas, em Recife-PE. (a) Atividades antrópicas, na Boa Vista. Os materiais emitem calor e a forma conserva o calor emitido; (b) Efeitos da vegetação, em Casa Forte. O metabolismo absorve calor e a forma dispersa o calor emitido.....	52
Figura 15 -	Edificações em Recife-PE	54
Figura 16 -	Esquema de Taxa de Solo Natural, Coeficiente de Utilização (μ) e Afastamentos (A_f).....	56
Figura 17 -	RD Metropolitana do Estado de Pernambuco.....	58
Figura 18 -	(a) Parque dos Manguezais - Unidade de Conservação da Natureza (UCN), em Boa Viagem, Recife-PE; (b) Espaço natural sob domínio privado, na Várzea, Recife-PE.....	59
Figura 19 -	Relevo e hidrografia metropolitana	60

Figura 20 -	Comparativo das áreas aterradas, em Recife-PE	61
Figura 21 -	(a) Alagamentos na Av. Caxangá, em Recife-PE; (b) Deslizamento em Dois Unidos, em Recife-PE	62
Figura 22 -	Edificações em Recife-PE	64
Figura 23 -	Engenho de açúcar. Reprodução de pintura de Frans Post, século XVII .	65
Figura 24 -	Sobrados na Rua dos Judeus, atual Rua do Bom Jesus, em Recife-PE....	66
Figura 25 -	Planta do Recife de 1932	69
Figura 26 -	Planta do Recife de 1951	70
Figura 27 -	Edifício Acaiaca, construído no ano de 1957, em Boa Viagem/PE. Marca temporal da transição das casas residenciais para os prédios de apartamentos	71
Figura 28 -	Planta da cidade do Recife, segundo zoneamento de 1919	74
Figura 29 -	Avenida Guararapes, na década de 1950, em Recife-PE.....	75
Figura 30 -	Planta da cidade do Recife, segundo zoneamento de 1936	76
Figura 31 -	Ilustração de construção regulada pelas características geométricas da rua	77
Figura 32 -	Planta da cidade do Recife, segundo zoneamento de 1961	79
Figura 33 -	Ilustração a partir do Código de Urbanismo e Obras, de 1961	80
Figura 34 -	Construção contemporânea com os primeiros pavimentos utilizados como garagem. Reflexo das influências exercidas por antigas legislações urbanísticas	84
Figura 35 -	Zoneamento proposto na Lei Nº 16.176, de 1996	85
Figura 36 -	Tipos arquitetônicos contrastantes, em Recife-PE. (a) Edificação eclética, da primeira metade do séc. XX; (b) Edificação moderna, da segunda metade do séc. XX. Ao fundo, edificações contemporâneas, viabilizadas pela Lei de Uso e Ocupação do Solo Nº 16.176, de 1996	87
Figura 37 -	Panfleto de autoria de Cavani Rosas, incitando a população residente no Poço da Panela e adjacências a se posicionar frente às iminentes transformações físicas e ambientais.....	89
Figura 38 -	Microrregião 3.1, os 12 bairros e os 3 setores da Área de Reestruturação Urbana (ARU).....	90
Figura 39 -	Simulações com a aplicação de diferentes parâmetros urbanísticos.....	97
Figura 40 -	Delimitação da cidade do Recife e localização dos pontos de medição das variáveis ambientais.....	99

Figura 41 -	Trajeto desenvolvido para a realização das medições	100
Figura 42 -	Medição das variáveis climáticas, em Recife-PE	102
Figura 43 -	O rio Capibaribe visto do bairro do Poço da Panela, em Recife-PE	104
Figura 44 -	(a) Localização dos pontos de medição, no Poço da Panela, Recife-PE; (b) vista aérea do bairro	106
Figura 45 -	Localização e entorno do ponto “A” de medição, no Poço da Panela, Recife-PE	106
Figura 46 -	Localização e entorno do ponto “B” de medição, no Poço da Panela, Recife-PE	107
Figura 47 -	(a) Localização dos pontos de medição, em Casa Forte, Recife-PE; (b) vista aérea do bairro	108
Figura 48 -	Localização e entorno do ponto “C” de medição, em Casa Forte, Recife- PE	109
Figura 49 -	Localização e entorno do ponto “D” de medição, em Casa Forte, Recife- PE	110
Figura 50 -	Localização dos pontos de medição, em Casa Amarela, Recife-PE. Vistas aéreas do bairro	111
Figura 51 -	Localização e entorno do ponto “E” de medição, em Casa Amarela, Recife-PE	112
Figura 52 -	Localização e entorno do ponto “F” de medição, em Casa Amarela, Recife-PE	113
Figura 53 -	(a) Localização dos pontos de medição, na Tamarineira, Recife-PE; (b) vista aérea do bairro	114
Figura 54 -	Localização e entorno do ponto “G” de medição, na Tamarineira, Recife-PE	115
Figura 55 -	Localização e entorno do ponto “H” de medição, na Tamarineira, Recife-PE	116
Figura 56 -	(a) Localização dos pontos de medição, no Rosarinho, Recife-PE; (b) vista aérea do bairro	117
Figura 57 -	Localização e entorno do ponto “I” de medição, no Rosarinho, Recife-PE	118
Figura 58 -	Localização e entorno do ponto “J” de medição, no Rosarinho, Recife-PE	119
Figura 59 -	Ponto “C”	123

Figura 60 -	Ponto “G”.....	124
Figura 61 -	(a) Vista a partir do ponto “G”; (b) Ponto “B”	125
Figura 62 -	Entorno do Ponto “I”	126
Figura 63 -	Espacialização dos elementos climático-ambientais, em Recife-PE - equinócio de primavera de 2019	127
Figura 64 -	Ponto “D”.....	130
Figura 65 -	(a) Ponto “E”; (b) Entorno do ponto “E”	132
Figura 66 -	Espacialização dos elementos climático-ambientais, em Recife-PE – período próximo ao solstício de verão de 2019	133
Figura 67 -	Possibilidades de afastamentos.....	138
Figura 68 -	Representação dos gabaritos básico e máximo.....	139
Figura 69 -	Representação de pavimento vazado como incremento à fluidez dos ventos na estrutura urbana.....	140
Figura 70 -	Representação síntese dos Parâmetros Básicos de Qualificação Am- biental.....	141
Figura 71 -	Modelo de cobograma	143
Figura 72 -	Uso da vegetação na composição de fachada, em São Paulo-SP	144
Figura 73 -	Tipos de vegetação. (a) Vegetação arbórea, em Casa Forte, Recife- PE; (b) Vegetação arbustiva, sobre o Palácio Gustavo Capanema, no Rio de Janeiro-RJ.....	145
Figura 74 -	(a) Representação de permeabilidade visual entre o lote e o passeio pú- blico; (b) Representação de faixa de amenização	147
Figura 75 -	Representação do papel das galerias no conforto ambiental nos espaços de uso público.....	149
Figura 76 -	Representação do Térreo Visitável.....	149
Figura 77 -	Representação de utilização das margens do rio Capibaribe para promoção da vitalidade urbana	150
Figura 78 -	Representação da área de Fruição Pública, direcionada à livre cir- culação de pedestres entre as quadras e áreas públicas.....	151

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Área construída por microrregião, em m ² – Até 1982 e 1983 a 2000.....	91
Gráfico 2 -	Área construída por agrupamento de bairros – 1982-2000-2014	92
Gráfico 3 -	Área construída por conjunto urbano e número de pavimentos – 1982-2000-2014	93
Gráfico 4 -	Médias dos valores dos elementos climático-ambientais temperatura do ar e umidade relativa do ar, em Recife-PE – períodos manhã e tarde – equinócio de primavera de 2019	122
Gráfico 5 -	Médias dos valores dos elementos climático-ambientais temperatura do ar e velocidade do vento, em Recife-PE – períodos manhã e tarde – equinócio de primavera de 2019	122
Gráfico 6 -	Médias dos valores dos elementos climático-ambientais temperatura do ar e umidade relativa do ar, em Recife-PE – períodos manhã e tarde – próximo ao solstício de verão de 2019.....	129
Gráfico 7 -	Médias dos valores dos elementos climático-ambientais temperatura do ar e velocidade do vento, em Recife-PE – períodos manhã e tarde – próximo ao solstício de verão de 2019.....	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Área e densidade construída.....	91
Tabela 2 -	Área construída, em m ² , por conjunto urbano e número de pavimentos...	94
Tabela 3 -	Médias dos valores dos elementos climático-ambientais em Recife-PE – períodos manhã e tarde – equinócio de primavera de 2019.....	121
Tabela 4 -	Médias dos valores dos elementos climático-ambientais em Recife-PE – períodos manhã e tarde – próximo ao solstício de verão de 2019	128

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Síntese norteadora da elaboração da dissertação.....	31
Quadro 2 -	Anexo 2B.....	82
Quadro 3 -	Parâmetros urbanísticos da Lei Nº 16.176/96 (Lei de Uso e Ocupação do Solo do Recife)	86
Quadro 4 -	12 bairros: parâmetros urbanísticos da Lei nº 16.719/2001	95
Quadro 5 -	Síntese das características dos pontos de medição.....	120
Quadro 6 -	Parâmetros de ocupação previstos no Caderno de propostas da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo.....	135
Quadro 7 -	Coeficiente de aproveitamento atual (Lei Nº 16.176/96) x Coeficiente de aproveitamento proposto (Caderno de propostas da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo).....	136
Quadro 8 -	Afastamentos atuais (Lei Nº 16.176/96) x Afastamentos proposto (Caderno de propostas da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo).....	137
Quadro 9 -	Taxa de Solo Natural atual (Lei Nº 16.176/96) x Taxa de Solo Natural proposta (Caderno de propostas da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo)	142

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	PROBLEMATIZAÇÃO	19
1.2	HIPÓTESES	27
1.3	OBJETIVOS	27
1.4	METODOLOGIA	28
2	FORMA, CLIMA E CONFORTO: AS CONTRIBUIÇÕES DO URBANISMO BIOCLIMÁTICO AO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO	32
2.1	CLIMA E CIDADE	32
2.2	FORMA URBANA E CLIMA URBANO	38
2.3	CONFORTO TÉRMICO	45
2.4	PRINCÍPIOS DO URBANISMO BIOCLIMÁTICO APLICADOS AO PROCESSO DE PLANEJAMENTO URBANO.....	53
3	O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO DO RECIFE: HISTÓRIA, CAUSA E EFEITO	58
3.1	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-AMBIENTAL.....	58
3.2	A EVOLUÇÃO DO RECIFE: A HISTÓRIA DA SUA FORMA URBANA.....	65
3.3	A DINÂMICA ESPACIAL DO RECIFE: A CAUSA DA SUA FORMA URBANA.....	73
3.4	A LEI DOS 12 BAIRROS: O EFEITO À FORMA URBANA RECIFENSE	89
4	A ÁREA DE REESTRUTURAÇÃO URBANA: A EFICIÊNCIA DOS PARÂMETROS URBANÍSTICOS PARA A PRODUÇÃO DE ESPAÇOS TERMICAMENTE CONFORTÁVEIS.....	98
4.1	DA IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA AOS PONTOS DE MEDIÇÃO.....	98
4.2	CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO.....	105

4.3	A INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS URBANÍSTICOS SOBRE O CLIMA URBANO.....	121
4.4	AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DE REVISÃO DA LUOS.....	134
5	CONCLUSÃO	152
	REFERÊNCIAS.....	157

1 INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

Percebe-se na atualidade uma intensa urbanização das cidades brasileiras, iniciada em meados do século XX, sob a influência de diversos fatores, tais como a migração rural-urbana e o aumento da industrialização (ABIKO; MORAES, 2009, p. 06), marcada pela constante busca por melhores condições de vida. No entanto, essa urbanização tem sido acompanhada de impactos decorrentes dos padrões de produção e de consumo de um modelo de desenvolvimento urbano ineficiente, que, desassistido por políticas de controle e de ocupação do solo adequadas, interfere negativamente no ambiente natural e gera significativos problemas de ordem ambiental.

A urbanização abriga uma série de dicotomias e, quando intensificada e descontrolada, contribui para uma inversão de valores. Por um lado, o crescimento dos centros urbanos é atraente pelas oportunidades de melhoria da qualidade de vida, pelas opções de contato humano, de cultura e de serviços (FREITAS, 2008, p. 13). Em contrapartida, os impactos negativos relacionados ao processo de urbanização são inúmeros e estão atrelados a diferentes abordagens, como a ocupação de áreas inadequadas, a destruição de recursos ecológicos e a poluição do meio ambiente (TORRES, 2017, p. 01).

Diante dos impactos que o processo de urbanização pode exercer sobre o meio ambiente, evidencia-se que o crescimento das cidades deve ser sempre acompanhado de uma estrutura urbana capaz de proporcionar aos habitantes uma melhor qualidade de vida. Para isso, a ordenação deste crescimento se faz necessária, de modo que os efeitos da expansão urbana sobre o meio ambiente não se tornem prejudiciais aos habitantes.

Com o objetivo de se alcançar o equilíbrio entre as formas de ocupação e a produção do ambiente urbano, Barbirato et al. (2012, p. 02) indicam que a busca por melhores condições que propiciem qualidade de vida aos cidadãos é o grande desafio, o que revela a necessidade de adequações do modelo de desenvolvimento que interfere negativamente no ambiente, a sistemas que valorizem a busca pelo equilíbrio do ecossistema urbano e que controlem os impactos negativos da expansão urbana.

Segundo Odum (1988, p. 09), ecossistema refere-se a qualquer unidade espacial que abranja todos os organismos que funcionam em conjunto, interagindo com o ambiente físico de tal forma que um fluxo de energia produza estruturas claramente definidas e uma ciclagem de materiais entre as partes vivas e não vivas. A cidade é um ambiente no qual ocorre um complexo e ininterrupto sistema de alterações bióticas e abióticas, influenciadas pelas atividades do ser humano (MUCELIN; BELLINI, 2010, p. 19).

O ecossistema urbano, ao realizar trocas de matéria, consumir energia e descartar rejeitos, é associado a um sistema cujos elementos são dependentes de outros componentes de um meio, finito e limitado, em que se está inserido. Diante da rede de inter-relação e interdependência dos seus elementos e processos, medidas de conservação integrada do ambiente devem ser admitidas no processo de crescimento urbano.

Partindo-se do princípio de que, no contexto urbano, as ações humanas são as maiores consumidoras de recursos naturais e que elas geram muitos resíduos, destaca-se a necessidade de se planejar espaços com respeito ao ambiente natural, considerando a dinâmica de inter-relações entre os seus elementos (MARTINS; CÂNDIDO, 2013, p. 01). Nesse sentido, torna-se relevante falar sobre a sustentabilidade no contexto urbano.

O Relatório Brundtland (1991) relaciona o conceito de sustentabilidade a um desenvolvimento capaz de atender às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as futuras gerações atenderem às suas próprias necessidades. De uma maneira mais objetiva, Dovers e Handmer (1992, p. 275) apresentam não uma definição, mas uma abordagem prática e mais realista para a sustentabilidade, ao indicá-la como a capacidade de um sistema humano, natural ou misto, resistir ou adaptar-se às transformações inerentes ao ambiente, por tempo indeterminado, respondendo às necessidades da população de sua época.

Uma vez que se refere a um presente ainda insuficientemente conhecido e a um futuro incerto, o conceito de sustentabilidade é dinâmico e um tanto quanto utópico. Diante de incertezas e possibilidades diversas de abordagem, ou seja, considerando a ausência de um discurso hegemônico, Acselrad (1999) destaca que a noção de sustentabilidade está submetida à lógica das práticas, estabelecida na articulação entre os efeitos desejados e as ações que o discurso pretende tornar realidade objetiva. Para isso, a sustentabilidade deve ser entendida como uma condição essencial à sobrevivência e à permanência da vida na Terra, estabelecida em novas formas de apropriação do espaço (SACHS, 1993; ACSELRAD, 2009).

No âmbito urbano, a sustentabilidade é definida por Farr (2013, p. 28) como aquela com “um bom sistema de transporte público e com a possibilidade de deslocamento a pé integrado com edificações e infraestrutura de alto desempenho”, onde a densidade e o acesso humano à natureza sejam valores centrais do planejamento. Para Romero et al. (2019, p. 43), uma cidade sustentável é o assentamento humano constituído por uma sociedade com consciência de seu papel de agente transformador dos espaços e cuja relação se dá por uma ação sinérgica entre prudência ecológica, eficiência energética e equidade socioespacial.

A aplicação de princípios relacionados aos tecidos urbanos e ao uso do solo, à volumetria, à forma do espaço e às avaliações de equilíbrio ambiental, podem contribuir para restabelecer o equilíbrio do ecossistema urbano e alcançar a sustentabilidade ambiental urbana (ROMERO, 1988, p. 10-11). Um tratamento adequado do sítio deve incluir as dimensões desses itens e o uso e a ocupação do solo devem estar necessariamente condicionados às características do meio (figura 1). Para isso, faz-se necessária a organização e a instrumentalização das informações físico-ambientais, em especial, sobre o clima.

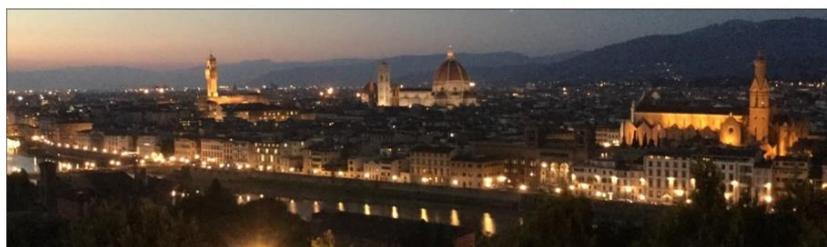
Figura 1 - A adequação às características físico-ambientais de cada local gera distintas formas de cidades. (a) Granada, Espanha; (b) Paris, França; (c) Florença, Itália.



(a)



(b)



(c)

Fonte: Artur Schimbergui (2016).

Diversos autores (GIVONI, 1976; OKE, 1987; ROMERO, 1988; OLGAYAY, 1998; FREITAS, 2008) abordam a influência do clima sobre o meio urbano, expressando-se pela variação no comportamento dos elementos climáticos, tais como temperatura, umidade, precipitação e velocidade e direção dos ventos. Givoni (1976) aborda a interrelação entre o homem, o clima e a arquitetura, analisando tanto os elementos de troca de calor entre o homem e o seu ambiente térmico, quanto as modificações impostas pelas edificações nas variáveis climáticas locais. Oke (1987) relaciona os efeitos das atividades humanas sobre o meio ambiente, demonstrando como as ações humanas influem nas condições climáticas da cidade em suas diferentes escalas. Romero (1988) aborda a relação entre formas urbano-regionais, associando-as às exigências de conforto para diferentes condições de clima. Olgyay (1998) realiza uma análise regional de elementos do clima e relaciona conforto aos estudos do urbano e do edifício, associando clima, biologia, tecnologia e arquitetura. Freitas (2008) destaca as influências recíprocas entre formas urbanas e climas urbanos.

Segundo Duarte e Serra (2003, p. 10), nos estudos referentes aos fenômenos climáticos urbanos, trabalham-se os seguintes parâmetros: tamanho da cidade, a partir da densidade construída e possíveis interferências na velocidade regional dos ventos; relação entre a altura e a largura das vias urbanas, ou fator de visão de céu, nos corredores urbanos; balanço de energia, com variáveis familiares aos climatologistas, mas não diretamente aplicáveis ao planejamento urbano, já que variáveis semelhantes assumem diferentes interações, a depender do nível de densidade construtiva urbana.

As possíveis interferências destes parâmetros, então modificados pelos fatores do conjunto edificado, tais como, a rugosidade, a ocupação, os materiais construtivos e a permeabilidade (OKE, 1987, p. 272-273), constituem modificações sobre o comportamento dos elementos climáticos, originando os climas urbanos. O clima urbano é definido por Monteiro (2003, p. 19) como o clima de um dado espaço terrestre modificado pelo processo de urbanização.

O processo de urbanização tem a capacidade de alterar o comportamento das variáveis climáticas que elimina a condição natural e concentra elementos artificiais no meio. Os impactos negativos ao clima local podem ser minimizados quando houver um planejamento em relação à adequação do conjunto edificado, sendo possível neutralizar condições adversas do clima.

Oke et al. (2017, p. 12) afirmam que uma cidade bem planejada, projetada sob uma perspectiva climática, seria sustentável, ao gerenciar de modo eficiente o uso de recursos, e seria resiliente, ao proteger pessoas e infraestrutura de eventos climáticos extremos. A forma urbana é um dos aspectos que pode ser planejada para evitar os impactos negativos da urbanização.

No Brasil, o atual modelo de planejamento e de gestão dos principais centros urbanos tem buscado soluções pontuais e fragmentadas, conduzidas mais por oportunidades de mercado do que por razões técnicas e sistêmicas. A prática urbana tem se dado sem levar em conta os impactos que provocam no clima, repercutindo, negativamente, não só no equilíbrio do meio, como também, sobre a salubridade dos ambientes e sobre o conforto das populações urbanas.

As implicações no clima podem ocorrer por diversos fatores, através de: substituição de áreas permeáveis por superfícies pavimentadas, que absorvem mais calor; formas urbanas, que podem servir como barreiras à circulação dos ventos; atividades de caráter antrópico, que produzem calor e ocasionam alterações no comportamento da temperatura do ar e da umidade relativa do ar (figura 2) (MOTA, 1981, p. 19; RIVERO, 1985, p. 158; ROMERO et al., 2019, p. 13). Os principais efeitos negativos referem-se aos impactos na vida cotidiana nas cidades, baixando a qualidade do ar e elevando a temperatura no meio urbano.

Figura 2 - Bairro de Boa Viagem, em Recife-PE.



Fonte: Artur Schimbergui (2019).

Tais consequências implicam a necessidade de adequações desse modelo de desenvolvimento a sistemas que valorizem a busca pelo equilíbrio entre as ações humanas e o meio ambiente e que controlem os impactos da expansão urbana. Barbirato et al. (2012, p. 2) identificam que a busca por melhores condições que propiciem qualidade de vida aos cidadãos é o grande desafio, no processo de urbanização, de modo que os impactos da expansão das cidades, uma vez inevitáveis, sejam minimizados.

Baseando-se na equidade no sistema urbano, Freitas (2008, p. 113) destaca que a sustentabilidade de uma cidade estaria mais próxima, quanto menor fosse o fluxo de entrada e saída de energia, materiais e resíduos de sua área. A manutenção adequada dos recursos ambientais pode ser promovida através de medidas de conservação integrada do ambiente, conhecendo-se os limites e adaptando-se às exigências do espaço a ser modificado.

O conceito de bioclimatismo, fundamentando-se na adequação dos elementos construídos ao meio, ganhou importância dentre os princípios de sustentabilidade. Utilizando-se dos elementos favoráveis do clima a partir das especificidades de cada local, é possível se atender às condições de conforto ambiental no espaço construído e se reduzir os impactos negativos que exerce a urbanização sobre o meio. Por esse ponto de vista, o bioclimatismo seria um elo de ligação entre aspectos biológicos e geográficos, entre necessidades humanas e características do ambiente, focando na conectividade entre ambiente, usuários, serviços, na tecnologia das construções e na forma e distribuição das edificações no meio urbano.

Nesse contexto, insere-se o conceito de urbanismo bioclimático, enquanto o estudo das aglomerações urbanas, considerando a relação entre o ser humano e as características da região, em especial, o clima, atribuindo um caráter local ao planejamento urbano. Como afirma Higuera (2006, p. 15) “Para cada local, um planejamento”.

A adequação da estrutura urbana às condições físicas e ambientais locais diminui a probabilidade de formação de climas urbanos relacionados ao processo de alteração negativa das variáveis climáticas. Com isso, reduzem-se os impactos ocasionados pelo consumo de energia e elevam-se a qualidade ambiental e as condições de saúde e de conforto humano.

Na contramão de um desenvolvimento pautado na definição de estratégias e políticas que favoreçam a otimização humana com o meio natural, Sachs (2008) indica que o planejamento urbano moderno está pautado no crescimento econômico como principal objetivo. A atual produção do espaço encontra-se fundamentada na apropriação privada e é revelada através da

configuração de suas formas urbanas, sob respaldo das políticas de gestão e de planejamento urbano (AZERÊDO; FREITAS, 2011, p. 02). Falta às cidades um planejamento estruturado de forma adequada, que seja capaz de minimizar os gastos energéticos e desacelerar a trajetória da irreversibilidade (ACSELRAD, 1999, p. 82; REGO et al., 2013, p. 555).

Segundo Freitas (2008, p. 124), a legislação urbanística, do Plano Diretor à Lei do Uso e Ocupação do Solo, exerce influências que podem ser decisivas para a orientação do desenvolvimento urbano e de suas condições ambientais, condicionando a expansão urbana à densidade e à distribuição de corpos d'água, vegetação, como também, à geomorfologia do terreno, à permeabilidade do solo natural e à permeabilidade do ambiente construído aos ventos.

A partir da consideração da relação entre edificações e as características físico-ambientais do seu entorno próximo, se chega à salubridade urbana e à preservação do ambiente, contribuindo para a qualidade ambiental urbana. Assim, o uso do solo é revelado como um dos principais fatores de alteração do ambiente, auxiliando a produção de novas formas urbanas específicas quanto à densidade e à verticalização.

Os parâmetros urbanísticos são os caminhos que vinculam a legislação e o urbanismo bioclimático, podendo interferir, positiva ou negativamente, a partir de seus valores, na circulação dos ventos e na redução do acúmulo de calor; na ventilação natural ou na inserção de vegetação de porte arbóreo, mediante o afastamento entre as edificações; na preservação de áreas com vegetação, por meio do percentual de solo natural.

A legislação urbanística emerge como uma ponte entre crescimento urbano e qualidade ambiental. Diante da importância da legislação urbanística para o crescimento urbano e para a qualidade ambiental, surge, então, um desafio complexo ao planejamento urbano: a necessidade de orientar a expansão das cidades com base no desenho urbano e na configuração dos espaços, com o objetivo de minimizar os impactos na qualidade climática urbana.

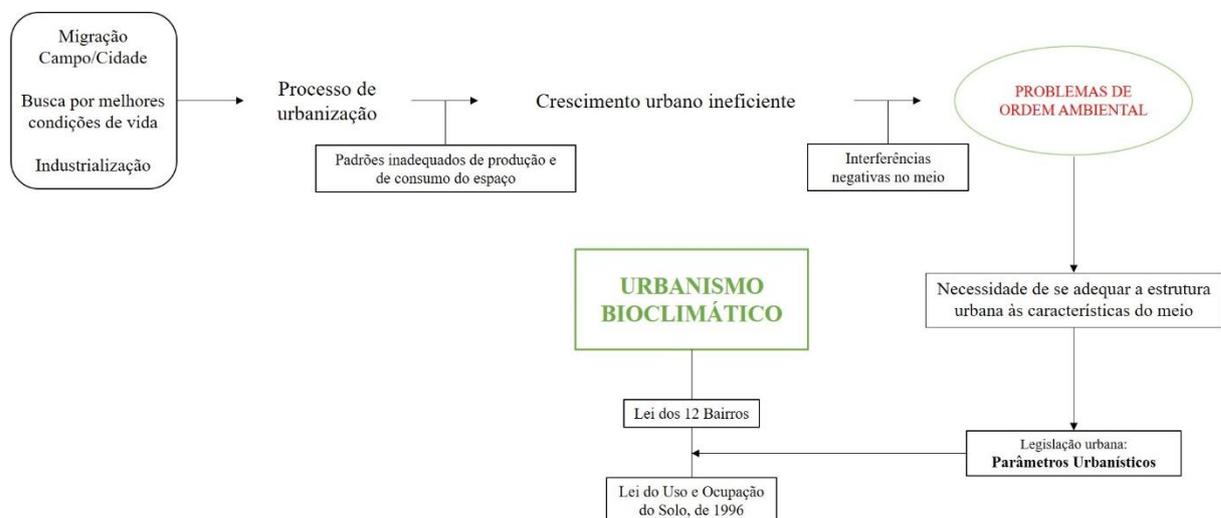
Em Recife, nos anos 1980 e 1990, a insatisfação de setores da sociedade frente à forma como a legislação urbanística vinha respaldando os processos de reconfiguração espacial da cidade, impulsionou a alteração dos parâmetros de construção de 12 tradicionais bairros (LACERDA et al., 2018, p. 13). Para se reduzir as implicações associadas a crescentes processos de verticalização e adensamento construtivo, estabeleceram-se parâmetros urbanísticos mais restritivos quando comparados às demais zonas da cidade.

A Lei Nº 16.719/01, ou Lei dos 12 Bairros, alterou a Lei Nº 16.176/96, que dispõe sobre o Uso e Ocupação do Solo do Recife, criando a Área de Reestruturação Urbana (ARU). O estabelecimento de novos índices, mais restritivos, destinados ao conjunto de bairros presentes na Área de Reestruturação Urbana (ARU), foi responsável pela diferenciação entre as duas normativas.

Partindo-se do pressuposto de que formas de ocupação, volumetria, altura e afastamentos exercem influência sobre o clima, sobre os ventos e sobre a dispersão dos poluentes, podendo contribuir para a qualidade ambiental no espaço urbano, apresenta-se a questão norteadora do problema de pesquisa: **Qual a influência exercida por parâmetros urbanísticos, que considerem os princípios do urbanismo bioclimático, sobre o conforto térmico dos usuários?**

Esta pesquisa de dissertação considerou como **objeto teórico** de estudo o urbanismo bioclimático e a legislação urbanística, visando ao conforto térmico do usuário. **Como objeto empírico**, considerou a zona de conforto termoambiental, ao nível do usuário pedestre, em diferentes recortes, na cidade de Recife-PE. Esses recortes são representativos pela diversidade de densidade construtiva, de afastamento, de gabarito e de solo natural, em meio predominantemente urbano. A seguir, é apresentado o desenho do problema da dissertação (figura 3).

Figura 3 - Desenho do problema de pesquisa.



Fonte: Artur Schimbergui.

1.2 HIPÓTESES

Como **hipótese geral** de pesquisa, tem-se: Parâmetros urbanísticos estabelecidos, considerando os princípios do urbanismo bioclimático, promovem espaços adequados ambientalmente, contribuindo, assim, para a promoção da sensação de conforto ambiental, em recintos urbanos.

Como **hipóteses específicas**, apresentam-se:

1. recintos urbanos que sejam estabelecidos sem considerar os princípios do urbanismo bioclimático, são mais propícios a apresentarem espaços urbanos termicamente desconfortáveis;
2. o processo de urbanização da cidade do Recife não considerou os princípios do urbanismo bioclimático;
3. os valores dos parâmetros urbanísticos, à luz da Lei dos 12 Bairros, contribuem para a melhoria da qualidade ambiental urbana;

1.3 OBJETIVOS

Como **objetivo geral**, pretendeu-se avaliar a contribuição dos parâmetros urbanísticos existentes na Lei dos 12 Bairros, para a qualidade climática, de recintos urbanos, na cidade do Recife.

Como **objetivos específicos**:

1. Discutir o conceito de urbanismo bioclimático, relacionando-o à cidade de Recife-PE;
2. Analisar o processo de construção urbana do Recife e a relação existente entre os parâmetros urbanísticos e a produção de espaços termicamente confortáveis no município;
3. Analisar a eficiência dos valores dos parâmetros urbanísticos, na produção de espaços termicamente confortáveis, em Recife-PE;

1.4 METODOLOGIA

Segundo Stubbs e Delamont (1976 apud LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 15), a natureza dos problemas é que determina o método, isto é, a escolha do método se faz em função do tipo de problema estudado. Com base em uma evidência, da necessidade de análise e da formulação de uma síntese, o método utilizado na pesquisa foi o hipotético-dedutivo.

O caminho para essa trajetória metodológica consiste, segundo Marconi e Lakatos (2003, p. 95-98), na identificação de um problema, responsável por desencadear a pesquisa e revelar os elementos que devem ser observados e os dados que devem ser selecionados para o desenvolvimento do projeto; na formulação de conjecturas ou hipóteses na forma de proposições passíveis de teste, direto ou indireto, sobre os fenômenos investigados; na realização de testes através de experimentação ou análise de estatísticas, que consistem em tentativas de falseamento ou eliminação de erros, com o objetivo de validar ou refutar as hipóteses previamente elaboradas.

A evidência é que o atual processo de urbanização no Recife tem alterado, negativamente, o ambiente, gerando espaços termicamente desconfortáveis, afetando a qualidade de vida dos seus usuários. A principal hipótese é que valores de parâmetros urbanísticos, que sejam estabelecidos considerando os princípios do urbanismo bioclimático, não estão sendo utilizados no processo de planejamento e de gestão urbana. Para validá-la, analisou-se a eficiência dos parâmetros urbanísticos na produção de espaços termicamente confortáveis na cidade. O resultado permitiu avaliar a contribuição dos parâmetros urbanísticos para o conforto ambiental, no Recife-PE.

Para que os dados necessários à realização das experimentações fossem coletados e produzidos, foram realizados procedimentos, distribuídos nas seguintes etapas:

Etapa 1. Pesquisa bibliográfica

Revisão de literatura, visando conceituar e discutir urbanismo bioclimático e identificar princípios e estratégias com vistas à promoção de uma cidade com satisfatório desempenho ambiental urbano, a partir do levantamento de referências, tais como livros e artigos científicos, reunindo informações ou conhecimentos prévios sobre o problema abordado (FONSECA, 2002, p. 32). As principais referências utilizadas foram:

Urbanismo bioclimático (HIGUERAS, 2006), que apresenta uma metodologia que permite materializar os objetivos de um desenvolvimento sustentável a intervenções urbanas, estabelecendo-se as bases necessárias para se conseguir que o desenho urbano e a ordenação do espaço estejam integradas ao seu entorno, a uma gestão pública que utilize de modo eficiente os recursos naturais e à melhoria da qualidade de vida dos usuários.

Arquitetura bioclimática (ROMERO, 2001), que aborda a dimensão ambiental do espaço urbano, aplicando-se na escala da cidade uma concepção bioclimática obtida na escala do edifício, representada pela integração entre os múltiplos elementos – o clima, a luz, a vegetação e os materiais – envolvidos no processo de urbanização. Para tanto, discutem-se as bases ambientais e as suas transformações para uma análise que permita identificar qualidades e valores a serem desenvolvidas nas práticas de urbanização.

Entre mitos e limites: as possibilidades do adensamento construtivo face à qualidade de vida no ambiente urbano (**FREITAS, 2008**), que analisa a relação entre clima urbano e forma urbana e as suas influências recíprocas através da observação da dinâmica dos elementos naturais impactados pelos materiais, formas e volumes utilizados na construção das cidades.

Ambiência urbana (MASCARÓ; MASCARÓ, 2009), que investiga a influência da morfologia urbana na ambiência do recinto urbano, através da avaliação das vias, da altura dos edifícios, dos tipos de fachadas e das formas de uso dos espaços, possibilitando identificar as contribuições aos conceitos de sustentabilidade e do bioclimatismo revelados através da eficiência energética e da manutenção eficiente dos recursos no meio urbano.

Lei dos 12 bairros: contribuição para o debate sobre a produção do espaço urbano do Recife (**LACERDA et al., 2018**), que avalia a importância das normas reguladoras de uso e ocupação do solo para o respeito e a preservação das particularidades dos diversos locais urbanos, revelando as implicações espaciais e funcionais advindas dos parâmetros urbanísticos.

Etapa 2. Pesquisa documental

Análise dos parâmetros urbanísticos reguladores da ocupação do solo, estabelecidos pela Lei Nº 16.176/96, que dispõe sobre o Uso e Ocupação do Solo da Cidade do Recife, e pela Lei Nº 16.719/01, que dispõe sobre o Uso e Ocupação do Solo na Área de Reestruturação Urbana (ARU) e observação das possíveis contribuições destes parâmetros urbanísticos ao desempenho climático na Cidade.

Etapa 3. Pesquisa de campo

a. *visita* os setores referentes à Área de Reestruturação Urbana (ARU) e ao seu entorno imediato, a fim de observar como ocorrem o uso e a ocupação desses espaços e as suas possíveis influências no desempenho climático urbano, a partir de diferentes valores de parâmetros urbanísticos, visando caracterizar os espaços analisados e definir os pontos para a realização das medições das variáveis climático-ambientais.

b. *medições das variáveis climático-ambientais* umidade relativa do ar, temperatura do ar e direção e velocidade dos ventos. Foram selecionados 10 pontos de medição, distribuídos nos bairros: Poço da Panela, Casa Forte e Tamarineira, regidos pela Lei Nº 16.719/01, ou Lei dos 12 Bairros, e Casa Amarela e Rosarinho, regidos pela Lei de Uso e Ocupação do Solo, de 1996.

c. *levantamentos fotográficos*, indicando-se as especificidades de cada ponto de coleta e destacando-se os elementos relevantes para a análise dos resultados coletados, tais como afastamentos, formas e materiais.

Etapa 4. Sistematização e análise dos dados

A sistematização das medições ocorreu a partir do programa computacional Excel Office Professional Plus 2019. Com os dados sistematizados, foi possível comparar os resultados obtidos, a fim de analisar quais recintos urbanos apresentavam desempenho climático satisfatório, e, com isso, avaliar as contribuições exercidas pelos diferentes valores de parâmetros urbanísticos para a promoção de espaços termicamente confortáveis na Cidade.

A seguir, é apresentada, no quadro 1, a síntese que orientou a elaboração da pesquisa de dissertação.

Quadro 1 - Síntese norteadora da elaboração da dissertação.

Problema de pesquisa: O processo de urbanização do Recife à margem dos princípios do urbanismo bioclimático altera, negativamente, o ambiente, gera espaços termicamente desconfortáveis e afeta a qualidade de vida dos seus usuários					
Hipótese geral: Parâmetros urbanísticos estabelecidos, considerando os princípios do urbanismo bioclimático, promovem espaços adequados ambientalmente, contribuindo, assim, para a promoção da sensação de conforto ambiental, em recintos urbanos.					
Objetivo geral: Avaliar a contribuição dos parâmetros urbanísticos existentes na Lei dos 12 Bairros, para a qualidade climática, de recintos urbanos, na cidade do Recife					
SUBTEMAS	HIPÓTESES	OBJETIVOS	PROCEDIMENTOS	PRODUTOS	CAPÍTULOS
Urbanismo Bioclimático	Recintos urbanos que sejam estabelecidos sem considerar os princípios do urbanismo bioclimático, são mais propícios a apresentarem espaços urbanos termicamente desconfortáveis	Discutir o conceito de urbanismo bioclimático, relacionando-o à cidade de Recife-PE	Pesquisa bibliográfica sobre urbanismo bioclimático	Quadro contextual da evolução do conceito de urbanismo bioclimático e a sua relação com o processo de urbanização	Clima, forma e conforto: contribuições do urbanismo bioclimático ao planejamento urbano
Processo de Urbanização do Recife	O processo de urbanização da cidade do Recife não considerou os princípios do urbanismo bioclimático	Analisar o processo de construção urbana do Recife e a relação existente entre os parâmetros urbanísticos e a produção de espaços termicamente confortáveis no município	Pesquisa bibliográfica, empírica e documental sobre a cidade do Recife-PE	Exemplificação através de gráficos, mapas e imagens, do perfil climático da cidade do Recife e a sua relação com o espaço urbano	O processo de urbanização do Recife: história, causa e efeito
				Quadro contextual da evolução urbana da cidade do Recife, da forma urbana produzida a partir dos parâmetros urbanísticos adotados e dos possíveis efeitos produzidos ao meio natural, ao ambiente construído e à qualidade de vida da população	
Parâmetros Urbanísticos na Cidade do Recife	Os valores dos parâmetros urbanísticos, à luz da Lei dos 12 Bairros, contribuem para a melhoria da qualidade ambiental urbana	Analisar a eficiência dos valores dos parâmetros urbanísticos, na produção de espaços termicamente confortáveis, em Recife-PE	Observação dos bairros Poço da Panela, Casa Forte, Tamarineira, Casa Amarela e Rosarinho, quanto à possível interferência da ocupação do solo urbano para a qualidade do ambiente Medições das variáveis climático-ambientais em recortes espaciais Tomada de fotografias;	Exemplificação através de gráficos, tabelas e imagens, das regiões mais representativas, quanto às especificidades da forma urbana, dos parâmetros urbanísticos e dos dados climático-ambientais dos pontos de coleta, na cidade do Recife-PE	A Área de Reestruturação Urbana: a eficiência dos parâmetros urbanísticos para a produção de espaços termicamente confortáveis

Fonte: Artur Schimbergui.

2 FORMA, CLIMA E CONFORTO: AS CONTRIBUIÇÕES DO URBANISMO BIOCLIMÁTICO AO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

2.1 CLIMA E CIDADE

Os centros urbanos, atraentes pela multiplicidade de oportunidades e pela diversificação de atividades que constroem, modificam, transformam e desenvolvem o espaço, quando submetidos a um processo de urbanização intensificado e descontrolado, promovem notórias transformações ambientais e afetam o equilíbrio entre a natureza e a sociedade. Este espaço, então modificado, aumenta significativamente o deslocamento de matérias-primas, buscando energia e lançando dejetos, concentrando calor, deterioração e gases, pondo em risco a sua habitabilidade.

Santamouris (2001, p. 19) afirma não haver dúvidas de que o ser humano é capaz de influenciar as condições ambientais por meio dos diferentes tipos de atividades. No campo da arquitetura e urbanismo, a interferência humana no ambiente, por exemplo, ao alterar coberturas e superfícies do solo, modificam também o albedo, a rugosidade urbana, a temperatura e a umidade relativa do ar. Os efeitos dessas mudanças afetam o clima e a qualidade de vida nas cidades.

Há influências recíprocas entre clima e cidade, daí a necessidade de se estudar os componentes climáticos e as suas interações com o meio urbano. Segundo Koenigsberger et al. (1977, p. 20), o clima é resultado de uma integração no tempo, dos estados físicos do ambiente atmosférico característico do sítio, sendo definido por diversos fatores e caracterizado de acordo com alguns elementos (ROMERO, 2011, p. 73).

Os fatores climáticos globais são aqueles que condicionam, determinam e dão origem ao clima, como a radiação solar, latitude, altitude, ventos, massas de terra e água, topografia, vegetação, superfície de solo. Estes alteram ou evidenciam as características dos elementos climáticos. Os elementos climáticos principais são a temperatura do ar, a umidade do ar, os movimentos das massas de ar e as precipitações. As diferenças físicas e ambientais de cada local justificam a existência das classificações climáticas (ROMERO, 2000, p. 03-19).

O clima pode receber subdivisões, a depender da escala: macroclima, mesoclima e microclima (figura 4); zonais, regionais e locais; naturais e urbanos (FREITAS, 2008, p. 65). Estas classificações dependem das dimensões e das características da área estudada, assim como dos critérios e dos objetivos a serem abordados.

Figura 4 - Escalas climáticas, em Barcelona, Espanha: macroclima, mesoclima e microclima.



Fonte: Artur Schimbergui (2015).

O macroclima refere-se a uma região de grande abrangência, que atua em escala regional ou geográfica. O mesoclima abrange áreas relativamente menores, entre 10 a 100 quilômetros de largura. Ele é decorrente de modificações do macroclima provocadas pela topografia local, pela vegetação, proximidade oceânica e pela posição das áreas em relação ao deslocamento das massas de ar. O microclima abrange áreas mais próximas à superfície, inclusive, com menos de 100 metros de extensão. Ele corresponde aos efeitos das ações humanas sobre o entorno, assim como à influência que essas modificações exercem sobre a ambiência dos edifícios. Estas definições podem ser verificadas a partir das diferenças de temperatura, de ventilação ou de umidade, entre ruas ou bairros de uma cidade, que podem ser mais, ou menos, quentes, úmidos, ventilados do que a média preponderante na região (RIBEIRO, 1993, p. 02; FREITAS, 2008, p. 65; MASCARÓ, 2009, p. 29). Nesta pesquisa, abrangeu-se o microclima.

As modificações climáticas ocorridas, principalmente, na escala local, promovidas por novas construções, representam uma implicação direta na sensação de conforto térmico e na qualidade de vida das pessoas. O conforto térmico é definido como o “estado da mente, no qual a pessoa expressa satisfação com o ambiente térmico que a cerca” (ASHRAE, 2005).

Os efeitos da urbanização sobre o clima e os seus desdobramentos nas condições de conforto revelam a importância de se planejar as cidades, respeitando-se as condições locais e as exigências humanas. As formas de ocupação e as suas implicações nos elementos climáticos promovem alterações no clima, formando o clima urbano. O clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e a sua urbanização. Ele resulta das modificações que as superfícies, os materiais e as atividades das áreas urbanas provocam nos balanços de energia, de massa e de movimento (LANDSBERG, 1981; OKE, 1987; KUTTLER, 1988).

Com a substituição das superfícies e formas naturais pelas unidades artificiais urbanas, o ser humano tem modificado as propriedades físicas e químicas e os processos aerodinâmicos, térmicos, hidrológicos e de intercâmbio de massas que ocorrem na camada limite atmosférica. Em consequência disso, as propriedades meteorológicas do ar dentro e imediatamente acima das áreas urbanas ficam profundamente modificadas, criando um distinto tipo climático local chamado clima urbano. (CHANDLER apud VIDAL, 1991, p. 20-21).

Existe uma interação entre a estrutura urbana e a atmosfera, que é influenciada pelo aumento das superfícies de absorção térmica, pela redução da cobertura vegetal e pela alta densidade construtiva. Os efeitos dessa influência são observados nos obstáculos criados aos ventos, no aumento da concentração de poluentes na camada atmosférica e na capacidade de se armazenar calor. Todos estes aspectos relacionados à falta de controle de uso e de ocupação do solo nos espaços urbanos contribuem, consideravelmente, para a redução da qualidade de vida humana e para o alto processo de degradação ambiental (TORRES, 2006, p. 15).

Para Gomes e Lamberts (2009, p. 75), o estudo do clima urbano tem dado uma importante contribuição para que os agentes estruturadores do espaço urbano considerem os aspectos relativos à qualidade ambiental de forma mais adequada na elaboração da legislação urbanística. Tal estudo permite associações com o planejamento das áreas livres e das áreas construídas, do qual são derivadas diretrizes para o zoneamento, a preservação ambiental, a expansão urbana, o uso e a ocupação do solo e para o código de edificações, podendo contribuir para a criação de índices urbanísticos mais adequados em termos de orientação solar, insolação, iluminação natural e ventilação.

A capacidade de se adequar o espaço urbano ao clima e de se aproveitar de forma mais adequada os elementos favoráveis para o conforto humano, desenvolve-se dentro do enfoque bioclimático.

O estudo bioclimático agrupa questões referentes à biologia, à ecologia, à climatologia e ao desenho urbano (ROMERO, 2001, p. 12). Ao se abordar os aspectos associados à harmoniosa relação entre ambiente construído, clima e conforto humano, são obtidas importantes contribuições à arquitetura e ao urbanismo.

Segundo os princípios básicos apontados por Higuera (2006, p. 15), o urbanismo bioclimático tem como objetivo a redução, ao máximo, dos impactos negativos que exerce a urbanização sobre o meio. Partindo-se do princípio de que cada região deve possuir um urbanismo característico, aspectos associados à orientação das ruas, ao espaçamento entre as edificações, à densidade construtiva e à distribuição dos edifícios devem ser adequados às relações de altura e largura, à exposição aos ventos, à orientação e à radiação solar incidente. Estruturas urbanas adequadas aos diferentes tipos climáticos contribuem para que os fenômenos associados ao aumento da temperatura do ar e ao acúmulo de calor no meio urbano sejam minimizados.

O urbanismo bioclimático diminui a probabilidade de formação de climas urbanos relacionados ao processo de alteração negativa das variáveis climáticas. Com isso, reduzem-se os impactos ocasionados pelo consumo de energia. O consumo de energia depende da produção e da transmissão dessa energia, gerando transformações nos diversos pontos dessa cadeia, tais como, alagamento de uma área em torno de curso de água, lançamentos de resíduos sólidos na terra e resíduos gasosos na atmosfera. Um ambiente construído, utilizando materiais, formas e elementos que se integrem e que respeitem o ambiente natural, em geral, reduz as temperaturas superficiais, possibilita a ventilação natural. Assim, diminui a necessidade de condicionamentos artificiais. Com a diminuição do consumo de energia, obtém-se menor geração de calor e menor lançamento de resíduos na atmosfera, elevando-se a qualidade ambiental e de vida humana.

O mapeamento das regiões, segundo critérios adequados de caracterização combinada dos elementos climáticos, consiste em uma importante contribuição para se aproveitar os recursos imediatos oferecidos pelo meio e promover a integração entre as construções e o ambiente.

Existem várias classificações climáticas universalmente aceitas (TORRES, 2006, p. 42), que devem ser vistas com ponderação. Estratégias de planejamento urbano devem ser elaboradas de maneira diferente para cada clima. Considerar regiões díspares com o mesmo tipo de clima denota possíveis fragilidades para o adequado planejamento urbano.

A Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco - Condepe/Fidem (2011, p. 14), segundo a Classificação Climática de Köppen-Geiger, identifica seis tipos climáticos em Pernambuco, sendo quatro principais: As' (clima quente e úmido); BShs' (tropical quente sub-úmido seco); BShw' (tropical quente e seco | semi-árido); e, Cw'a (tropical de altitude | brejos de altitude). Recife apresenta o tipo climático As', caracterizado por dias quentes e úmidos, baixa amplitude térmica e duas estações bem definidas, verão e inverno. De acordo com o Zoneamento Bioclimático Brasileiro – NBR 15220 – Recife localiza-se na Zona 8.

Para este tipo climático, as principais estratégias no sentido de promover o conforto ambiental, são a ventilação e o sombreamento, durante todo o ano, entre outras, que visem à proteção contra os efeitos do acúmulo de calor, do acúmulo de umidade e da chuva. Essas estratégias podem ser alcançadas a partir de soluções urbanísticas, tais como, o afastamento entre as edificações, a promoção de arborização urbana e de permeabilidade do solo.

Entretanto, a demanda por espaço, regulada pelo Estado, orientada pelo mercado e apoiada nos parâmetros construtivos, indicam uma expansão urbana ineficiente sob a ótica bioclimática, com alto índice de proximidade entre as edificações, agravado pela verticalização e pela elevada impermeabilização do solo.

O aumento das alturas das edificações pode ser uma alternativa para se atingir o aumento da densidade construtiva e populacional, ao mesmo tempo, garantindo a permeabilidade do solo e a ventilação entre as edificações, porém, quando esse aumento é demasiado, interfere também na diminuição da incidência de iluminação natural e no acúmulo de calor, em recintos urbanos fechados e mineralizados.

Em climas secos e em estações quentes de climas temperados, a proximidade entre as edificações pode até gerar benefícios pelo sombreamento recíproco, associado à diminuição dos fluxos de vento. Porém, em climas quentes e úmidos, ao se ponderar sobre os efeitos de diferentes estratégias com efeitos diversos e combinados, constata-se a necessidade de se priorizar o aumento dos afastamentos entre edificações e o aumento de taxas de solo natural. O sombreamento das superfícies verticais das edificações poderá ser incentivado por taxas de ocupação do solo que não penalizem as fachadas dinamizadas, por sacadas, varandas e elementos de proteção solar.

A interação entre os elementos climáticos e o espaço urbano e a constante troca de matéria e energia com outros componentes de outros sistemas, revelam a dinamicidade do sistema urbano. Em razão dessa dinâmica, Monteiro (2003, p. 15) evidenciou, por meio de uma proposta metodológica, o sistema clima urbano, que é um sistema que busca correlacionar os elementos que interferem no clima urbano de uma determinada cidade.

Cada um dos elementos climáticos sofre alterações diretamente proporcionais às transformações ocorridas no ambiente. O conjunto de elementos climáticos fornece dados para a análise do conforto ambiental. Daí a importância de se realizar estudos locais, diferenciando os espaços e as suas possíveis interferências no meio ambiente.

2.2 FORMA URBANA E CLIMA URBANO

O conjunto urbano, em função de sua forma, exerce influência nos elementos climáticos. A estrutura das quadras e lotes, a localização dos edifícios e os tipos de construção, à medida em que são capazes de interferir na distribuição dos ventos e na qualidade da luz no espaço urbano, pode produzir climas urbanos associados à má qualidade do ambiente.

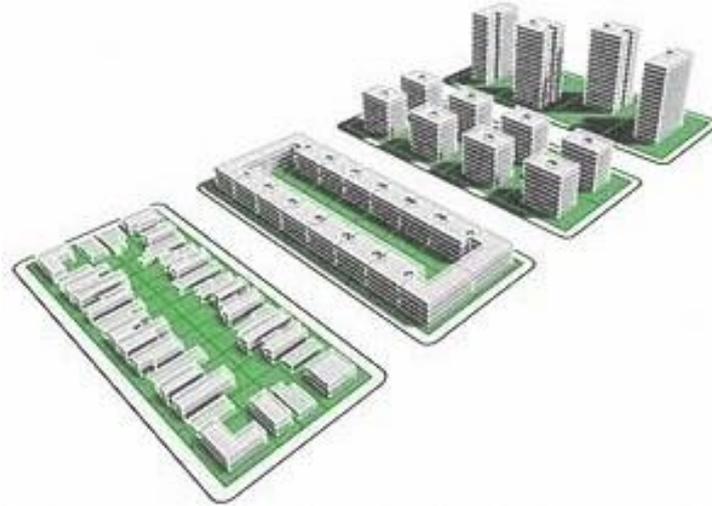
Deve-se buscar o equilíbrio entre forma urbana e clima urbano, tão necessário ao conforto ambiental local. Para isso, é necessário que sejam considerados aspectos associados à densidade, à infraestrutura, aos materiais de superfície e à vegetação. Além disso, as construções devem estar adequadas às relações entre altura e largura, à exposição aos ventos e à orientação solar incidente.

Dentro do contexto de planejamento e gestão dos assentamentos humanos, a densidade é um dos fatores mais importantes para a qualidade de vida humana e do ambiente. De acordo com Freitas (2008, p. 116), a densidade pode ser associada à concentração de matéria num determinado espaço. No campo do urbanismo, ela é definida pela razão entre uma determinada quantidade e o espaço físico ocupado. Na prática, os indicadores mais utilizados são a densidade humana e a densidade construtiva.

A densidade humana refere-se à população que habita e/ou que trabalha em um determinado local. A densidade construtiva, também chamada de densidade física, refere-se às áreas construídas, continentes da população e de suas atividades. Ambas estão relacionadas e representam um importante fator de qualidade do ambiente. Associadas, podem dar origem a várias formas de ocupação urbana, com diferentes custos ambientais e econômicos (figura 5).

As diferentes formas de ocupação representam impactos diferentes no solo e nas redes de infraestrutura. Áreas com construções isoladas e com baixa densidade demandam maior ocupação do solo e maior expansão das redes de infraestrutura. Espaços com construções próximas, superpostas e com alta densidade utilizam menor percentual de solo, apresentam maior possibilidade de acesso às ofertas de bens e de serviços e contribuem para eficiência na oferta de infraestrutura. Em contrapartida, apresentam maior número de congestionamentos e saturação dos espaços, sobrecarga das infraestruturas e maior risco de degradação ambiental.

Figura 5 - Diferentes tipos de ocupação de uma mesma quadra, mantendo-se uma densidade semelhante.



Fonte: Vargas (2004).

Os aspectos positivos e negativos inerentes a cada modelo revelam que não existe uma forma de ocupação ideal. O desafio está em encontrar modelos adequados à realidade de cada local. Cada tipo climático deve possuir uma forma urbana que satisfaça às exigências de conforto dos usuários do espaço urbano. Para isso, algumas ponderações entre o planejamento urbano e as recomendações climáticas devem ser traçadas.

Em regiões tropicais secas, a ocupação do espaço deve ser densa e compacta. Os espaços públicos devem ser de pequenas proporções, com presença de água e sombreados, que diminuam a temperatura e aumentem a umidade. As áreas construídas devem ser estreitas e curtas, com mudanças de direção constantes para diminuir e impedir os ventos. Os lotes devem ser estreitos e longos e as edificações contíguas (ROMERO, 2000, p. 58-60).

Em regiões tropicais úmidas, os princípios bioclimáticos para o desenho urbano devem favorecer um tecido urbano disperso, solto e aberto. Os espaços públicos devem ser rodeados de árvores, que ofereçam sombra e absorvam a radiação solar. As áreas densamente construídas devem promover a alternância de altura das edificações, de modo a favorecer a ventilação.

Atualmente, em grande parte dos centros urbanos brasileiros, as condições de ocupação e de adensamento construtivo ocorrem sem levar em consideração as condições locais. À medida em que se tem consumido uma menor quantidade de solo urbano, em razão do elevado adensamento construtivo, os elementos climáticos têm sofrido interferências negativas, visto que as exigências climáticas de ocupação urbana não têm sido atendidas de forma adequada.

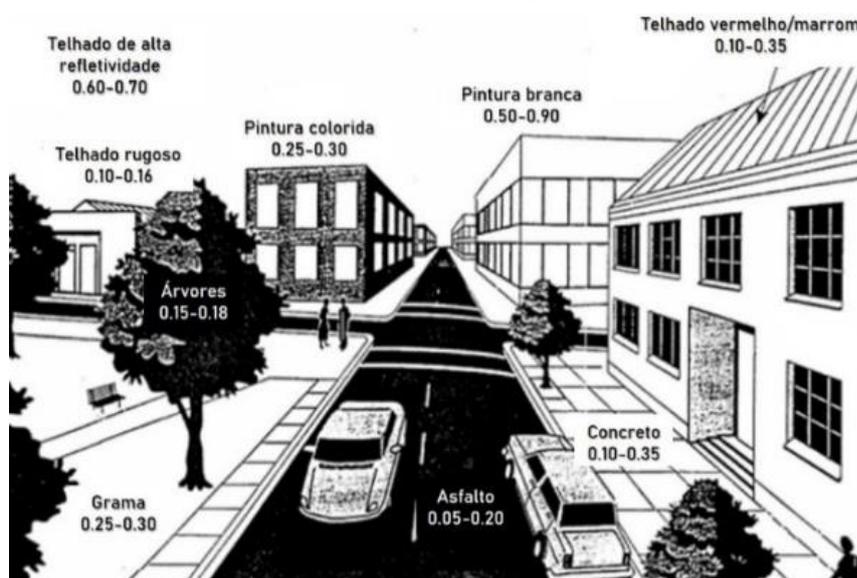
O elevado adensamento construtivo nas cidades tem sido apontado como a principal causa desta modificação climática, pois além da concentração da massa edificada de alta capacidade calorífica, a concentração de atividades geradoras de calor e poluição (principalmente dos meios transportes), também contribui para a significativa elevação da temperatura no meio urbano. (TORRES et al., 2013, p. 12).

No contexto das cidades, além do adensamento construtivo e da concentração de atividades que geram e concentram calor, outros fatores exercem forte impacto sobre as condições climáticas: materiais urbanos, formas e vegetação. Juntos, e a depender da forma como são combinados, esses fatores são responsáveis pela grande variação de microclimas dentro do espaço urbano.

Variações nos tipos de uso e ocupação do solo, por exemplo, compreendem uma diversidade de materiais que compõem a superfície urbana. Essas superfícies, muitas vezes caracterizadas pela baixa inércia térmica e alta emissividade, tendem a influenciar no aumento de temperatura no espaço urbano e no desconforto térmico humano.

Materiais como a pedra, o asfalto e o concreto, quando expostos à radiação solar, acumulam grande parte da radiação incidente, aumentando o potencial da superfície em aquecer, acumular calor e assim aquecer o ar do seu entorno. A quantidade de energia térmica acumulada por essas superfícies e irradiada para a atmosfera são expressas principalmente pela absorptância, pela emitância e pelo albedo, referente à capacidade de reflexão (figura 6). Quanto mais alto o albedo, maior será a reflexividade e mais baixa será a sua temperatura superficial.

Figura 6 - Albedo das superfícies.



Fonte: Adaptado de Huang et al. (1990) apud Santos et. al. (2011, p. 32).

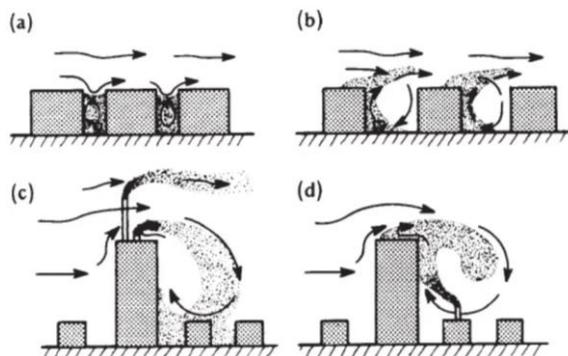
Os efeitos no clima, ocasionados pela combinação de materiais que absorvem mais e refletem menos a radiação solar, são mais evidentes “no final da tarde e início da noite, quando as superfícies impermeáveis (estradas, calçadas, edificações) começam o processo de liberação do calor acumulado durante o dia” (AZERÊDO, 2017, p. 41). A alta densidade construtiva, a verticalização e os afastamentos insuficientes entre as edificações contribuem para que o calor liberado seja acumulado na atmosfera, aumentando a temperatura do ar.

A forma da cidade, representada por diferentes possibilidades de arranjos espaciais, é capaz de incrementar a penetração das massas de ar na estrutura urbana, auxiliando na dispersão de calor e na redução de temperatura no meio urbano. Conforme destacado por Oke (2006, p. 04), a orientação das ruas, o espaçamento, a densidade e a distribuição dos edifícios provocam mudanças na direção do vento e, em geral, ocasionam a diminuição de sua velocidade. O volume de ar que flui entre a massa edificada é determinado pelos índices de rugosidade e de permeabilidade da estrutura urbana.

A rugosidade é o atributo da forma referente aos espaçamentos entre os edifícios e/ou arranjos morfológicos e às alturas relativas entre edifícios e demais superfícies urbanas. A porosidade é a maior ou menor permeabilidade de uma estrutura urbana à passagem dos ventos e expressa através da relação entre espaços abertos e espaços confinados. A permeabilidade do solo é a taxa com a qual um fluido pode escoar através dos poros de um sólido (TORRES, 2006, p. 34).

Uma forma urbana aberta e fluida, com baixo índice de rugosidade, favorece a circulação de ar e facilita a dispersão de partículas de poluição para a atmosfera. Ao contrário, uma forma urbana compacta, com maior grau de compacidade, pode restringir a circulação dos ventos e dificultar a dispersão de calor para a atmosfera (figura 7).

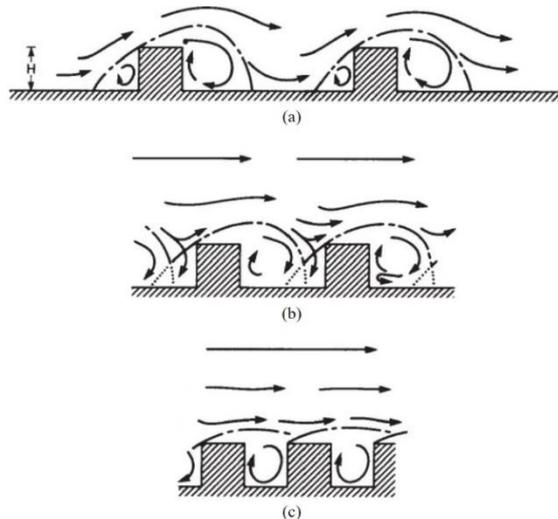
Figura 7 - A influência de construções no fluxo de ar e na dispersão da poluição.



Fonte: Oke (1987, p. 273).

De acordo com Grimmond e Oke (1999, p. 1.263), dependendo da disposição e da forma das construções, estas podem constituir barreiras, turbulências ou canalizações, gerando efeitos aerodinâmicos (figura 8). Tais efeitos interferem no conforto ambiental no meio urbano, à medida que ocasionam aceleração do ar próximo de esquinas, inversão do fluxo do ar a barlavento, turbulência do fluxo de ar a sotavento e nos lados dos edifícios altos, aceleração do fluxo de áreas estreitas, como os espaços entre pilotis, e condução e conversão do fluxo de ar nos espaços entre as construções.

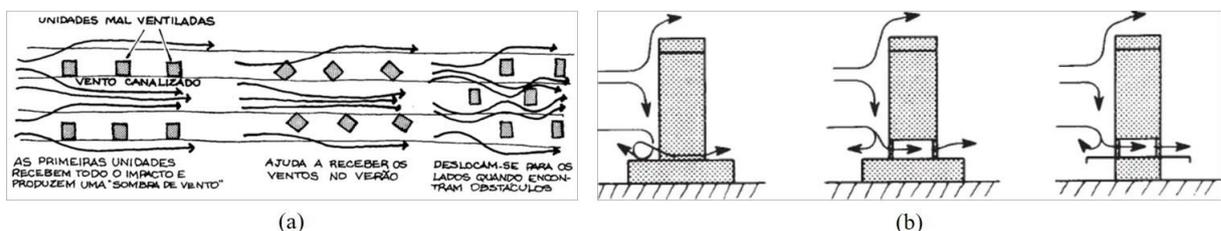
Figura 8 - A influência de formas urbanas no regime de fluxo dos ventos. (a) fluxo com rugosidade isolada; (b) fluxo com interferência de esteira; (c) fluxo turbulento.



Fonte: Oke (1987, p. 267).

Para se controlar os efeitos, recomenda-se evitar formas urbanas contínuas e homogêneas. Para tanto, é importante estabelecer espaçamentos entre as construções, adequando angulações à incidência de ventos locais (figura 9-a), diversificar as alturas e promover a porosidade das edificações, favorecendo a circulação dos ventos (figura 9-b).

Figura 9 - Estratégias para incrementar a circulação dos ventos na estrutura urbana.



Fonte: (a) Romero (2000, p. 53); (b) Oke, (1987, p. 272).

Em razão da variedade de escalas existentes na cidade – da implantação da edificação no lote ao traçado urbano –, e das diversas influências exercidas pelas atividades humanas, que interferem no meio natural, os limites relacionados aos materiais, à geometria das construções e às formas de ocupação do espaço devem ser ultrapassados. O atendimento às necessidades ambientais para além das alternativas de ocupação do solo, considerando os elementos naturais, dentre os quais, a vegetação, como integrante da forma urbana, representa um fator imprescindível para às condições de habitabilidade e de conforto.

O uso da vegetação no meio urbano exerce diversas influências na qualidade de vida nas cidades, trazendo benefícios associados às questões psicológicas, influenciando na sensação de bem-estar do indivíduo. Entre essas contribuições, destacam-se à melhoria das paisagens urbanas, o equilíbrio térmico e o incremento à biodiversidade.

Em razão das atividades humanas, que geram calor e poluentes, associadas à forma urbana, uma grande quantidade de partículas nocivas à saúde humana concentra-se na atmosfera. Em seu processo de fotossíntese, as árvores consomem e fixam grande parte dessas partículas em suspensão. Ao reduzir os índices de poluição, contribui para que o calor concentrado na atmosfera seja disperso. Por sua função fisiológica, libera umidade ao ambiente. Em virtude de temperatura e umidade serem grandezas inversamente proporcionais, a temperatura ambiente circundante à vegetação é reduzida, a depender do tipo climático e do tipo de vegetação.

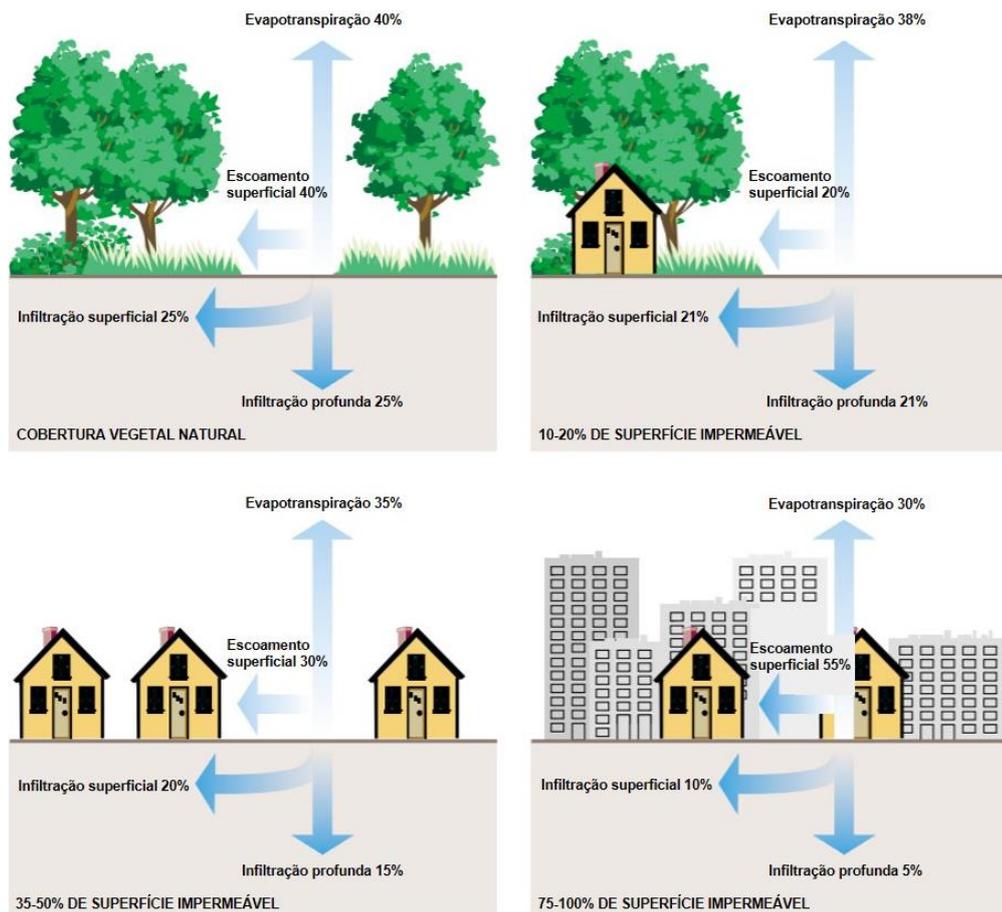
Em climas quentes e secos, a redução da temperatura a partir do aumento da umidade contribui para conforto do indivíduo. Em climas quentes e úmidos, a diminuição da temperatura pelo aumento da umidade não é recomendada, já que em altas umidades ocorrem dificuldades para a absorção, pelo ar, da transpiração, promovendo o suor, gerando incômodos. Nesse contexto, o conforto pode ser alcançado através de estratégias que integrem a promoção de arborização e o incremento à ventilação.

A vegetação pode alterar os padrões de circulação das massas de ar, barrando ou canalizando os ventos para locais desfavorecidos pela forma urbana, promovendo o transporte de calor e de vapor de água, produzindo a sua amenização climática. Vários estudos atestam que, sob agrupamentos arbóreos, a temperatura do ar é menor que nas áreas expostas à radiação solar. A diferença de temperatura está relacionada à especificação e à diversidade das espécies (AZERÊDO, 2017, p. 62).

A promoção de vegetação de diferentes características, com tipos e portes diversos, além de contribuir para a amenização térmica, absorção de poluentes e direcionamento da ventilação, promove o equilíbrio entre diversas populações da fauna local.

A substituição de superfícies impermeáveis por diferentes espécies, diminui a temperatura do solo e melhora as condições de drenagem e de escoamento das águas pluviais, favorecendo o abastecimento dos lençóis freáticos (figura 10).

Figura 10 - Alterações do ciclo hidrológico de acordo com o nível de urbanização.



Fonte: Adaptado de FISRWG (1998) apud Prince George's County - Department of Environmental Resources, Maryland – EUA (1999).

Utilizar de modo adequado os aspectos ambientais climáticos locais através da forma urbana, implica positivamente na saúde humana e na sensação de conforto. Estabelecer parâmetros que considerem as exigências humanas de conforto térmico, associando-os aos princípios dos diferentes tipos climáticos, proporciona as condições necessárias para se projetar espaços urbanos adequados às pessoas.

2.3 CONFORTO TÉRMICO

Conforme analisa Santamouris (2001, p. 06), a crescente urbanização tem deteriorado o ambiente urbano, trazendo consequências importantes para o clima das cidades. Em razão do aumento das densidades construtivas, das propriedades térmicas dos materiais, do potencial das atividades humanas e da diminuição no número de superfícies permeáveis e vegetadas, as temperaturas do ar nessas áreas são mais altas, as velocidades dos ventos são seriamente reduzidas e o ar é consideravelmente poluído. As alterações desses elementos climáticos afetam diretamente o conforto nos espaços urbanos (GHASEMI; ESFAHANI; BISADI, 2015, p. 398).

Uma forma urbana eficiente, que considere o clima local e que vise melhorar a qualidade do espaço urbano é fundamental para se alcançar o conforto (WEI et al., 2016, p. 143). Para tanto, é necessário identificar as necessidades térmicas de cada local, tendo como objetivo a satisfação do indivíduo.

Em razão do rápido crescimento urbano, a escala das cidades vem se expandindo continuamente, promovendo impactos na forma urbana. Em particular, a forma urbana pode influenciar o clima urbano com diferentes parâmetros morfológicos, aumentando temperaturas e diminuindo a permeabilidade aos ventos. Portanto, a forma urbana na fase de projeto tornou-se um importante fator ambiental no desenvolvimento urbano das cidades, tornando-se gradualmente o foco de arquitetos e planejadores. Os tomadores de decisão e pesquisadores locais devem estar focados na implementação de estratégias para otimizar o desempenho térmico dos espaços urbanos. (XU et al., 2019).

O conforto é específico à cada pessoa, diferenciado pela sua época e variável de acordo com os aspectos econômicos, tecnológicos, culturais, ambientais, fisiológicos e psicológicos. O seu significado pode estar associado à comodidade, prazer e bem-estar, para alguns, e ser obtido pela diversidade de recursos ou no desfrute da natureza. Para outros, pode representar salubridade, e ser alcançado através do isolamento a ruídos ou da qualidade do ar. A ampla possibilidade de classificação dá margens a diferentes formas de percepção, sentido e vivência.

Em ambientes internos das edificações, o conforto está relacionado às necessidades do indivíduo, sejam elas fisiológicas ou psicológicas. Nos espaços externos, como nas cidades, o conforto assume um significado mais amplo, onde os aspectos deixam de ser analisados de maneira isolada, como resposta às necessidades de uma pessoa ou de um pequeno grupo, e passam a ser abordados de modo coletivo, onde o indivíduo é a sociedade.

No que diz respeito aos espaços urbanos, dentre as diferentes variáveis incorporadas ao conforto, aquela relacionada à interação entre os elementos climáticos e as pessoas é a mais significativa (NG; CHENG, 2012). Em razão da sensibilidade humana a grandes variações de temperatura, a alteração dos elementos do clima pode afetar o comportamento das pessoas e as condições de conforto, repercutindo na saúde e no bem-estar dos indivíduos.

Diante das implicações exercidas pela forma urbana no clima e nas condições de conforto das pessoas, o conceito de conforto térmico adquire relevância nos estudos relacionados ao conforto nos espaços urbanos.

Segundo Schmid (2005, p. 227), “o conforto térmico pode ser definido como um estado em que o indivíduo não tem vontade de mudar sua interação térmica com o meio”. O corpo humano é homeotérmico. Seu organismo é mantido a uma temperatura interna sensivelmente constante. Essa temperatura é da ordem de 37°C. O organismo dos homeotérmicos pode ser comparado a uma máquina térmica - sua energia é conseguida através de fenômenos térmicos (FROTA; SCHIFFER, 2001, p. 19). Para que ocorra o equilíbrio homeotérmico, é necessário que as trocas de calor a que está submetido o corpo humano ocorram sem maior esforço. Se o balanço dos fluxos de calor entre o ambiente e o corpo for nulo, pode-se dizer que o usuário sente conforto térmico.

Todo esse processo está muito mais relacionado a aspectos físicos que psicológicos. Corresponde muito mais às necessidades do corpo do que da mente. Desse ponto de vista, a performance perceptiva, manual e intelectual, é máxima, quando as perdas de calor do corpo para a manutenção de sua temperatura interna são mínimas.

Assim, a razão de criarem-se condições climaticamente adequadas aos espaços reside no desejo e, especialmente, na necessidade de o ser humano sentir-se termicamente confortável. Para se alcançar o conforto, o organismo humano precisa controlar variáveis essenciais: as variáveis ambientais e as humanas.

As variáveis ambientais referem-se aos elementos climáticos. Para a obtenção do conforto térmico dos usuários, algumas grandezas físicas principais devem ser consideradas: a temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a velocidade do ar. Todas essas grandezas são inter-relacionadas e influenciadas pela concepção arquitetônica: orientação, disposição, dimensões, materiais, entre outros princípios da arquitetura (FREITAS, 2005, p. 728).

A temperatura do ar é uma das mais importantes variáveis consideradas nas investigações de conforto térmico. É determinada pela troca de calor entre pessoas e ambiente. A sensação de conforto térmico é obtida em decorrência das diferenças de temperatura entre a pele e o ar. O ar, com menor temperatura, faz com que o corpo perca energia para o ambiente, liberando calor e diminuindo a sensação de desconforto.

A umidade é a quantidade de água contida em um volume de ar úmido. A umidade absoluta é representada pela massa total de água num determinado volume de ar. A umidade relativa do ar é a quantidade percentual de vapor d'água contido pela atmosfera (%), em relação à sua capacidade de contenção quando saturado (FREITAS, 2005, p. 729; MONTEIRO, 2008, p. 126-127). Baixas umidades (<30%) podem ocasionar problemas de saúde e maior índice de partículas secas no ar. Altas umidades (>70%) dificultam o processo de absorção pelo ar pela transpiração, gerando suor e desconforto.

A velocidade do ar é uma variável descrita por sua magnitude, direção e sentido. O movimento do ar num ambiente interfere no conforto térmico das pessoas devido à sua influência nos processos de troca de calor do corpo com o meio. A sensação térmica é influenciada diretamente pela intensidade da ventilação, especialmente em climas úmidos, onde a ventilação representa um fator necessário para diminuir o desconforto causado pelo calor através do processo de evaporação do suor (MONTEIRO, 2008, p. 128; LAMBERTS et al., 2016, p. 19).

Em relação às exigências humanas, Frota e Schiffer (2001, p. 25) avaliam que as condições de conforto térmico variam em função da atividade desenvolvida pelo indivíduo e da sua vestimenta. Além disso, devem ser consideradas outras variáveis como sexo, idade e biotipo.

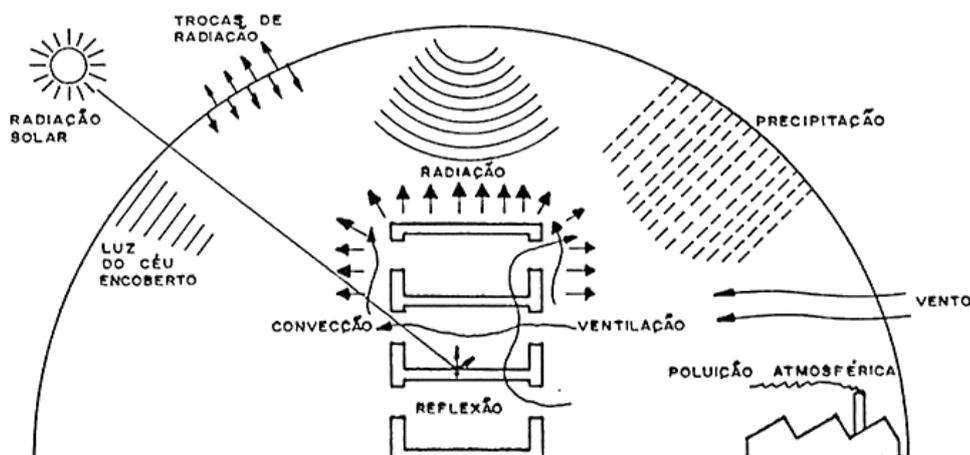
A taxa de produção de energia do corpo varia de acordo com a atividade desempenhada (XAVIER, 1999, p. 14), em ambientes internos ou externos. Tem como unidade de medida o Met. Quanto mais elevado o esforço do indivíduo, maior é o calor produzido pelo seu organismo. De acordo com a NBR 16401-2 (2017, p. 38), a produção de energia pelo organismo humano é mínima nos períodos de descanso, com valores de 40W/m² dormindo, até 70W/m², em pé/relaxado. Ao desenvolver atividades de lazer ou de trabalho, tais como caminhar, trabalhar em pé ou se exercitar, essa produção aumenta consideravelmente, podendo variar entre 100W/m² e 505W/m². Assim, as condições do entorno devem ser ajustadas para que o calor produzido seja perdido mais facilmente, e devem ser associadas a outro fator humano de influência sobre a determinação da zona de conforto, que é a vestimenta utilizada.

A vestimenta é responsável pela resistência oferecida às trocas de calor sensível entre o corpo e o ambiente através de seu isolamento térmico. O isolamento térmico é expresso em “Clo”. Quanto maior o isolamento da vestimenta, maior a dificuldade de o corpo perder calor para o meio. Quanto menor o isolamento da vestimenta, maior a facilidade de perder calor ou de ganhar calor para o meio. Portanto, as vestimentas devem ser adequadas aos climas e às atividades desempenhadas.

De acordo com Oke (1987, p. 218), um indivíduo vestido e em repouso se sente 'confortável' a uma temperatura ambiente de cerca de 20 a 25°C. Segundo o autor, nesse ponto, o órgão é capaz de manter o equilíbrio térmico com o mínimo de esforço regulatório. No entanto, ressalta-se que as condições de conforto são variáveis no tempo, no espaço e entre os indivíduos, indo além de aspectos físicos e das condições de vestimenta. Uma pessoa adaptada a um clima frio, como os observados nos invernos de regiões temperadas, certamente sentirá maior conforto se exposta a temperaturas próximas a 20°C do que um indivíduo adaptado a um clima quente, característico às regiões tropicais.

O conforto térmico do indivíduo será equivalente ao balanço térmico nulo entre o calor produzido e o calor perdido pelo corpo para o ambiente. As trocas térmicas entre o corpo e o ambiente se fazem por: trocas secas (convecção, radiação e condução) e troca úmida (evaporação) (figura 11).

Figura 11 - Trocas térmicas.



Fonte: Adaptado de Bogo et al. (1994, p. 06).

Conforme destacam Frota e Schiffer (2001, p. 21), o calor perdido para o ambiente através das trocas secas é função das diferenças de temperatura entre o corpo e o ambiente. O calor perdido para o ambiente através das trocas úmidas envolve mudança de estado de agregação. Nas trocas secas, a remoção do calor por convecção ocorre quando há transferência de calor por haver movimentação de matéria. Quando o ar ambiente possuir uma temperatura inferior à do organismo, o corpo irá transferir calor pelo contato com o ar frio ao seu redor. Esse movimento ocorre por conta das diferenças de densidades e de transmissão de calor.

A radiação é a troca de calor por produção ou emissão de calor por ondas térmicas. A energia radiante é transmitida constantemente por todos os corpos que possuem temperatura superior às condições do local. As características dos materiais determinam em alto grau o consumo de energia acumulada e transferida em forma de energia radiante para o ambiente, interferindo nas condições de conforto dos espaços abertos (SANTAMOURIS, 2001, p. 12). Tipos de materiais construtivos, tais como o concreto e o asfalto, quando expostos ao sol, absorvem a energia incidente e acumulam calor. O calor acumulado, apresentando temperatura superior ao ambiente, é transmitido em forma de energia para o entorno próximo e para as pessoas.

A condução é caracterizada pela troca de calor entre sólidos por contato. Esse fenômeno corresponde a transferência de calor dentro de um corpo físico, de uma extremidade a outra. A quantidade de calor transferido depende do tipo e da densidade do material. Materiais menos densos como madeira e barro, são mais isolantes do que materiais mais densos como os utilizados nas construções e na pavimentação de vias das cidades, como asfalto e concreto.

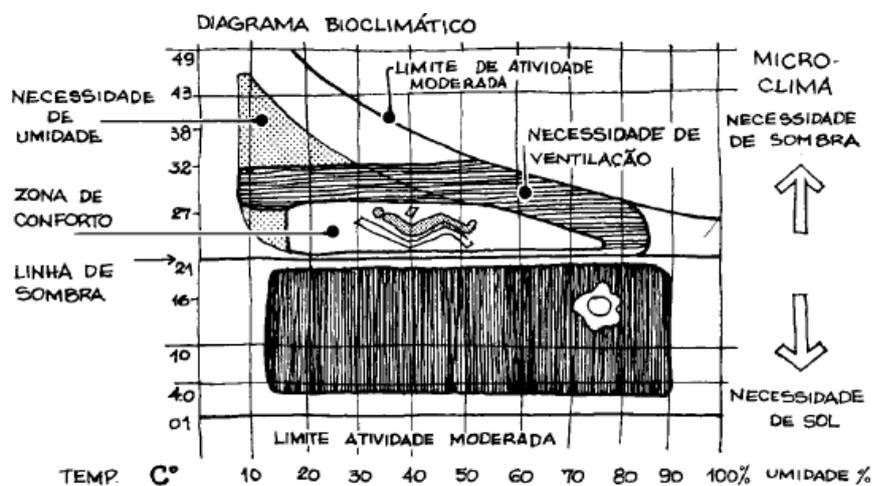
Nas trocas úmidas, a evaporação é a troca térmica do estado líquido para o estado gasoso. No conforto térmico do organismo humano, ocorre quando as perdas de calor por meio da convecção e da radiação são insuficientes para regular a temperatura externa. O mecanismo termorregulador humano entra em atividade, promovendo perda de calor pela evaporação da umidade que se forma na pele, na forma de suor. A velocidade da evaporação depende da quantidade de umidade no ar, da temperatura e, caso ocorra, da ventilação.

Diante das constantes trocas térmicas entre o corpo e o ambiente, uma série de ações podem ser realizadas pelo ser humano no sentido de obter o desejado conforto térmico, tais como ajustes comportamentais, fisiológicos e psicológicos. Os ajustes comportamentais são modificações conscientes ou inconscientes, como trocar de roupa, realizar atividades ou utilizar equipamentos tecnológicos para se obter conforto. Os ajustes fisiológicos são mudanças nas respostas

fisiológicas, com base nas adaptações genéticas e de aclimação. Os ajustes psicológicos são percepções e reações das informações sensoriais à exposição repetitiva, que conduz a uma diminuição da intensidade da sensação evocada anteriormente (LAMBERTS et al., 2000, p. 41).

Estas adaptações referem-se a efeitos pessoais, baseados na cultura, nas experiências e nas expectativas de cada indivíduo. As sensações provocadas pelas combinações entre os elementos climáticos às condições humanas foram associadas em um gráfico denominado Carta Bioclimática (figura 12), publicado na década de 1960 (OLGYAY, 1998, p. 23).

Figura 12 - Diagrama Bioclimático de Olgay.



Fonte: Romero (2000, p. 27).

A Carta Bioclimática de Olgay foi desenvolvida a partir de estudos acerca de efeitos do clima sobre o homem, quer ele esteja abrigado ou não, de zonas de conforto e de relações entre elementos de clima e de conforto (FROTA; SCHIFFER, 2001, p. 26). A identificação dos limites de temperatura, umidade e de necessidade, ou não, de ventos, e registro das sensações humanas características, resultou na representação de uma zona delimitada na região central da Carta, denominada zona conforto (OLGYAY, 1968, p. 24-40).

Nesta zona, os patamares de conforto estão compreendidos entre temperaturas de 22°C e 28°C, e umidade entre 20% e 80%. Se as variáveis climáticas analisadas se encontrarem nesses limites, as condições serão de conforto. Por outro lado, se estiverem fora, algumas ações deverão ser realizadas para se atingir o conforto. Estes valores podem ser ajustados segundo às variáveis do meio, como a ventilação da área e a adaptação do indivíduo à região.

A fim de se atender às exigências de conforto térmico, é preciso estar atento à forma urbana, à densidade, à concentração de atividades e ao uso da vegetação, de modo que as transformações urbanas, uma vez inevitáveis, exerçam influências positivas nos níveis de satisfação e bem-estar das pessoas. Integrar a forma de apropriação do solo, a diversidade e a concentração de usos e de atividades às condições climáticas, é determinante para o conforto térmico (figura 14).

Figura 14 - Formas urbanas distintas, em Recife-PE. (a) Atividades antrópicas, na Boa Vista. Os materiais emitem calor e a forma conserva o calor emitido; (b) Efeitos da vegetação, em Casa Forte. O metabolismo absorve calor e a forma dispersa o calor emitido.



Fonte: (a) Ruskin Freitas (2018); (b) Artur Schimbergui (2019).

Para garantir as condições de conforto térmico nas cidades, os princípios do urbanismo bioclimático devem ser aplicados ao processo de planejamento urbano. Nesse sentido, a legislação urbanística tem importante papel na concepção de formas urbanas adequadas aos climas urbanos. A qualidade do ambiente é um atributo para a construção da qualidade de vida.

2.4 PRINCÍPIOS DO URBANISMO BIOCLIMÁTICO APLICADOS AO PROCESSO DE PLANEJAMENTO URBANO

O planejamento urbano, enquanto ato de se planejar a cidade, corresponde ao processo que visa definir as diretrizes para um desenvolvimento urbano a partir do estabelecimento de planos para a ocupação do espaço (TORRES, 2017, p. 51). O Conselho Nacional de Municípios - CNM (2008, p. 20) define o planejamento urbano enquanto o processo de produção, de estruturação, de organização e de apropriação do espaço urbano com o objetivo de promover a melhoria da qualidade de vida da população. O programa Cidades Sustentáveis (2016, p. 40) relaciona o planejamento urbano ao processo de concepções, de planos e de programas de gestão de políticas públicas, por meio de ações que permitam maior harmonia entre intervenções no espaço urbano e o atendimento às necessidades específicas da população, sendo, para isso, necessário estabelecer regras de ocupação do solo e políticas de desenvolvimento.

Dentre as diversas definições, tem-se o significado de planejamento urbano como o processo de produção, estruturação, organização e apropriação de um espaço, já existente (espontâneo ou planejado) ou em processo de concepção, a partir de políticas de desenvolvimento de um município. Essas políticas são responsáveis por orientar as intervenções no espaço urbano, a partir de regras de ocupação do solo e de estratégias que integrem os limites impostos às metas que se pretendem alcançar. O principal objetivo é promover o crescimento adequado das cidades e aumentar a qualidade de vida da população.

Um planejamento urbano que adeque o crescimento das cidades às condições ambientais locais reduz, significativamente, as interferências negativas dos assentamentos no ambiente e na saúde e bem-estar das pessoas. Para que o planejamento urbano seja ambientalmente adequado, a principal estratégia é utilizar o vento, a geomorfologia, a água e a vegetação como ponto de partida para a tomada de decisões (HIGUERAS, 2006, p. 97).

As informações climáticas aplicadas aos diferentes níveis de planejamento abrangem desde o contexto regional até o projeto urbano e do edifício. Na escala urbana, o espaço arquitetônico associado às condicionantes do ambiente, determinam o desempenho microclimático do recinto urbano. Como toda edificação exerce e recebe influência de seu entorno imediato, as construções não podem ser tratadas de modo isolado, assim como o espaço urbano não pode ser analisado de modo desvinculado da arquitetura que o conforma (figura 15).

Figura 15 - Edificações em Recife-PE.



Fonte: Artur Schimbergui (2020).

Para responder às necessidades climáticas de cada região, os projetistas precisam considerar uma grande variedade de usos do solo, tipos de edificação e tipos de moradia, como também devem considerar os condicionantes ambientais (relevo, hidrografia, clima, vegetação) na determinação de orientação, altura das construções e desenho das ruas adequadas às necessidades de conforto. O urbanismo bioclimático transforma capacidade em realidade.

Dentro do planejamento, a legislação urbanística é responsável pela produção do espaço urbano através, por exemplo, dos usos permitidos, do gabarito e das taxas de solo natural dos lotes. Segundo Arboés (2017, p. 44), ela pode ser entendida como um conjunto de regulamentações alusivas ao parcelamento, ao uso e à ocupação do solo e às edificações. A partir do estabelecimento dos parâmetros construtivos, ela age como principal fator de alterações físicas e ambientais das cidades. Por exercer influência no ambiente urbano, quando associada ao conceito de urbanismo bioclimático e de conforto termoambiental, ela promove uma melhor gestão dos recursos naturais e de utilização racional do território (FREITAS; AZERÊDO, 2013, p. 100; HIGUERAS, 2006, p. 131).

Uma legislação urbana que considere os princípios do urbanismo bioclimático produz formas urbanas eficientes quanto à densidade, à verticalização e aos tipos de usos, e contribui para minimizar os impactos ambientais decorrentes do processo de urbanização. Por outro lado, uma legislação urbana ineficiente, distante dos princípios do urbanismo bioclimático, contribui para que sejam estabelecidas estruturas espaciais inadequadas e mal ordenadas. Como consequência, tem-se o prejuízo da qualidade ambiental e a diminuição da qualidade de vida.

Daí a importante e necessária discussão sobre os princípios do urbanismo bioclimático aplicados ao processo de urbanização. As decisões de uso do solo tomadas nos níveis municipais, regionais e estatais têm um efeito significativo na conservação do ambiente (FARR, 2013, p. 113). Os tipos, a extensão e a distribuição dos usos do solo precisam estar baseados na análise do meio, no conhecimento do clima e nas necessidades de bem-estar dos usuários.

No Brasil, o atual padrão de legislação para controle e ordenamento da ocupação e uso do solo tem constituído uma barreira para a implantação de soluções mais eficazes para o aproveitamento dos condicionantes ambientais no interior da estrutura urbana. O intenso processo de urbanização tem gerado espaços pouco articulados em termos de ocupação, com grandes problemas de adequação ambiental (LACERDA; ZANCHETI; DINIZ, 2000, p. 85).

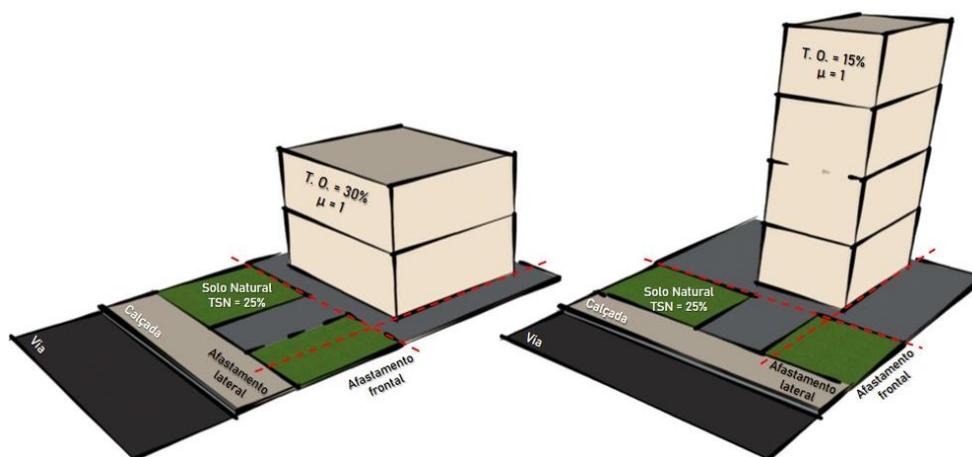
Nesse contexto, há um desafio complexo ao planejamento urbano: orientar o crescimento das cidades com base no desenho urbano e na configuração dos espaços. Segundo Torres (2017, p. 58), as estratégias do uso e ocupação do solo contidas na legislação urbanística são alguns dos principais fatores relacionados ao planejamento que têm influência sobre a qualidade ambiental no espaço urbano. Para que o desempenho climático seja otimizado, é necessário analisar como a legislação urbanística pode contribuir para diferentes tipos de formas urbanas, capazes de minimizar os impactos negativos sobre o clima das cidades.

Instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana, o Plano Diretor é definido no Estatuto da Cidade e estabelece diretrizes gerais, em longo prazo, garantindo a necessária coerência e continuidade nas ações, especialmente, aquelas que dizem respeito à expansão da área urbana e à proteção do meio ambiente (ARBOÉS, 2017, p. 45).

O Plano Diretor do Município de Recife, Lei Nº 17.511 /2008, dispõe sobre diretrizes gerais de ordenação urbana, constituindo-se um dos principais instrumentos na transformação do espaço. Salienta-se que todo o município é classificado como zona urbana. Por sua vez, a Lei Nº 16.176/96, instituída no Plano Diretor e referente ao Uso e Ocupação do Solo – LUOS, é definida pela cartilha “Recife: Normas para a construção da cidade, a Lei de Uso e Ocupação do Solo e sua Revisão”, como um conjunto de regras impostas pelo município, que se referem basicamente a: parcelamento, que regula sobre o tamanho e a largura dos lotes e das ruas; construção dos edifícios, regulando a taxa de ocupação, o coeficiente de aproveitamento, os recuos e o gabarito; usos, separando os usos que podem trazer incômodos a outros, organizando-os na cidade como um todo.

A LUOS, além de definir que usos podem se instalar em cada local da cidade, também pode direcionar o seu crescimento, indicando áreas em que se devem ou não construir mais edificações e quais os parâmetros permitidos para cada local. Os parâmetros urbanísticos, estabelecidos pela Lei de Uso e Ocupação do Solo – Lei N° 16.176/96, são responsáveis pela forma como se pode usar e ocupar o espaço urbano e são representados pela Taxa de Solo Natural (TSN), Coeficiente de Utilização (μ) e Afastamentos (Af) (figura 16).

Figura 16 - Esquema de Taxa de Solo Natural, Coeficiente de Utilização (μ) e Afastamentos (Af).



Fonte: Artur Schimbergui (2020).

A **Taxa de Solo Natural (TSN)** é o percentual mínimo da área do terreno a ser mantida nas suas condições naturais, tratada com vegetação e variável por zona. Ela é responsável pela manutenção e pela preservação das áreas livres e dos solos permeáveis, no interior dos lotes, bem como pela elevação da qualidade ambiental, ao incentivar a implantação de vegetação, em especial, de porte arbóreo, capaz de promover sombra, amenizar a temperatura do ar e atenuar a poluição atmosférica.

O **Coeficiente de Utilização (μ)** corresponde a um índice definido por zona que, multiplicado pela área do terreno, resulta na área máxima de construção permitida. A área máxima de construção controla a densidade construtiva, permitindo diferentes formas de ocupação, com diferentes alturas e afastamentos. A depender do valor do coeficiente estabelecido para a zona, esse parâmetro pode viabilizar formas de ocupação que facilitem a dispersão de calor e incrementem o fluxo de ar na estrutura urbana.

Os **Afastamentos** (Af) são estabelecidos como as distâncias que devem ser observadas entre a edificação e as linhas divisórias do terreno, constituindo-se em afastamentos frontal, lateral e de fundos. São definidos em função do número de pavimentos, permitindo permeabilidade aos ventos e inserção de vegetação de porte arbóreo nas áreas livres, auxiliando no controle da temperatura do ar e da umidade relativa do ar.

Esses parâmetros, orientando o controle de ocupação, podem subsidiar novas respostas ao ambiente urbano, no nível microclimático, devido à possibilidade de estímulo à conservação e à configuração de espaços livres. Eles, em si, já representam a implantação de estratégias bioclimáticas, com potencial para incorporação de outras estratégias bioclimáticas. A ação conjunta desses instrumentos, adaptando-os aos diferentes tipos climáticos, é capaz de incrementar a circulação do ar e o equilíbrio térmico no tipo climático tropical litorâneo quente e úmido, ao promover formas urbanas eficientes, adequadas às demandas climáticas locais.

O disciplinamento adequado do uso do solo conserva os recursos naturais, amplia a qualidade ambiental e de vida dos usuários, além de atenuar os gastos energéticos, princípios básicos do urbanismo bioclimático. Por outro lado, estes mesmos parâmetros urbanísticos, que deveriam servir como base para projetos de arquitetura adequados às condições ambientais locais, acabam promovendo construções que interferem, negativamente, nos sítios físico-geográficos do Recife, a depender de onde são determinados e como são utilizados.

No confronto à Lei do Uso e Ocupação do Solo do Recife (Lei Nº 16.176/96), responsável pelos parâmetros urbanísticos que regem a cidade, a Lei dos 12 Bairros (Lei Nº 16.719/01) teve por intuito condicionar a ocupação e o uso do solo em bairros específicos, com base em parâmetros e índices bem mais restritivos. A ideia era proteger o ambiente natural e construído, frente à ameaça que o intenso processo de adensamento estava exercendo. Fundamentando-se nos princípios da Conservação Urbana Integrada, tinha por principal objetivo requalificar o espaço urbano coletivo por meio da limitação da altura das novas construções (SANTOS, 2014, p. 88).

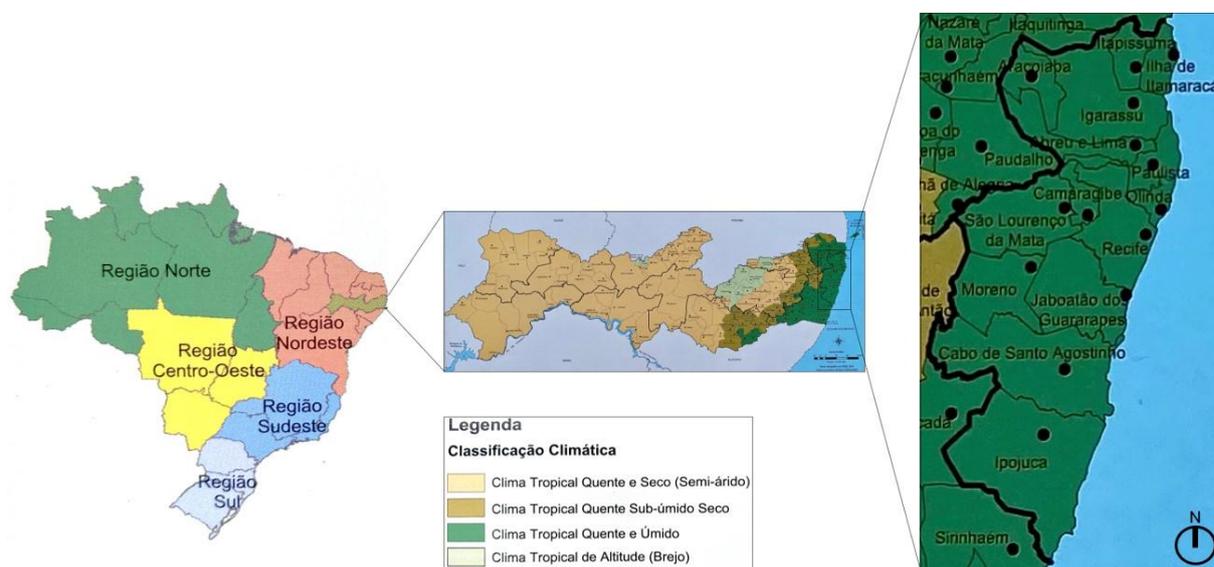
A mudança na legislação urbanística buscou, entre tantos fatores, a adequação climática, através de parâmetros urbanísticos associados aos espaços de intervenção. Os efeitos da adequação dos parâmetros urbanísticos às estruturas ambientais existentes, referentes à Lei dos 12 Bairros, bem como os impactos decorrentes do processo de urbanização, estabelecidos pela Lei de Uso e Ocupação do Solo de 1996, estão apresentados no capítulo 3, a seguir.

3 O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO DO RECIFE: HISTÓRIA, CAUSA E EFEITO

3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-AMBIENTAL

A Região Metropolitana do Recife abrange a porção da orla costeira e sub-costeira de Pernambuco que se estende, na linha do litoral, desde a Ilha de Itamaracá até Ipojuca, compreendendo, em linha reta, cerca de cento e cinco quilômetros (CONDEPE/FIDEM, 2011, p. 62). Quatorze municípios constituem a região metropolitana recifense (figura 17). Norte, ficam Olinda, Paulista, Abreu e Lima, Igarassu, Itapissuma e Itamaracá. Ao Sul, estão Jaboatão dos Guararapes, Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca. Na porção Oeste, tem-se Moreno, São Lourenço da Mata e Camaragibe. Ao Noroeste, encontra-se Araçoiaba.

Figura 17 - RD Metropolitana do Estado de Pernambuco.



Fonte: Adaptado de Condepe/Fidem (2011, p. 62).

Recife é a cidade polo e exerce importante função regional. O território do município abrange uma área de 209 km², o que significa 2% da área do estado de Pernambuco. Abriga uma população estimada de 1,65 milhões de habitantes, o que corresponde a 17,2% da população estadual e a 41,6% do total da região metropolitana, conforme estimativas para 2020.

Segundo o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, entre os anos de 1991 e 2000, o Recife atingiu taxa de urbanização de 100%. Isso significa que, juridicamente, a cidade não possui

mais zona rural, não há área de expansão urbana, mesmo que ainda haja áreas passíveis de parcelamento, de reurbanização e de adensamento.

Ressalta-se que, na cidade, há amplos espaços naturais e com vegetação nativa. Essas áreas são protegidas por lei, como é o caso do Parque dos Manguezais, no bairro de Boa Viagem (figura 18-a), ou estão sob domínio privado, a exemplo das terras localizadas na porção Oeste da cidade, no bairro da Várzea (figura 18-b). Possíveis mudanças na legislação, alterando as áreas de preservação ambiental, ou no interesse privado, optando por lotear as suas terras, são meios capazes, ainda que não recomendados, de configurar novos espaços a serem urbanizados.

Figura 18 - (a) Parque dos Manguezais - Unidade de Conservação da Natureza (UCN), em Boa Viagem, Recife-PE; (b) Espaço natural sob domínio privado, na Várzea, Recife-PE.



(a)



(b)

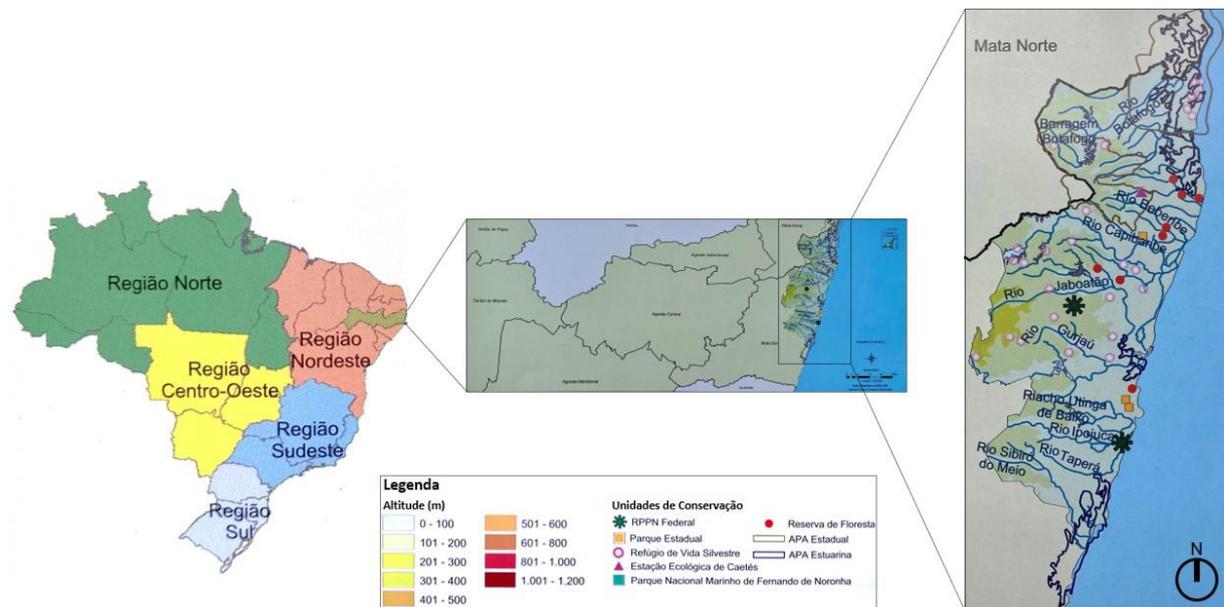
Fonte: (a) JC Imagem; (b) Viator;

O relevo, a hidrografia, o clima e a vegetação são interdependentes, pois estabelecem influências entre si. Os compartimentos e as feições de relevo compõem as paisagens geomorfológicas, exercendo, muitas vezes, influência sobre o uso e ocupação do solo. A altitude é um dos elementos que permite caracterizar o relevo. As diferentes altitudes são influenciadas a partir dos processos erosivos resultantes da caracterização da forma do relevo. Esses processos influenciam diretamente a rede de drenagem e a formação de diferentes modelos que constituem o território pernambucano, tal como as planícies litorâneas (Condepe/Fidem, 2011, p. 20-22). A planície litorânea refere-se à uma área sedimentar, plana e baixa, formada por praias e restingas, acompanhando a orla marítima, penetrando para o interior do Estado através de vales fluviais, como dos rios Capibaribe e Beberibe, em Recife.

A cidade do Recife se assenta numa planície flúvio-marinha – composta de ilhas, penínsulas, alagados e mangues, envolvidos por braços de rios – estendida desde as costas marinhas até um conjunto de colinas, que se prolongam desde Olinda, ao norte, até Jaboatão dos Guararapes, ao sul; a leste, o litoral é guarnecido por extensos cordões de arenito que, naturalmente, sugestionam a localização de um ativo porto; a oeste, seus limites são os municípios de Camaragibe e São Lourenço da Mata (BARRETO, 1994, p. 21; GOMES, 2007, p. 58).

A Cidade é recortada por rios e caracterizada por baixios facilmente alagáveis. Fazem parte da bacia hidrográfica do Recife a nascente do Beberibe, proveniente dos morros da Zona Norte; o rio Jordão, que procede das colinas situadas a sudoeste; o rio Jiquiá, que se estende pela área central da planície; o rio Tejipió, com nascente na Várzea, seguindo na direção norte-sul (figura 19). A drenagem do seu território é feita, principalmente, pelo rio Capibaribe que se estende no sentido leste-oeste.

Figura 19 - Relevo e hidrografia metropolitana.

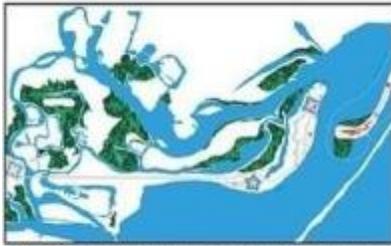


Fonte: Adaptado de Condepe/Fidem (2011, p. 63).

Em razão do processo de urbanização, as áreas naturais da cidade sofreram processos de estreitamentos de suas margens e áreas alagáveis, viabilizadas por aterros, lixos e entulhos, além de outros sedimentos (figura 20). Conforme aponta Barreto (1994, p. 25), o elemento humano, em nome da expansão urbana, contribuiu ativa e diretamente para ampliar a ocupação de áreas que antes pertenciam às marés e às várzeas dos rios.

Figura 20 - Comparativo das áreas aterradas, em Recife-PE.

Antes e depois dos aterros



1648 Os mapas elaborados pelo arquiteto José Luiz Mota Menezes mostram o avanço da cidade sobre os mananciais. Os pontos vermelhos são de construções



1840 Neste mapa é possível perceber a multiplicação das construções na cidade. A ocupação na capital avança para as áreas dos Coelhos, Cabanga e Afogados.



1932 O crescimento da cidade sobre áreas aterradas é nítido. Na década de 1930, a taxa de urbanização do Recife era de aproximadamente 30%. Hoje é de 90%.

Fonte: Diário de Pernambuco (2016).

Se, por um lado, os elementos naturais (rios, Oceano Atlântico, ventos e mangues) contribuíram para a formação da planície recifense, por outro, a ação humana deixou marcas profundas no solo em que está edificada a maior parte da cidade. O resultado desse processo rebate-se em forma de alagamentos e de enchentes, que interferem diretamente nas condições ambientais da cidade.

O crescimento populacional do Recife implicou na ampliação do espaço urbano, de tal modo que, se em um primeiro momento, os amplos terrenos horizontais alagáveis foram ocupados, representando uma vitória sobre as condições desfavoráveis do sítio natural, posteriormente, a procura por áreas menos valorizadas que aquelas localizadas em terra firme e menos propensas a alagamentos, resultaram na ocupação de encostas e topos dos morros da periferia urbana.

Nas décadas de 40 e 50, além das enchentes, a expansão acelerada da cidade fez com que as áreas de manguezais se retraíssem. Os sucessivos aterros nas margens dos rios e a supressão do manguezal são ocupados por moradias da classe média/alta. Em consequência, a classe pobre prossegue à procura de terrenos menos valorizados e caminham para os morros ou para a periferia da planície. (MELO, 1958).

A expansão para essas áreas afetou ainda mais o equilíbrio ecológico. Enquanto nas áreas planas, o maior risco é o de alagamento da sua planície de inundação, nas áreas de morro, o risco maior é de deslizamentos, rolagem de blocos e de matas, devido ao relevo acidentado, à erosão, à fragilidade do solo e ao desmatamento (figura 21) (FREITAS, 2008, p. 129). A expansão urbana sobre áreas, como encostas de morros, torna os locais mais propensos à existência de acidentes naturais que ocasionem perdas materiais e humanas.

Figura 21 - (a) Alagamentos na Av. Caxangá, em Recife-PE; (b) Deslizamento em Dois Unidos, em Recife-PE.



Fonte: (a) Diego Nigro/JC Imagem (2016); (b) Marlon Costa/Pernambuco Press (2019).

Os fenômenos provenientes das transformações urbanas locais, associados à substituição de áreas permeáveis e alagáveis por construções e superfícies impermeabilizadas, são acentuados pelas condições do clima tropical litorâneo quente e úmido. O Recife, assim como toda a costa nordestina oriental, foi construído em uma área antes ocupada pela Mata Atlântica, vegetação típica desse tipo climático.

Dentre as características do clima tropical litorâneo quente e úmido, citam-se as seguintes: radiação solar intensa e alta temperatura do ar, acima de 25°C; regime térmico estável, com pequenas variações de temperatura durante o dia; alta umidade relativa do ar, acima de 70%; pluviosidade acima de 2.000mm anuais; duas estações bem definidas: uma quente e úmida (verão) e outra menos quente (inverno), com pequena variação de temperatura entre elas; ventos dominantes com predominância do sudeste (FREITAS; AZERÊDO, 2013, p. 101).

O Recife está localizado no litoral oriental do nordeste brasileiro, entre os trópicos de Câncer e de Capricórnio, a uma latitude de 08°23' ao sul do Equador. Áreas com baixas latitudes tendem a apresentar altas temperaturas e excessiva radiação. Os efeitos associados à baixa latitude podem ser atenuados: pelos ventos, que penetram a planície recifense ao longo da costa, em razão da proximidade marítima; quando associados a regiões com elevadas altitudes, geralmente caracterizadas pela maior exposição aos ventos e pelo menor acúmulo de calor. Áreas mais próximas ao nível do mar, possuem menores altitudes e apresentam maior pressão atmosférica, tornando-se mais quentes.

A urbanização, ao gerar barreiras aos ventos, tem interferido negativamente na penetração e na circulação do ar na estrutura urbana. Embora, à sua época, Melo (1978, p. 39) tenha analisado que não existiam barreiras orográficas suficientemente capazes de interceptar ou perturbar a livre circulação atmosférica, tampouco massas de edifícios capazes de produzir efeitos locais de ventilação interceptada, a atualidade tem sido marcada por altas e desconfortáveis temperaturas no espaço urbano.

Ao longo dos anos, alguns fatores contribuíram para que as condições climáticas fossem negativamente afetadas. Desde os estudos realizados por Melo, em 1978, até o presente, o movimento de expansão e as transformações que caracterizaram o crescimento urbano do Recife influíram sobre o meio ambiente e seus elementos.

Sob o aspecto do avanço urbano sobre o Município, o desenvolvimento, a manutenção ou o avanço de legislações urbanísticas baseadas em parâmetros construtivamente permissivos, estimularam o aumento do número de construções na cidade. As mudanças de tamanho, de estrutura e de forma concederam ao espaço urbano um novo grau de influência sobre as condições climáticas locais, interferindo na temperatura do ar, na umidade relativa do ar e na direção e velocidade dos ventos.

Essa mudança dimensional implicou no aumento e na diversificação dos equipamentos funcionais e das atividades humanas no espaço urbano. Sob o condicionamento do crescimento demográfico e da transformação econômica, alterou-se, em forma e em proporção, a capacidade de se gerar e acumular calor no ambiente urbano. A alta radiação solar e a nebulosidade típica dos trópicos úmidos, com raios solares intensos e constantes durante todo o ano, devido à baixa latitude, incrementaram o aumento da temperatura e o desconforto térmico na cidade.

As modificações climáticas foram acentuadas pelas alterações no regime dos ventos, fator importante para o conforto térmico em climas quentes e úmidos. Os ventos em Recife, estando sob a influência dos alísios do hemisfério austral, são predominantes da direção sudeste. Esses ventos apresentam velocidade média de, aproximadamente, 6,0m/s em áreas sem barreiras, e picos de 10m/s na orla oceânica e no alto dos morros (FREITAS, 2008, p. 186).

Com o avanço da urbanização sobre o Município, as novas edificações construídas, sobretudo, na orla oceânica recifense, passaram a modificar a direção e a velocidade dos ventos que penetram no interior da estrutura urbana, dificultando a dispersão de calor e a amenização do desconforto causado pela alta umidade (figura 22).

Figura 22 - Edificações em Recife-PE.



Fonte: Artur Schimbergui (2020).

De acordo com as Normais Climatológicas, período 1981-2010, disponíveis pelo Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet, a umidade relativa do ar média anual, em Recife, é de 78.3% na estação meteorológica, em área considerada natural, livre de obstáculos. Em locais próximos à orla, a influência do Oceano provoca um aumento nesse valor. Em áreas mais afastadas, a umidade é expressiva devido à presença de inúmeros rios, córregos, canais, açudes e lagoas. A oeste, morros e matas mantêm altas umidades (FREITAS, 2008, p. 186). Nas áreas com grande concentração de pessoas e atividades, e em bairros com altas densidades construtivas, esse valor é consideravelmente menor, de aproximadamente 60%, em razão dos climas urbanos, que ao apresentarem altas temperaturas, exercem influência nos valores de umidade relativa do ar. Ressalta-se que essa porcentagem também pode sofrer variações, dependendo das condições de urbanização de cada local, que apresentará um clima urbano específico.

A partir de toda essa discussão, existe uma dupla manifestação inerente ao processo de urbanização do Recife. Por um lado, o fenômeno de crescimento da cidade a fez assumir uma importante função regional, conforme analisa Barreto (1994, p. 21). Por outro, a expansão urbana promoveu mudanças que afetaram a sua forma e os seus componentes ambientais, passando a interferir, constante e progressivamente, no conforto das pessoas no seu espaço urbano.

Considerando-se que o processo de urbanização era inerente e inevitável, e avaliando-se a importância da legislação urbanística para a produção da forma urbana local, questiona-se: Como as legislações urbanísticas instituídas em Recife, ao longo do tempo, contribuíram para um crescimento urbano ineficiente sob a ótica do urbanismo bioclimático?

3.2 A EVOLUÇÃO DO RECIFE: A HISTÓRIA DA SUA FORMA URBANA

Observar transformações relacionadas à maneira como a cidade do Recife evoluiu é necessário para confrontar e compreender as influências exercidas pela expansão urbana sobre o seu meio físico. O espaço urbano de um local equivale ao acúmulo de mudanças ocorridas em cada período histórico. As ações humanas produtoras desses espaços determinam mudanças ambientais que influenciam a qualidade de vida humana e do ambiente. Analisar o processo de ocupação e os aspectos inerentes à construção da cidade é importante para avaliar se a forma urbana se apropriou da natureza, e o quanto interferiu nos condicionantes ambientais locais.

O processo de formação urbana do Recife iniciou-se ainda no final do século XVI, a partir de uma pequena povoação pertencente à Vila de Olinda, que surgiu próximo ao porto, na extremidade meridional do antigo cordão litorâneo. Essa povoação era apenas um local onde moravam alguns pescadores e onde estavam alguns armazéns para armazenamento de açúcar e de mercadorias. Na época, os engenhos de açúcar dominavam o comércio de açúcar às margens do Capibaribe e eram responsáveis pelos primeiros centros de ocupação longe do litoral (figura 23). O fluxo gerado entre esses dois extremos gerou os primeiros eixos de crescimento.

Figura 23 - Engenho de açúcar. Reprodução de pintura de Frans Post, século XVII.



Fonte: Enciclopédia Itaú Cultural de Arte e Cultura Brasileiras (2020).

Com a chegada dos holandeses, em 1630, a cidade expandiu o seu crescimento. Como a ocupação existente, dominada pela aristocracia açucareira estabelecida nas colinas, não favorecia os interesses militares e comerciais, os invasores preferiram se estabelecer em terras baixas, próximas ao porto. A localização escolhida fez com que ocupassem importante posição na comercialização de produtos. Com o domínio territorial aliado ao poder comercial, iniciou-se na cidade o processo para a formação do espaço urbano do Recife.

Datam dessa época as primeiras mudanças significativas no espaço natural do Recife. Com a chegada de Maurício de Nassau, em 1637, foram realizadas grandes ações culturais, artísticas e urbanas. Com o problema de habitação no Recife, a alternativa encontrada foi estimular a ocupação da ilha de Antônio Vaz. Para a ocupação urbana, foi elaborado o primeiro plano urbanístico de uma cidade brasileira. Erguia-se, assim, a Cidade Maurícia.

As transformações modificaram o espaço e as formas de comunicação entre as áreas da cidade. Foram abertos ou fechados camboas, canais, aterrados, locais alagadiços e encharcados. Foram construídas pontes, ruas e casas. Incorporaram-se novos espaços à expansão urbana. O modelo de ocupação definido no plano resultou em um novo traço urbano e em um novo tipo de habitação marcante da dominação holandesa, o sobrado (figura 24).

Figura 24 - Sobrados na Rua dos Judeus, atual Rua do Bom Jesus, em Recife-PE.



Fonte: Barreto (1994).

Esse tipo de construção foi descrito por Gomes (2007, p. 85) como estreito, comprido e de partido vertical, com três, quatro ou cinco andares. A grande cobertura em duas águas e o frontão em escadinha, aspectos tipicamente holandeses, conferiam aos sobrados maior verticalidade. A implantação no paramento da rua não apresentava problemas de insolação, devido à estreiteza da via, que promovia o sombreamento. A direção da rua favorecia os ventos, que amenizavam as temperaturas nos horários de maior intensidade (BARRETO, 1994, p. 79).

No entanto, as condições de ocupação estavam mais adequadas ao clima temperado do país de origem dos colonizadores do que ao clima tropical litorâneo quente e úmido de Recife. A forma urbana resultante não atendeu de forma eficiente as demandas necessárias ao conforto no espaço urbano. As edificações sem afastamentos, a depender da orientação, prejudicavam a penetração do ar nas ruas transversais e a circulação dos ventos na altura do pedestre. A substituição do solo natural, da antiga vila de pescadores, por calçamento com pedras, implicou em uma menor drenagem do solo e em um maior acúmulo de calor. A supressão da vegetação para dar espaço às novas construções e às obras de melhorias contribuíram para o aumento da temperatura do ar. As fortes influências exercidas pelas transformações urbanas sobre o clima revelam que, nesse período, começavam a surgir os primeiros climas urbanos na cidade.

As transformações na arquitetura e no urbanismo promovidas pelo domínio holandês permaneceram até o ano de 1645. A revolta promovida pelos proprietários de engenhos, insatisfeitos pelas constantes perdas de poder político, culminou na expulsão dos holandeses e devolveu o poder à aristocracia rural e à capital Olinda.

A segunda metade do século XVII foi marcada por novas tendências no comércio externo, refletidas sobre a cidade e seu crescimento. A crise no setor açucareiro, estendida até o século XVIII, delineou uma nova forma de ocupação. Os engenhos, sem investimentos, eram arrendados. Os trabalhadores, sem recursos, passaram a ocupar a área dos engenhos. Estes espaços, localizados em torno dos centros urbanos, passaram a direcionar o crescimento do Recife.

O novo fluxo de urbanização e expansão da cidade gerou novas formas de ocupação e novos tipos de arquitetura. O modelo de implantação das construções foi modificado aos poucos. As mudanças inferiram na substituição dos engenhos por usinas ou sítios e, posteriormente, por subúrbios. Os caminhos entre os engenhos e o Porto foram sendo ocupados e serviram como principal vetor de urbanização e expansão do Recife.

Essas mudanças promoveram diferentes formas urbanas, em todos os seus aspectos históricos, de densidade, de renda, entre outros (FREITAS, 2008, p. 192), dando origem a uma diversidade quanto aos climas urbanos, que seguiram nos séculos seguintes, até o início do século XX. O processo de ocupação ocorrido nos séculos anteriores expandiu os limites do Recife para além dos espaços próximos ao Porto ou aos engenhos, demonstrando nitidamente a configuração radial assumida pelas vias que seguiam os cursos dos rios.

Desde a sua gênese, o Recife passou por uma série de transformações. Entretanto, as reformas ocorridas entre o século XIX e XX foram as mais significativas para o seu processo de urbanização. As medidas para a modernização do Recife e para a expansão da antiga cidade colonial, com o objetivo de adaptá-la à nova realidade urbana, foram traduzidas na abertura de ruas conquistadas dos mangues e em novas construções. A influência das reformas urbanas europeias fez com que se buscasse reproduzir aqui a experiência exercida lá. Foram criadas normas que regulamentavam a substituição do tecido urbano e das construções existentes por modelos estrangeiros que tinham como marca largas avenidas e altos edifícios.

Em 1909, à moda dos princípios do plano de Haussmann, em Paris, todo o desenho urbano do traçado das Avenidas Marquês de Olinda e Rio Branco foi modificado. Todo o conjunto acompanhava o novo ritmo imposto, desde a implantação dos edifícios na quadra, passando para o traçado das ruas, até chegar às edificações ecléticas.

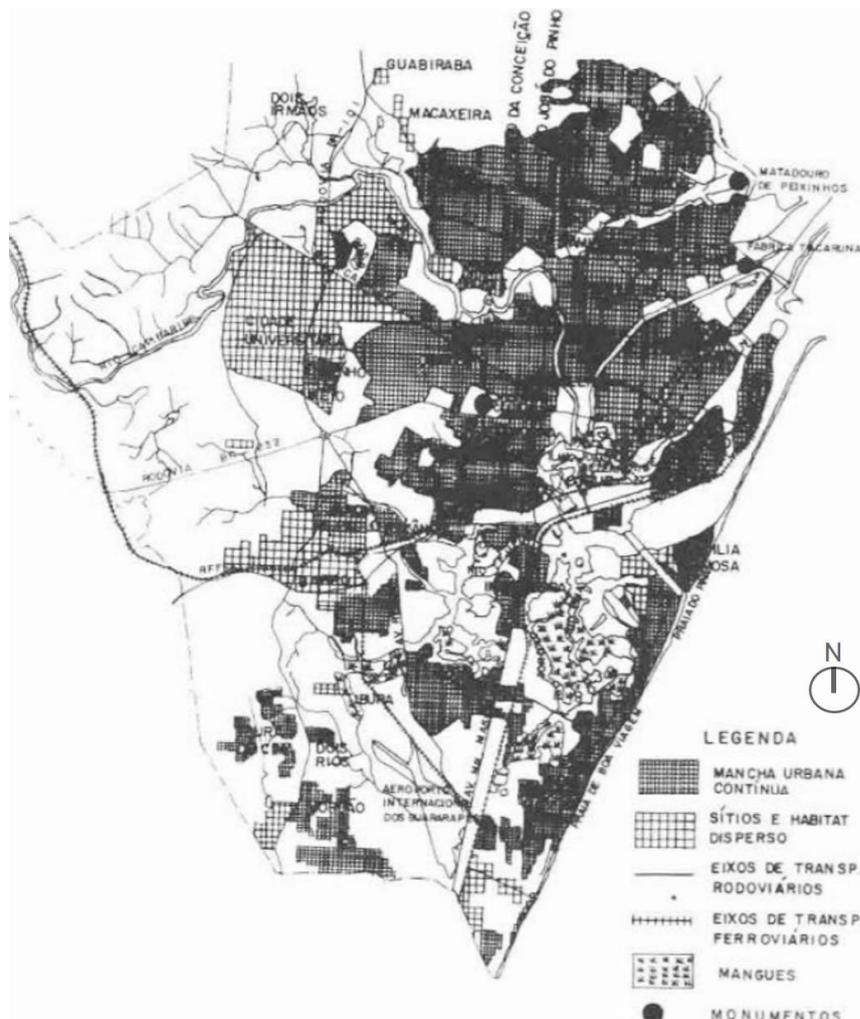
Fora do Recife Antigo, nos demais bairros da cidade, a principal mudança assumida pelas novas edificações, seguindo critérios estabelecidos pelos planos urbanísticos, refere-se às soluções de implantação, identificada pelos esforços de afastamentos das construções em relação aos limites dos lotes. Para desenhar a futura edificação, os parâmetros de desenhos baseados em recuos, gabaritos e taxa de ocupação passam a ser responsáveis por essa nova relação entre lote e edifício (MEDINA, 2018, p. 48). Os limites laterais da edificação eram recuados, comumente em apenas um dos lados, e a fachada conservada sobre o alinhamento da via pública. Em alguns casos, o jardim foi introduzido (REIS, 1987, p. 44), visando ofertar maior possibilidade de circulação dos ventos e amenização da temperatura do ar no meio urbano.

No início do século XX, os bairros de Recife e Santo Antônio já se encontravam densamente construídos. O bairro de São José possuía pequenas áreas com habitat disperso, que seguia em direção à Afogados, Ipiranga, Estância e Areias. No sentido sul, prosseguia pelo Cabanga, atingindo o Pina, margeando as áreas alagáveis com habitações dispersas até em torno da Igreja

Na década de 1940, as edificações já seguiam parâmetros de construção tais como, recuos, taxa de ocupação, coeficiente de utilização. Na década de 1950, alterações foram introduzidas nos regulamentos para permitir a verticalização e o aumento de espaços entre a edificação e o lote, nas áreas de expansão. Isto marcou transformações significativas na relação entre tipo do edifício e forma do bairro (MEDINA, 2018, p. 48).

Em 1960, a população total de Recife era de 797,2 mil (MELO, 1978, p. 71). O crescimento demográfico significou a ampliação dos bairros e subúrbios, que foram se conurbando, favorecendo a formação de uma massa contínua de construções. O aumento na demanda por espaço resultou em modificações mais substanciais nos mangues, alagados e na Mata Atlântica existente nos morros. A nova configuração espacial promoveu novos eixos de expansão urbana, como no sentido sul, na orla que vai desde o Pina até a igreja de Boa Viagem (figura 26).

Figura 26 - Planta do Recife de 1951.



Fonte: Barreto (1994).

Nas décadas seguintes, emergiu a ideia de um planejamento mais amplo, onde as intervenções urbanas estavam associadas às necessidades locais decorrentes do processo de expansão. A intensa leva de imigrantes vindos do interior aumentou vertiginosamente a demanda por espaço. A partir disso, prédios mais altos começaram a fazer parte do cenário da cidade. As enchentes na planície do rio Capibaribe também contribuíram para a verticalização e para a valorização do bairro de Boa Viagem (figura 27). Segundo analisa Barreto (1994, p. 130), a verticalidade imposta pelos espigões modificou toda a paisagem urbana. As mutações sofridas em toda a sua história foram acompanhadas por transformações sociais, econômicas e ambientais.

Figura 27 - Edifício Acaiaca, construído no ano de 1957, em Boa Viagem/PE. Marca temporal da transição das casas residenciais para os prédios de apartamentos.



Fonte: NING Interactive Inc.

Nesse contexto, surgiram as Regiões Metropolitanas, com o intuito de vincular diferentes espaços urbanos a um planejamento específico. A Lei Complementar Nº 14, de 09/06/1973, que institucionalizou as Regiões Metropolitanas, concedeu às entidades administrativas locais a responsabilidade sobre o desenvolvimento urbano, baseado nas questões referentes ao uso do solo e à infraestrutura básica.

A mesma Lei Complementar Nº 14 instituiu os municípios pertencentes à Região Metropolitana do Recife. Em 1975, foi criada a Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife, que estabeleceu um plano de desenvolvimento integrado para a região. Além dos programas específicos, que tinha como prioridade a viabilização financeira e o fortalecimento institucional, diversos outros planos, em diferentes áreas, foram elaborados. Estes planos estabeleciam diretrizes que deveriam ser seguidas pelos municípios integrantes. Um dos principais programas desse planejamento era referente à Lei do Uso do Solo Urbano.

Entretanto, as normas urbanísticas, instituídas em Recife a partir da última metade do século XX, refletem a imagem contraditória tão característica ao seu próprio processo de crescimento. O Recife atual apresenta uma forma urbana constituída de partes morfológicas que se justapõem, expressão de um espaço urbano dotado de contrastes (MEDINA, 2018, p. 49). Os instrumentos urbanísticos, então responsáveis por orientar esse crescimento, geraram um desequilíbrio na eficácia das infraestruturas urbanas (SOUZA, 2014, p. 76), devido à elevada densidade permitida nos parâmetros e a lógica de regulamentação privada do lote. Analisar a evolução da legislação urbanística é um importante caminho para que seja construída uma base estratégica, que tenha como objetivo estabelecer uma relação harmoniosa do novo com o existente e seu ambiente natural.

3.3 A DINÂMICA ESPACIAL DO RECIFE: A CAUSA DA SUA FORMA URBANA

A forma urbana é composta por uma rede de elementos, físicos e ambientais, correlacionados e organizados espacialmente no meio urbano. A volumetria dos edifícios, a distribuição das construções na estrutura urbana e os sistemas de espaços livres e verdes são alguns desses elementos que exercem influências na forma urbana das cidades. As legislações urbanísticas, tais como, a lei de uso e ocupação do solo e a lei de edificações, são responsáveis por regular esse conjunto de fatores, orientando diretamente o processo de ocupação, construção e organização do espaço urbano.

Ao tratar das possíveis interferências da estrutura urbana nos condicionantes climáticos, a Legislação Urbana atua na fixação de diversos parâmetros: no gabarito, isto é, no número máximo de pavimentos permitidos para determinada área; nas condições de ocupação e aproveitamento do lote; e na definição de solo permeável.

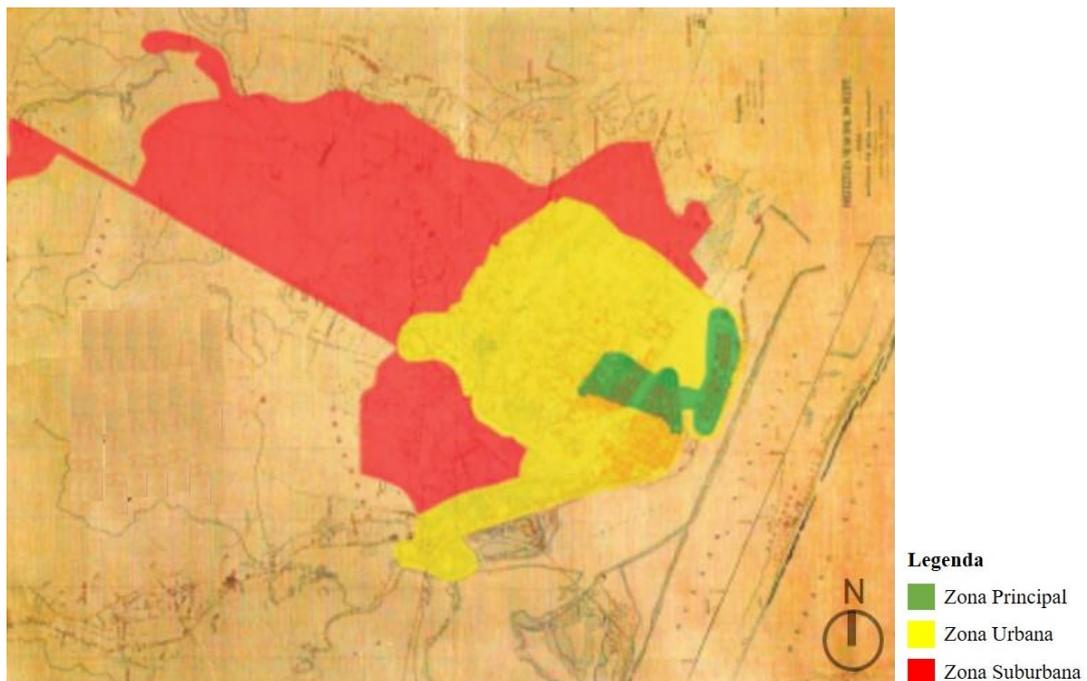
No Recife, a legislação urbanística foi um dos principais instrumentos condicionantes da sua forma urbana. Ao longo do tempo, os parâmetros foram sendo modificados de acordo com as preocupações e necessidades de cada época. Investigar a dinâmica espacial do Recife, analisando-se as principais legislações urbanísticas estabelecidas na cidade, desde a Lei Municipal Nº 1.051, de 1919, até a Lei Nº 16.719, de 2001, é fundamental para identificar e compreender os aspectos que mais exerceram influências na sua forma urbana atual.

Zoneamento de 1919

A Lei Municipal Nº 1.051, de 1919, fez parte do plano de remodelação da cidade proposto por Saturnino de Brito, influenciado pelo movimento sanitarista Europeu. Ela constituiu um código de posturas e obras municipais orientado ao planejamento global da cidade e ao projeto dos edifícios, diferente das legislações anteriores, que tratavam as questões urbanas de modo secundário e o planejamento de maneira superficial.

Essa lei definiu um padrão edificatório, estabeleceu uma hierarquia de usos e afastou a verticalização do centro da cidade. Ela estabeleceu a divisão da cidade, para efeito de planejamento, em zonas, dispostas segundo uma configuração radioconcêntrica (figura 28), conforme analisado por Medina (2018, p. 53).

Figura 28 - Planta da cidade do Recife, segundo zoneamento de 1919.



Fonte: Adaptado de Santana e Reynaldo (2017).

O primeiro perímetro, ou principal, consistia em um centro urbano, densamente construído e habitado, detentor das principais atividades urbanas. O segundo perímetro referia-se a um entorno envolvendo esse centro principal, de densidade menor e com atividades mais específicas e localizadas. O terceiro perímetro, ou suburbano, por sua vez, envolvia o segundo perímetro e era formado por uma área suburbana, de ocupação rarefeita e de uso quase exclusivamente residencial. O quarto perímetro, ou rural equivalia a uma área raramente ocupada e predominantemente natural (ALVES, 2009, p. 123; MEDINA, 2018, p. 53).

A legislação, baseada em um desenho urbano que tinha o espaço público como elemento-chave, orientou as condições de recuos e de alinhamento das construções, definindo os requisitos para se construir. A disposição dos perímetros, além de estabelecer uma regionalização funcional da cidade, determinou os aspectos tipológicos e morfológicos das edificações.

Buscando privilegiar a escala humana e a proporção entre o edifício e o espaço urbano, a altura e o alinhamento dos edifícios foram definidos conforme a largura da rua e consoante o perímetro. Objetivou-se garantir iluminação e ventilação natural, segundo os princípios higienistas da época (SOUZA, 2014, p. 77).

A forte preocupação com o conforto ambiental e com a qualidade de vida (NÓBREGA et al., 2014, p. 62) permitiu que potenciais construtivos pudessem ser alterados. No perímetro principal, não eram permitidas edificações afastadas do paramento. Essa resolução poderia ser modificada caso o construtor oferecesse para a Cidade áreas abrigadas do sol, localizadas no recuo frontal do edifício – as galerias.

As galerias cobertas permitiam ao proprietário aumentar o seu potencial construtivo, já que se admitia o aumento da altura da edificação, ao mesmo tempo que se reduzia o impacto dos edifícios sobre o espaço público da rua. Esses parâmetros foram responsáveis por orientar uma das operações urbanísticas mais importantes da época, que foi a abertura da Avenida Guararapes, no bairro de Santo Antônio (figura 29). Projetada no final da década de 1920, pelos engenheiros José Estelita e Domingos Ferreira e pelo arquiteto Nestor de Figueiredo, teve a sua construção realizada na gestão do prefeito Novaes Filho, em 1937, sendo um marco histórico e exemplar do processo de modernização da cidade.

Figura 29 - Avenida Guararapes, na década de 1950, em Recife-PE.



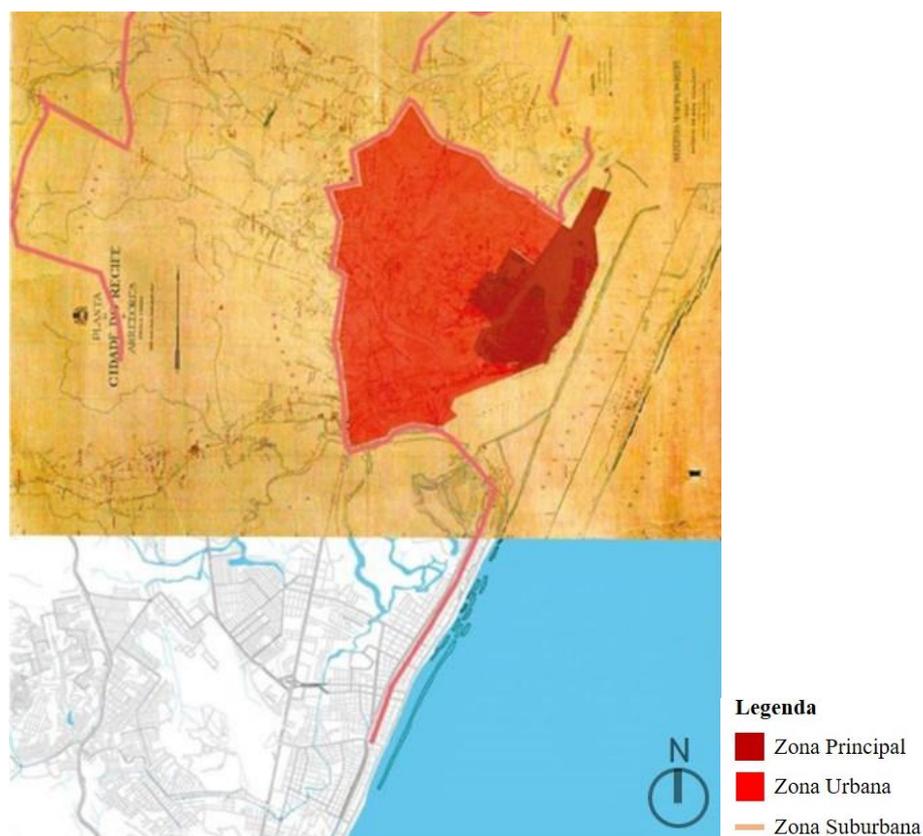
Fonte: Conselho de Arquitetura e Urbanismo de Pernambuco - CAU/PE (2014).

Por outro lado, o acréscimo de verticalização aos edifícios, associado à falta de afastamentos laterais constituía um problema às condições de conforto. A depender da disposição dessas construções, poderiam se formar blocos contínuos de edificações capazes de gerar efeitos aerodinâmicos, tais como, efeito barreira ou canalização. Esse fato demonstra que, embora a legislação tenha apresentado avanços do ponto de vista do conforto, em especial, com o incentivo ao uso de galerias abrigadas do sol, o modelo de ocupação demonstrou-se ineficiente para o tipo climático recifense.

Zoneamento de 1936

A norma que modificou e atualizou a Lei Nº 1.051/1919, foi o Código de obras, instituído em 1936, por meio do decreto nº 374. À semelhança da normativa anterior, dividiu a cidade em quatro grandes zonas: primeira ou principal; segunda ou urbana; terceira ou suburbana; e quarta ou rural (figura 30).

Figura 30 - Planta da cidade do Recife, segundo zoneamento de 1936.



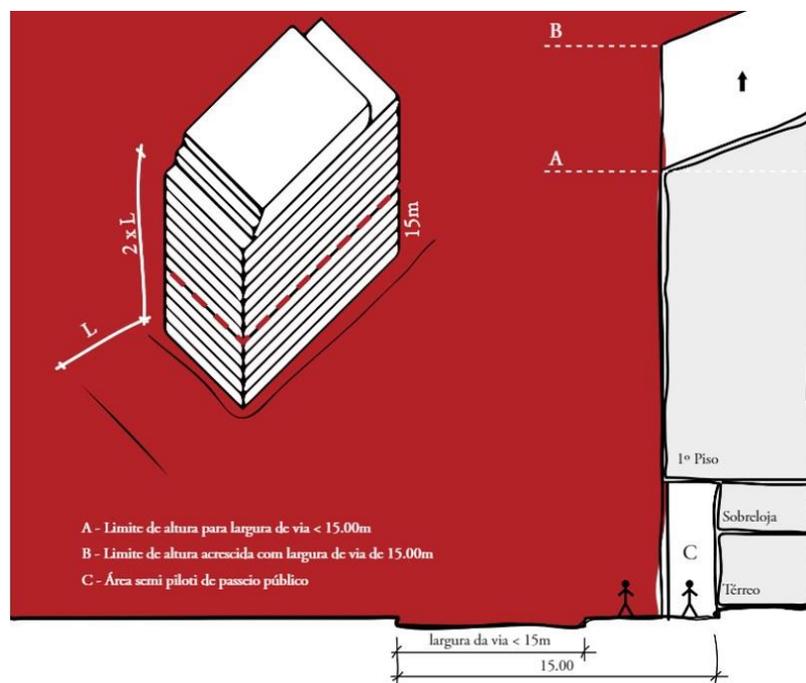
Fonte: Adaptado de Reynaldo (2017).

Não obstante, introduziu o conceito de subzonas - porções menores, onde existia uma categorização funcional relacionada com os parâmetros urbanísticos de construção. Essas subzonas estavam distribuídas nas zonas urbanas e suburbanas. Nessas áreas secundárias, propôs-se a mistura de usos comercial e residencial, nos centros comerciais e a hegemonia residencial, nos demais espaços. A nova normativa, à medida em que privilegiou a expansão da área urbana, efetivou a separação entre as atividades residenciais e as comerciais. Conforme analisado por Reynaldo (2017, p. 142), estava vedado o uso comercial nos setores residenciais ou nos terrenos onde coubesse o edifício isolado.

Outra inovação significativa proposta no Regulamento de construções, de 1936, foi referente ao padrão de uso e ocupação do solo, onde os índices de taxa de ocupação passaram a ser modificados conforme a zona. As modificações impostas vieram acompanhadas de melhorias na salubridade. Essa normativa incrementou a iluminação natural e a ventilação natural, ao estabelecer recuos mínimos, dimensões mínimas das áreas internas e ao condicionar o recuo de fundo à largura do terreno.

Contudo, a medida em que eram estabelecidas as dimensões mínimas de quadras e de terrenos para abrigar a residência isolada, nas construções alinhadas ao tipo comercial inexistiam recuos frontais, sendo permitido edificar sobre o limite do terreno com a rua. A composição dos edifícios era regulada de acordo com as características geométricas da via (figura 31).

Figura 31 - Ilustração de construção regulada pelas características geométricas da rua.



Fonte: Nóbrega et al. (2014).

A proposição de parâmetros abstratos, como as taxas de ocupação de terrenos, revelava o caráter universal que se desejava dar ao planejamento. Diante da impossibilidade de se desenhar, isoladamente, todas as partes da cidade, esses parâmetros serviram para orientar o crescimento urbano, quando associados ao zoneamento funcional e aos padrões de parcelamento do solo (MEDINA, 1996, p. 68).

Com a expansão do centro da cidade e a criação de novas áreas destinadas ao comércio e à habitação, novas demandas surgiram, modificando a estrutura morfológica dos centros secundários. Entretanto, o espaço urbano gerado pelas novas construções, produto de antigas normas e atualizações pontuais, gerou resultados conflitantes.

As reformas demandaram a desapropriação e a demolição de grande parte das antigas habitações, para a construção de novas vias, tais como a Av. Guararapes e a Av. Dantas Barreto, e edifícios altos e modernos. Sob a influência do discurso higienista, responsável por dominar o planejamento urbano desde as primeiras décadas do século XX, a população pobre foi transferida para as áreas de morro e espaços inundáveis. Com a expulsão dos moradores das áreas centrais, gerou-se uma busca por novas áreas, ocasionando problemas relacionados à especulação imobiliária, que se intensificou (ALVES, 2009, p. 133; SANTOS, 2014, p. 77).

A ausência de um planejamento integrado revelou a necessidade de soluções mais concretas, que correspondessem à regulamentação do solo urbano de modo eficiente e que resolvessem os problemas relacionados às necessidades de moradia da população. Os problemas de moradia denunciavam a fragilidade referente à preocupação com as questões ambientais. Ainda que na teoria deveriam ser integrados, o processo de urbanização não considerou de modo satisfatório a preservação dos elementos naturais, tais como a vegetação e o clima.

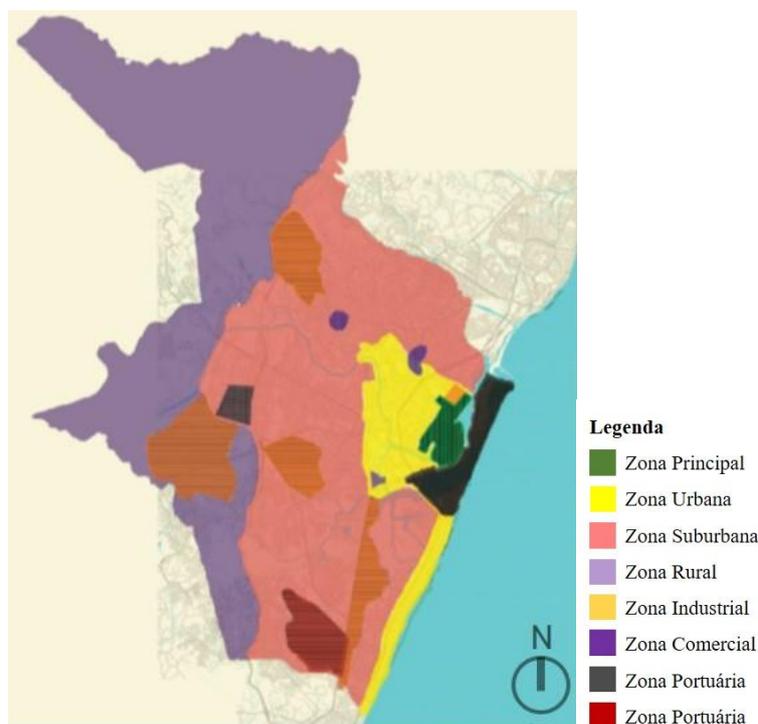
Esse cenário permaneceu nos novos planos urbanísticos da cidade até o início da década de 1950, quando o planejamento urbano passou por uma mudança radical e a ideia da metropolização começou a ser inserida no contexto local (SANTOS, 2014, p. 77). Porém, antes das mudanças significativas, em 1953, foi publicado o decreto nº 2.590, que versava sobre as normas para a construção de edifícios nas zonas comerciais e residenciais. Foram estabelecidos novos índices de ocupação, altura e afastamento, rompendo com a estrutura de concepção do espaço, ao desvincular o projeto do edifício da estrutura de quadras e quarteirões.

Essa normativa exerceu um papel essencialmente importante no processo de estruturação da forma urbana do Recife. Ao estabelecer que as novas construções podiam ser dispostas no terreno de modo que atendessem às necessidades individuais, além de determinar que não havia mais a obrigatoriedade de seguir a antiga composição urbana, instituiu-se uma nova relação entre o espaço público e as construções privadas. Essa nova relação influenciou diretamente as legislações seguintes.

Zoneamento de 1961

Em razão da alteração do código de obras, por meio da Lei Nº 7. 427/1961, a cidade foi dividida em três setores: urbano, suburbano e rural (figura 32). Cada setor compreendia as zonas residencial, comercial e industrial, identificadas de acordo com diferentes parâmetros urbanísticos. Essa fragmentação ocasionou a descentralização dos núcleos e rompeu com o zoneamento funcional, especialmente das áreas comerciais e residenciais. Por esse motivo, a construção de edifícios de uso misto foi bastante difundida na cidade.

Figura 32 - Planta da cidade do Recife, segundo zoneamento de 1961.



Fonte: Adaptado de Santana e Reynaldo (2017).

As transformações na estrutura urbana e no tipo de edificação foram acompanhadas pelas mudanças na forma como a edificação passou a ocupar o lote. Os parâmetros urbanísticos estabelecidos pelo código de urbanismo e obras de 1961, configuravam a forma do edifício como resultado de fórmulas matemáticas para regular a sua altura, os índices de aproveitamento do terreno, os afastamentos e a taxa de ocupação. Esses parâmetros, seguindo índices específicos para a área de construção, permitiam o livre desenho da edificação sob a ótica isolada do lote, e não mais da relação com o entorno. Com o passar do tempo, a lógica de empreendimento em lotes privados foi intensivamente adotada pelo mercado imobiliário.

Essas novas construções repercutiram diretamente na forma urbana e nas condições ambientais da cidade. A obrigatoriedade da taxa de solo natural contribuiu para a permeabilidade do solo, permitindo uma melhor drenagem da água da chuva. A preocupação com os afastamentos laterais e de fundo permitiram a maior fluidez dos ventos na malha urbana. Além disso, a inserção do conceito de pilotis proveniente da arquitetura moderna acentuou a porosidade e otimizou a ventilação no meio urbano (figura 33), conforme indica Nóbrega et al. (2014, p. 64).

Figura 33 - Ilustração a partir do Código de Urbanismo e Obras, de 1961.



Fonte: Nóbrega et al. (2014, p. 65).

Por outro lado, o centro da cidade identificado enquanto zona urbana, recebeu critérios diferenciados de urbanização. Os padrões de uso e ocupação do solo foram desenhados, segundo um Plano de Quadra do Centro, herança dos Planos de Reformas Urbanas das primeiras três décadas do século XX, no Recife (MEDINA, 2018, p. 57). A nova legislação promoveu a abertura de quadras para uso público e de estacionamentos, em contraste com as torres isoladas no lote das áreas residenciais.

A intenção do planejamento urbano era promover uma dimensão metropolitana. Para isso, no centro da cidade, rompeu-se com o modelo de cidade tradicional. Embora a relação dos edifícios com a rua tenha sido mantida, foi verticalizada. Os novos tipos de construção, a diversidade de atividades e os planos de integração, viabilizaram uma cidade para além dos seus limites.

Plano de Uso e Ocupação do Solo de 1983

Com o crescimento da cidade extrapolando os seus próprios perímetros em direção às cidades vizinhas, a Lei de Uso e Ocupação do Solo N° 14.511, de 1983, estabeleceu a divisão do Recife em duas grandes áreas: a área urbana e a área de expansão urbana. A área urbana compreendia a parte do território municipal delimitada para fins de ocupação urbana de alta densidade. A área de expansão urbana compreendia a parte do território Municipal considerada de interesse para fins de preservação natural, proteção especial e ocupação urbana de baixa densidade.

As transformações urbanas promovidas pela legislação anterior fizeram com que novas preocupações fossem incorporadas ao planejamento. Com base em elementos estruturadores da ocupação urbana definidos por centros de atividades, eixos de atividades e áreas de usos predominantes, a área urbana da cidade foi dividida em seis zonas: residenciais, atividades múltiplas, industriais, especiais, verdes e institucionais.

A ideia de preservação do Patrimônio Construído, incorporada à nova legislação, assumiu importante papel na questão urbanística local. Aspectos relacionados à preservação dos elementos naturais e dos sítios de interesse histórico e cultural estão explicitados nos novos temas tratados. Entre as suas proposições consta a organização do espaço urbano do Recife, a distribuição da população e o desempenho das funções urbanas.

Art. 1º Esta Lei define a organização do espaço urbano do Município do Recife tendo em vista os objetivos:

I - promover e integração da Cidade na Região Metropolitana do Recife;

II - orientar a ocupação e utilização do solo quanto ao uso, quanto à distribuição da população e quanto ao desempenho das funções urbanas;

III - preservar os elementos naturais de paisagem urbana e os sítios de valor histórico e cultural. (Capítulo I – Lei N° 14.511/1983).

Segundo Reynaldo (2017), a legislação de uso e ocupação do solo, de 1983, consolidou o bloco isolado como padrão do Recife, inviabilizando os Planos de Quadra e ditando a organização espacial da cidade com base em diferentes fatores, como parâmetros urbanísticos, classificações de usos e delimitações zonais. Por vincular todos esses elementos, Medina (2018, p. 59) analisa que a Lei de Uso e Ocupação do Solo n° 14.511/83 foi o instrumento de desenho urbano mais característico e semelhante a um projeto.

A partir das mudanças no zoneamento e no padrão de construção, os espaços se especializaram e a ocupação passou a ser baseada em algumas variáveis: afastamentos das divisas do terreno, taxa de ocupação do terreno e coeficiente de aproveitamento do solo, atuando segundo zonas e usos. Submetidos a essas variáveis, os parâmetros de ocupação da cidade cederam espaço a novos coeficientes de utilização, taxas de ocupação e afastamentos, segundo as diversas zonas, setores e eixos de circulação estabelecidos (ALVES, 2009, p. 138).

Entretanto, a diferença entre os parâmetros urbanísticos não era específica às zonas urbanas e aos seus usos, mas, extensíveis às subzonas, a exemplo das zonas residenciais. As zonas residenciais foram classificadas em seis categorias diferenciadas em função dos parâmetros de densidade populacional e de tipos de assentamentos habitacionais predominantes.

A área de menor densidade era a zona residencial 1 (ZR1), caracterizada como zona de manutenção do meio ambiente. A área de maior densidade era a zona residencial 6 (ZR6), caracterizada como zona de alta densidade de ocupação. A classificação dos usos se subdividia em categorias de atividades. No caso do uso habitacional (H) suas categorias e sua codificação - H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7 e H8 - correspondiam à intensidade de uso e ocupação do solo.

O potencial construtivo poderia ser incrementado a depender do uso e do tipo escolhido. Conforme pode ser observado no Anexo 2B (quadro 2), da Lei de Uso e Ocupação do Solo Nº 14.511/83, os parâmetros não eram definidos apenas pela zona, mas, eram modificados à medida que o uso ou a categoria de atividade mudava.

Por exemplo, na zona residencial 6 (ZR6), área de maior densidade, por se tratar de local com o maior coeficiente capaz de ser alcançado, bastava associá-lo ao tipo correto – H6 ou H8 – e utilizar componentes que fossem computados como área não construída, que o resultado seriam construções com o alto potencial e máximo aproveitamento do solo.

Quadro 2 - Anexo 2B.

Divisão Territorial: Zona Residencial 6 - ZR6					
Categorias de usos		Condições de ocupação e aproveitamento do lote			
Usos permitidos	Usos tolerados	Coeficiente de Utilização	Taxa de Ocupação (%)	Afastamento inicial (m) frente/lateral e fundos	
H2, SR4	-	1,0	50	5,0	1,5
H3	-	0,9	45	5,0	1,5
H4	-	1,6	40	5,0	3,5
H6, H8	-	3,3	30	5,0	3,0
H7	-	1,6	40	5,0	2,5

Fonte: Lei Nº 14.511/83.

Conforme estabelecido no Artigo 24, Parágrafo 1º, dentre os elementos não computados na área total de construção, podem ser citados: os pavimentos destinados à garagem; os pavimentos térreos vazados; os pavimentos vazados intercalados entre outros pavimentos; áreas destinadas a terraços, varandas, balcões, armários, jardineiras.

Em comparação à normativa anterior, essa Lei propôs instrumentos para intensificar a ocupação de espaços antes não contemplados, além de proporcionar um significativo aumento na área de solo natural e um maior afastamento da construção em relação aos limites do lote, principalmente, o afastamento frontal. Por outro lado, à medida em que se aumentava o afastamento frontal, o número de pavimentos da edificação era elevado, ocasionando uma ocupação ainda mais vertical. Esse modelo de desenho urbano orientou o crescimento de áreas da cidade, como grande parte de Boa Viagem, e estabeleceu uma prática recorrente de ocupação adotada pelo mercado imobiliário.

Com o aumento da população e com as novas necessidades de mobilidade, intensificadas pelo uso do automóvel, o espaço antes disposto sobre pilotis e destinado ao uso misto, foi direcionado à garagem. Na medida em que a Lei permitia que pavimentos de subsolo, semienterrado, térreo e vazado pudessem ter uma taxa de ocupação diferenciada em relação ao edifício em altura, a necessidade para regularizar a guarda de veículos passou a ocupar, em um primeiro momento, o pavimento no subsolo ou semienterrado, e, posteriormente, até três pavimentos acima do solo.

Por esse motivo, passaram a ser formados imensos paredões, que afetam negativamente a qualidade urbana (figura 34). Essas construções, além de prejudicarem a integração entre o edifício e a rua, interferem na qualidade de vida da população e comprometem o conforto, na medida em que barram os ventos, ao nível do usuário pedestre e acumulam calor, devido à propriedade térmica dos materiais.

A legislação perde o seu importante papel de configurar, simultaneamente, o edifício no interior do lote e sua articulação com o entorno. Perde a sua característica, enquanto instrumento modelador, de promover um ambiente urbano qualitativo e integrado. A dimensão privada distancia-se do espaço público e a legislação passa a desenhar o edifício como objeto isolado do espaço urbano, segundo a máxima utilização do solo.

Figura 34 - Construção contemporânea com os primeiros pavimentos utilizados como garagem. Reflexo das influências exercidas por antigas legislações urbanísticas.



Fonte: Artur Schimbergui (2019).

Com o tempo, esse modelo foi se expandindo, gerando novas necessidades e promovendo diferentes interferências no espaço urbano. A Lei do Uso e Ocupação do Solo do Recife, aprovada em 1996, foi elaborada, justamente, considerando a preocupação com a natureza e o grau de incomodidade que algumas intervenções causavam aos cidadãos do entorno (FREITAS, 2008, p. 142), para aumentar a participação popular no processo de planejamento urbano e para resolver as relações de funcionalidade no trato do uso e ocupação do solo urbano do Recife.

Plano de Uso e Ocupação do Solo de 1996

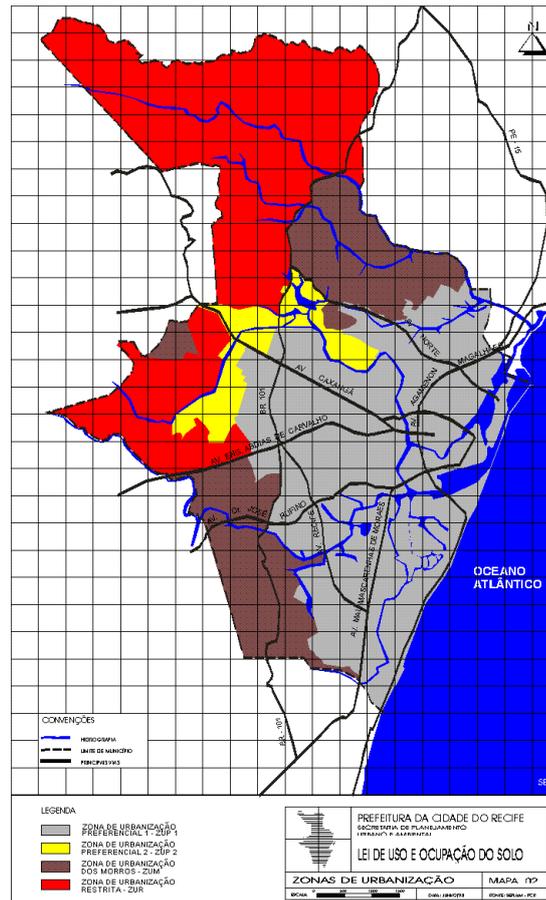
Com o crescimento demográfico e a expansão da cidade, constatados entre 1983 e 1996, novas e complexas relações urbanas foram produzidas, tais como o processo do aumento da densidade e os impactos sobre a infraestrutura existente. Para responder às novas preocupações, surgiu a necessidade de se gerar novas regulamentações. A Lei Nº 16.176, de 1996, foi responsável por regulamentar o uso e a ocupação do solo na cidade, modificando alguns conceitos e introduzindo outros, como a modificação dos índices construtivos e a ideia de zoneamento desvinculada das relações de funcionalidade e de tipo (ALVES, 2009, p. 142; MEDINA, 2018, p. 64).

A nova legislação deixou de ser baseada em diretrizes específicas, índices, taxas e restrições, e passou a considerar a forma urbana existente, construída ao longo dos anos e, muitas vezes, à margem das normativas anteriores. Os novos conceitos distanciaram-se dos aspectos referentes à forma urbana e passaram a ser orientados segundo à organização do espaço urbano e reconhecimento das condições referentes ao sítio natural da cidade.

Art. 3º - A regulação urbanística de que trata esta Lei considera as características geomorfológicas do território municipal, a delimitação física entre morros e planície, bem como a infraestrutura básica existente, o solo e as paisagens natural e construída. (Capítulo I - Lei Nº 16.176/96).

Assim, o Recife ficou definido em: I. Zonas de Urbanização Preferencial – ZUP; II. Zonas de Urbanização de Morros – ZUM; Zonas de Urbanização Restrita – ZUR; e IV. Zonas de Diretrizes Específicas – ZDE (figura 35).

Figura 35 - Zoneamento proposto na Lei Nº 16.176, de 1996.



Fonte: Lei Nº 16.176/96.

Para se preservar as características existentes nas áreas de incentivo à urbanização, as Zonas de Urbanização Preferencial foram divididas em dois grupos. A Zona de Urbanização Preferencial 1 (ZUP1) foi estabelecida com parâmetros urbanísticos de valores mais permissivos, que admitiam alto potencial construtivo. Esta Zona era representada por bairros como Boa Viagem e Pina. Já na Zona de Urbanização Preferencial 2 (ZUP2), referente às áreas mais históricas, remanescentes de antigos sítios e chácaras, foram instituídos parâmetros urbanísticos com valores mais restritivos, que possibilitavam menor potencial construtivo quando comparados aos índices referentes à ZUP1.

No processo de construção urbana promovido por essa legislação, os parâmetros urbanísticos estabelecidos passaram a servir para qualquer tipo de edificação e para os diferentes tipos de usos. Em oposição à Lei de Uso e Ocupação do Solo nº 14.511, de 1983, conforme estabelecido pelo Artigo 73, Parágrafo 1º, passou a considerar para efeito de cálculo da área total de construção os pavimentos sobre pilotis, os pavimentos vazados intercalados entre outros pavimentos e as áreas destinadas a terraços, varandas e balcões. Por outro lado, a área destinada à guarda de veículos em edifícios residenciais continuou sem ser computada no cálculo do coeficiente de utilização.

O computo de espaços essencialmente importantes no incremento da ventilação na estrutura urbana e no sombreamento das superfícies verticais das edificações, desincentivou a promoção de soluções capazes de contribuir para o conforto ambiental no espaço urbano, tais como, sacadas, reentrâncias e varandas. Assim, do ponto de vista do urbanismo bioclimático, que requer o incentivo de estratégias que visem à proteção contra os efeitos do calor, da umidade e da chuva, no tipo climático tropical litorâneo quente e úmido, a Lei Nº 16.176/96, demonstrou-se um retrocesso em comparação à legislação urbanística anterior. As condições de ocupação e aproveitamento do solo nas zonas foram estabelecidas conforme o quadro 3.

Quadro 3 - Parâmetros urbanísticos da Lei Nº 16.176/96 (Lei de Uso e Ocupação do Solo do Recife).

Zonas	TSN	μ	Afastamentos iniciais e mínimos
Zona de Urbanização Preferencial (ZUP 1)	25	4,0	5
Zona de Urbanização Preferencial (ZUP 2)	50	3,0	7
Zona de Urbanização de Morros (ZUM)	20	2,0	5
Zona de Urbanização Restrita (ZUR)	70	0,5	5

Fonte: Lei Nº 16.176/96.

A Lei Nº 16.176/96, promoveu um forte estímulo à construção de novas edificações. As transformações urbanas, impulsionadas pela imposição de um único modelo de adensamento construtivo, contrastavam à diversidade das configurações espaciais preexistentes, colocando em risco singularidades históricas e ambientais da cidade (LACERDA et al., 2018).

Por mais que o modelo de planejamento proposto tenha buscado respeitar diferentes formas e outros aspectos inerentes ao processo de urbanização, a pressão imobiliária, em determinadas áreas, contribuiu, de modo significativo, para a fragilização da identidade desses espaços. Algumas das áreas mais afetadas por essas transformações urbanas estavam localizadas na Zona de Urbanização Preferencial 2 (ZUP2), mais precisamente nos bairros de Casa Forte, Poço da Panela, Monteiro, Parnamirim, entre outros.

Nesses espaços, é definido 50% de Taxa de Solo Natural e afastamento inicial mínimo superior ao afastamento estabelecido em outras zonas. No entanto, em razão de um elevado coeficiente de utilização (3,0), que permite de médio a alto potencial construtivo, e da inexistência de limite de altura das edificações, a configuração espacial horizontal tão característica a esses sítios foi modificada (figura 36).

Figura 36 - Tipos arquitetônicos contrastantes, em Recife-PE. (a) Edificação eclética, da primeira metade do séc. XX; (b) Edificação moderna, da segunda metade do séc. XX. Ao fundo, edificações contemporâneas, viabilizadas pela Lei de Uso e Ocupação do Solo Nº 16.176, de 1996.



Fonte: Artur Schimbergui (2019).

Além de ocasionar mudanças na forma urbana e no meio ambiente, a alteração na tipologia dessas áreas também contribuiu para aumentar a densidade de construção e a densidade populacional e, assim, agravar os problemas na rede de infraestrutura, tais como a saturação do sistema viário, de esgotamento sanitário e a ampliação das dificuldades de mobilidade.

A homogeneização de parte do espaço recifense estabeleceu uma forma urbana inadequada ao tipo climático da cidade, interferindo negativamente na ventilação urbana e nas condições de conforto ao nível do usuário pedestre. As garagens, ainda mais consolidadas nos edifícios residenciais, formavam verdadeiros paredões, contribuindo para acentuar os prejuízos ao fluxo dos ventos e às condições ambientais. Enquanto isso, no alto dos edifícios, alguns poucos passaram a desfrutar da exposição aos ventos.

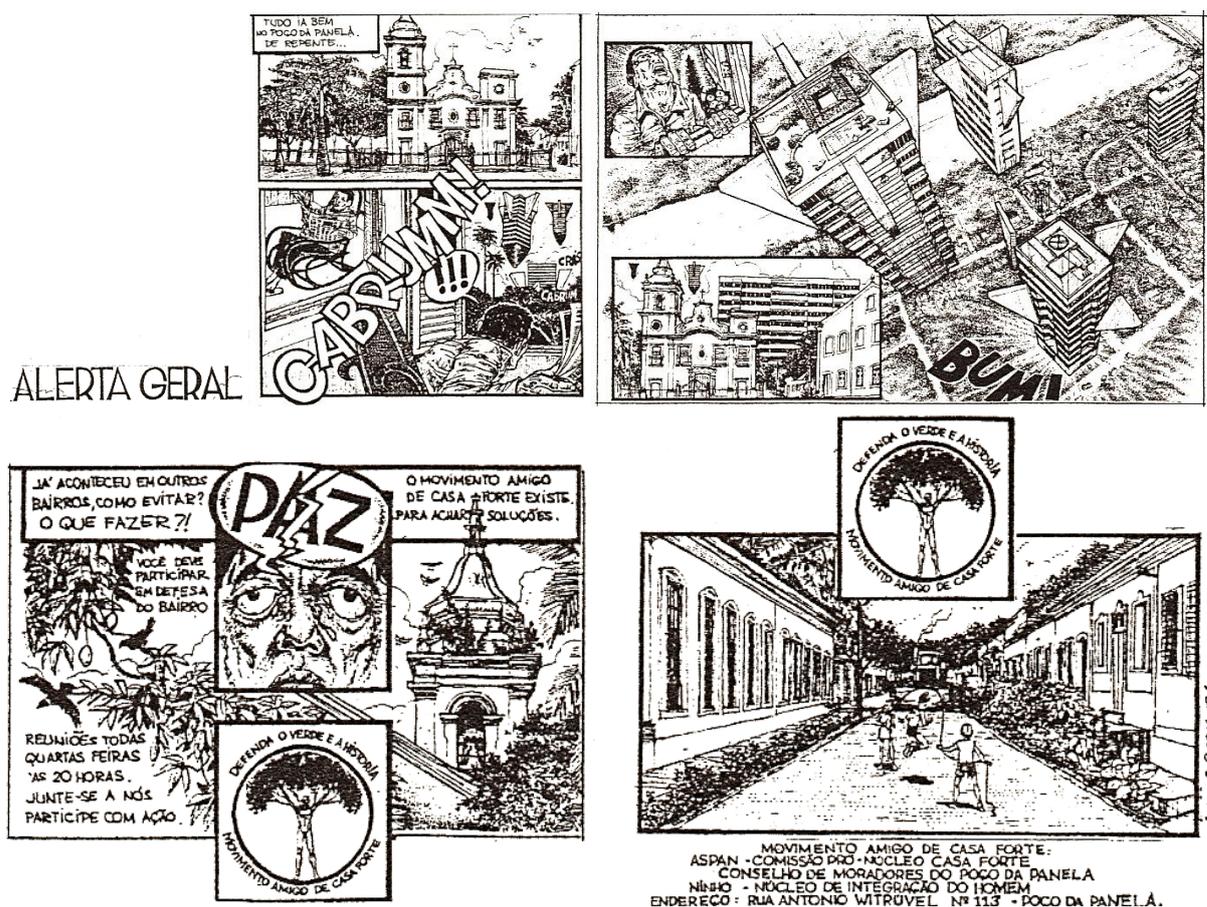
A insatisfação de setores da sociedade frente à forma como a legislação urbanística vinha respaldando os processos de configuração espacial, impulsionou a alteração dos parâmetros de construção em 12 tradicionais bairros do Recife, áreas intensamente afetadas por processos de adensamento construtivo e de verticalização.

Inicialmente orientados a dois perímetros, um localizado no Poço da Panela e outro nas Graças, os novos parâmetros urbanísticos foram, mais tarde, estendidos a outras áreas, refletindo na criação da lei dos 12 bairros.

3.4 A LEI DOS 12 BAIRROS: O EFEITO À FORMA URBANA RECIFENSE

As transformações urbanas reveladas sob a passagem de uma configuração urbana com baixa densidade construtiva para uma outra mais densamente construída e verticalizada, trouxe riscos à identidade local e à qualidade ambiental. Diante das ameaças à estrutura urbana, a mobilização organizada pelo movimento *Amigos de Casa Forte*, reforçado pelo *Graças a Nós*, reivindicou uma nova forma de ocupação do solo: socialmente justa e ambientalmente qualificada.

Figura 37 - Panfleto de autoria de Cavani Rosas, incitando a população residente no Poço da Panela e adjacências a se posicionar frente às iminentes transformações físicas e ambientais.



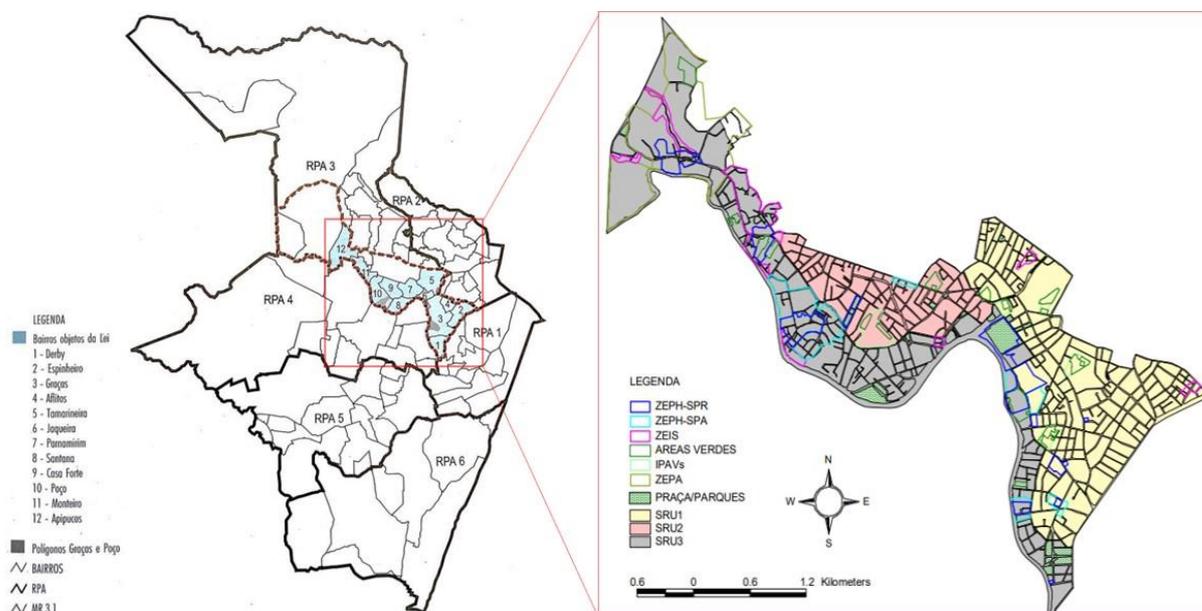
Fonte: Lacerda et al. (2018).

Esses grupos eram formados, especialmente, por residentes do *Conjunto Urbano de Casa Forte* (composto pelos bairros do Parnamirim, Santana, Casa Forte, Monteiro, Apipucos e Poço da Panela), e constituídos por diferentes agentes sociais, tais como arquitetos, jornalistas, políticos e religiosos.

A forte reação desses moradores foi o princípio de um processo participativo, que culminou na alteração da Lei Nº 16.176/96, que dispõe sobre o Uso e Ocupação do Solo do Recife, e criou a Área de Reestruturação Urbana (ARU), ou Lei dos 12 Bairros, com parâmetros urbanísticos mais restritivos.

Promulgada no ano de 2001, a Lei dos 12 Bairros estabelece as condições de uso e ocupação do solo em 12 dos 16 bairros da Microrregião 3.1 e divide a ARU em 3 setores, compatíveis em características físicas e ambientais (figura 38): Setor de Reestruturação Urbana 1 - SRU1; Setor de Reestruturação Urbana 2 - SRU2; e, Setor de Reestruturação Urbana 3 - SRU3.

Figura 38 - Microrregião 3.1, os 12 bairros e os 3 setores da Área de Reestruturação Urbana (ARU).



Fonte: Adaptado de anexo 1 – ARU (RECIFE, 2001).

As preocupações quanto à densidade das construções e à verticalização, que influenciam na qualidade de vida dos usuários, podem ser verificadas ao se analisar a evolução da área e a densidade construída em alguns desses bairros (tabela 1). Segundo levantamento realizado por Lacerda et al. (2018, p. 34), considerando-se o período de 1982 a 2000, os bairros de Casa Forte, Poço da Panela e Tamarineira, posteriormente pertencentes à ARU, apresentaram acréscimo de mais de 100% de área construída, enquanto os bairros de Casa Amarela e Rosarinho apresentaram acréscimo de aproximadamente 70%.

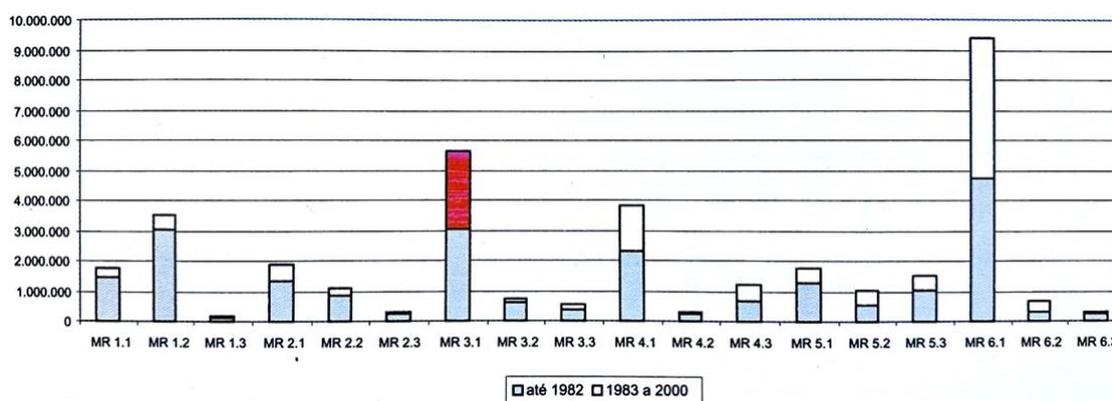
Tabela 1 - Área e densidade construída.

Bairros	Área construída (m ²)									Área bairro (ha)	Densidade construtiva (m ² /ha)		
	1982	2000	Acréscimo		2014	Acréscimo					1982	2000	2014
			1982 a 2000	de 1982 a 2000		2000 a 2014	2000 a 2014	1982 a 2014	1982 a 2014				
Tamarineira	266.112	579.784	313.671	117,9	878.905	299.121	51,6	612.792	230,3	102	0,26	0,57	0,86
Casa Forte	135.083	340.927	205.845	152,4	587.506	246.579	72,3	452.424	334,9	56	0,24	0,61	1,05
Poço da Panela	113.585	228.334	114.749	101,0	375.742	147.408	64,6	262.158	230,8	81	0,14	0,28	0,46
Casa Amarela	441.337	761.204	319.866	72,5	1.247.451	486.248	63,9	806.114	182,7	188	0,23	0,40	0,66
Rosarinho	54.494	93.263	38.769	71,1	311.629	218.366	234,1	257.134	471,9	25	0,22	0,37	1,25

Fonte: Adaptado de Lacerda et al. (2018).

Esses valores foram inerentes aos demais bairros da microrregião 3.1. Conforme análise realizada por Alves (2009, p. 146-147), entre os anos de 1983 e 2000, a MR 3.1 foi a segunda com mais metros quadrados construídos, incorporando um total de 2.585.819m² (gráfico 1). O incremento de quase 50% em sua área revela o dinamismo apresentado durante esse período.

Gráfico 1 - Área construída por microrregião, em m² – Até 1982 e 1983 a 2000.



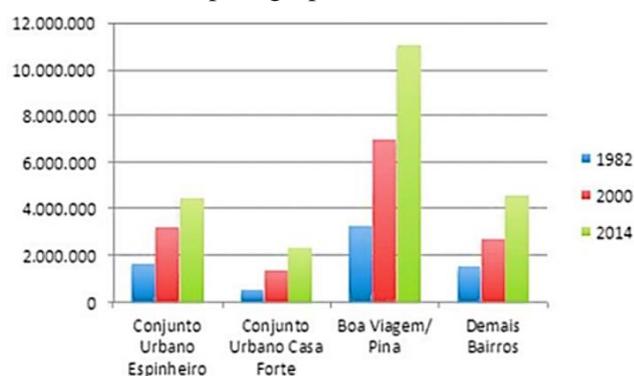
Fonte: Alves (2009).

No período entre 2000 e 2014, sob a vigência da Lei dos 12 Bairros, o acréscimo de área e densidade construída nos bairros pertencentes à Área de Reestruturação Urbana caiu consideravelmente. A restrição construtiva redirecionou os investimentos às áreas adjacentes à ARU, ocasionando um excessivo adensamento construtivo e uma intensa verticalização nos demais bairros (Casa Amarela, Encruzilhada, Rosarinho, Torre e Madalena). O destaque ficou para Casa Amarela e Rosarinho, que apresentaram incremento de 234% em suas áreas construídas, valor três vezes maior, comparado ao período anterior.

Analisando-se o gráfico 2, é possível identificar que até o ano de 1982, antes da promulgação da Lei do Uso e Ocupação do Solo de 1983, o *Conjunto Urbano Espinheiro* (formado pelos bairros do Derby, Espinheiro, Graças, Aflitos, Jaqueira e Tamarineira) já apresentava um intenso processo de urbanização, possuindo a segunda maior área construída. Este crescimento evoluiu consideravelmente no período seguinte, entre os anos de 1983 e 2000. A intensa atividade construtiva na área somente foi reduzida após o ano de 2000, devido à Lei dos 12 Bairros e à saturação do espaço, já tão especulado nos anos anteriores.

Diferentemente do *Conjunto Urbano Espinheiro*, o *Conjunto Urbano de Casa Forte* apresentou um nível de urbanização menos intenso até o ano de 1982, sendo o menor valor de área construída no levantamento. Por outro lado, entre 1983 e 2000, os investimentos na área e a demanda por espaço cresceram significativamente, fazendo com que o total de área construída saltasse de 509.530m², em 1982, para 1.356.757m², no ano 2000.

Gráfico 2 - Área construída por agrupamento de bairros – 1982-2000-2014.



Fonte: Lacerda et al. (2018).

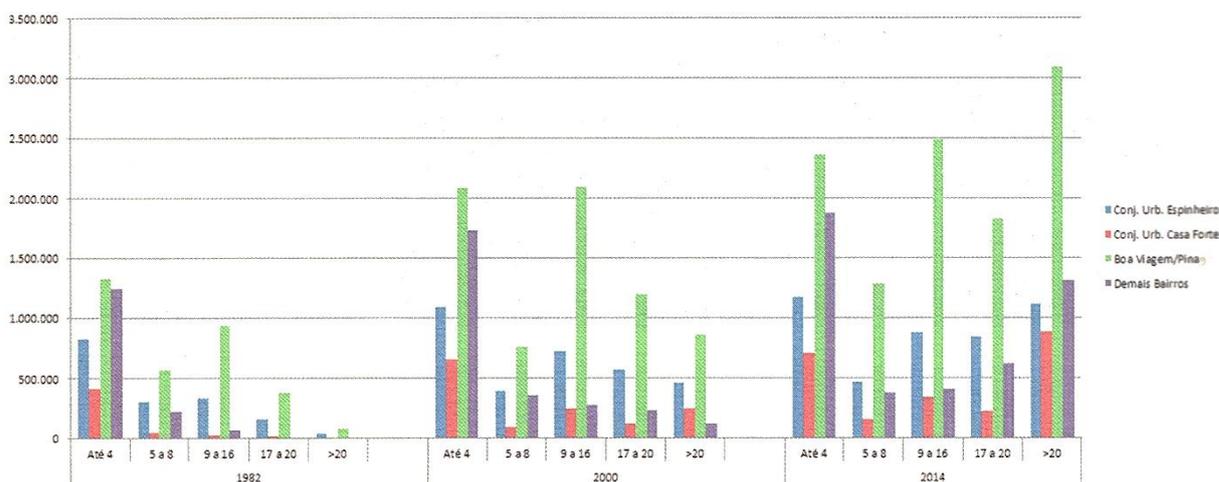
Esse fenômeno permaneceu mesmo após a promulgação da Lei dos 12 Bairros, apoiado sobre duas principais razões: a primeira, referente aos investimentos na área, que mesmo após a criação da ARU, permaneceram, ainda que não com a mesma intensidade; a segunda e, talvez, a mais relevante, é que na iminência da promulgação da Lei, muitos projetos foram submetidos para aprovação ou licenciamento, embora tenham sido construídos somente nos anos seguintes.

Os demais bairros, com destaque para Casa Amarela e Rosarinho, apresentaram elevado incremento de área construída, independente do período. No sentido inverso do que ocorreu com o *Conjunto Urbano Espinheiro* e o *Conjunto Urbano de Casa Forte* após o ano de 2000, que apresentaram uma diminuição no incremento de área construída.

No Rosarinho, por exemplo, entre os anos de 1982 e 2000, o bairro apresentou um crescimento de 38.769 m² de área construída, e um aumento de 68% de m²/ha em densidade. No período seguinte, entre 2000 e 2014, o aumento relativo à área construída foi de incríveis 311.629 m², e um salto espantoso de 337% de m²/ha em densidade.

Naturalmente, essas transformações intensificaram o processo de verticalização (gráfico 3).

Gráfico 3 - Área construída por conjunto urbano e número de pavimentos – 1982-2000-2014.



Fonte: Lacerda et al. (2018).

No *Conjunto Urbano Espinhoeiro*, em 1982, apenas 2,3% da sua área construída era equivalente a edificações com mais de 20 pavimentos. Em 2000, esse valor já correspondia a 14,3%, após um intenso processo de verticalização que se estendeu até 2014, passando a representar 24,8%.

No *Conjunto Urbano de Casa Forte*, até 1982, não havia área construída com edificações com mais de 20 pavimentos. A predominância era de edificações com até 4 pavimentos, revelando o caráter horizontal do conjunto. Em 2000, a porcentagem de área construída com edificações com mais de 20 pavimentos já representava 17,7%, impulsionada pelos incentivos construtivos estabelecidos na LUOS de 1996. Diante de um aumento tão significativo, não sem razão ocorreram os movimentos sociais reclamando parâmetros urbanísticos mais restritivos para a área. Por outro lado, os projetos aprovados antes da promulgação da Lei dos 12 Bairros cooperaram para o aumento da participação de área construída com mais de 20 pavimentos, que em 2014 correspondia a 38,1%. Esses dados revelam que, se mesmo com a criação da Área de Reestruturação Urbana ocorreram mudanças significativas na estrutura espacial local, a não existência dessa normativa faria com que essa porcentagem fosse indiscutivelmente maior.

Tabela 2 - Área construída, em m², por conjunto urbano e número de pavimentos.

Conjunto urbano	Número de pavimentos (1982)										Total geral	
	Até 4		5 a 8		9 a 16		17 a 20		>20			
	V. abs.	%	V. abs.	%	V. abs.	%	V. abs.	%	V. abs.	%	V. abs.	%
Conjunto Urbano Espinheiro	822.131	49,2	306.890	18,4	338.340	20,3	164.370	9,8	37.939	2,3	1.669.670	100,0
Conjunto Urbano Casa Forte	419.636	82,4	44.340	8,7	29.785	5,8	15.770	3,1	0	0,0	509.530	100,0
Demais bairros	1.239.821	81,2	222.237	14,6	64.273	4,2	0	0,0	0	0,0	1.526.331	100,0

Conjunto urbano	Número de pavimentos (2000)										Total geral	
	Até 4		5 a 8		9 a 16		17 a 20		>20			
	V. abs.	%	V. abs.	%	V. abs.	%	V. abs.	%	V. abs.	%	V. abs.	%
Conjunto Urbano Espinheiro	1.085.987	33,6	394.045	12,2	719.031	22,2	572.357	17,7	460.851	14,3	3.232.271	100,0
Conjunto Urbano Casa Forte	659.233	48,6	89.901	6,6	245.616	18,1	122.571	9,0	239.795	17,7	1.357.117	100,0
Demais bairros	1.729.249	63,8	358.090	13,2	272.908	10,1	234.219	8,6	114.034	4,2	2.708.499	100,0

Bairros	Número de pavimentos (2014)										Total geral	
	Até 4		5 a 8		9 a 16		17 a 20		>20			
	V. abs.	%	V. abs.	%	V. abs.	%	V. abs.	%	V. abs.	%	V. abs.	%
Conjunto Urbano Espinheiro	1.175.241	26,3	463.567	10,4	875.799	19,6	848.289	19,0	1.107.651	24,8	4.470.546	100,0
Conjunto Urbano Casa Forte	714.507	30,7	164.737	7,1	342.399	14,7	217.966	9,4	885.512	38,1	2.325.121	100,0
Demais bairros	1.875.199	40,9	378.907	8,3	401.539	8,7	624.106	13,6	1.310.367	28,5	4.590.118	100,0

Fonte: Adaptado de Lacerda et al. (2018).

Fato que ocorreu com os demais bairros, a exemplo de Casa Amarela e Rosarinho, que até 1982, não possuíam área construída com edificações com mais de 20 pavimentos. Em 2000, esse número era equivalente a 4,2%. Nos anos seguintes, após a aprovação da Lei dos 12 Bairros, o fenômeno de espraiamento do adensamento construtivo e da verticalização para esses bairros fez com que, em 2014, a área construída com mais de 20 pavimentos representasse 28,5% do total. Ao analisar esses dados, conclui-se dois aspectos: 1. É incontestável a influência da Lei dos 12 Bairros no processo de adensamento e de verticalização das áreas adjacentes ao perímetro pertencente à ARU; 2. A ausência de uma legislação mais restritiva nesses bairros viabilizou um processo de intenso adensamento construtivo, implicando em modificações negativas do espaço e do ambiente.

A substituição das construções horizontais por modelos verticalizados, caracterizados pela alta densidade construtiva e por uma elevada concentração populacional, acabou não sendo acompanhada por melhorias na infraestrutura. A sobrecarga na infraestrutura associada a uma forma urbana inadequada acabou descaracterizando a paisagem, rompendo com a identidade local e gerando problemas ambientais.

Com a promulgação da Lei dos 12 Bairros e o redirecionamento dos investimentos imobiliários para outras áreas, esses problemas assumiram dimensões ainda mais dramáticas nos bairros adjacentes à ARU, como em Casa Amarela e no Rosarinho. Por outro lado, a lei de 2001, estabelecida por parâmetros urbanísticos mais restritivos, na medida em que buscou construir um diálogo eficiente entre o processo de ocupação urbana e o respeito às condições espaciais e ambientais do local, acabou contribuindo para a produção de espaços com maior qualidade ambiental quando comparada à LUOS, de 1996, responsável por estabelecer os parâmetros urbanísticos para os bairros localizados fora do domínio da Área de Reestruturação Urbana.

Dois princípios orientaram a definição de parâmetros urbanísticos com valores mais restritivos: o respeito às características da ocupação do solo, formado pelos *Conjuntos Urbanos de Casa Forte e do Espinheiro*, ou seja, às diferentes configurações morfotipológicas, incluindo as suas distintas qualidades ambientais; e a compatibilização das construções com as larguras das vias, isso é, uma maior adequação das construções às suas respectivas infraestruturas (LACERDA et al., 2018, p. 82).

Ao estabelecer parâmetros urbanísticos adequados às diferentes condições físicas e ambientais, a lei promoveu padrões diferenciados de densidade e de verticalização. O ajuste desses parâmetros à estrutura urbana veio associado ao dimensionamento das vias, que passou a limitar a altura e o coeficiente construtivo das edificações, pelos setores e pela largura das ruas. Isto é, ruas mais largas permitiam prédios mais altos, enquanto ruas mais estreitas admitiam prédios mais baixos e com menor área construída.

As contribuições ao menor adensamento construtivo e à diversidade de altura das edificações vieram acompanhadas de maiores taxas de solo natural, o que favorece o conforto ambiental. Esses fatores definiram os parâmetros urbanísticos estabelecidos pela Lei dos 12 Bairros para cada setor (quadro 4).

Quadro 4 - 12 bairros: parâmetros urbanísticos da Lei nº 16.719/2001.

Categoria de dimensionamento das vias	Gabarito (metros lineares)	Afastamentos iniciais mínimos (Af)*			SRU1		SRU2		SRU3**	
		Frontal*** (m)	Lateral e fundos		TSN (%)	μ	TSN (%)	μ	TSN (%)	μ
			Ed. ≤ 2 pavtos.(m)	Ed. > 2 pavtos. (m)						
A	≤ 60	7,00	nulo/1,50	3,00	30	3,50	50	3,00	60	2,00
B	≤ 48	7,00	nulo/1,50	3,00	30	3,00	50	2,50	60	2,00
C	≤ 24	7,00	nulo/1,50	3,00	30	2,50	50	1,50	60	2,00

Fonte: Lei nº 16.719 (2001).

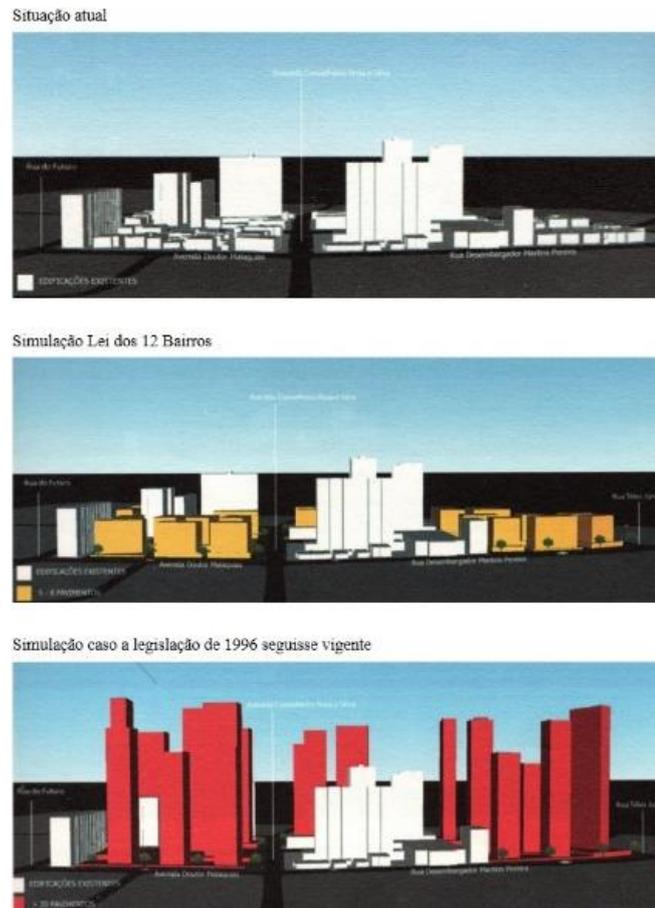
O Setor de Reestruturação Urbana 1 (SRU1) compreende o bairro dos Aflitos e parte dos bairros Graças, Espinheiro, Jaqueira e Tamarineira. É o setor com maior potencial construtivo. Por se tratar de uma área já adensada e com grande fluxo de atividades, apresenta potencial construtivo 3,5 e gabarito limitado em 60 metros, em vias de nível A. A taxa de solo natural é de 30%, a menor entre os setores. Quando regido pela Lei Nº 16.176/96, este setor pertencia à Zona de Urbanização Preferencial 1 (ZUP1), com um potencial construtivo ainda maior, viabilizado por coeficiente máximo 4,0, e taxa de solo natural equivalente a 25% do terreno.

O Setor de Reestruturação Urbana 2 (SRU2) compreende os bairros Parnamirim e Casa Forte e parte dos bairros Poço da Panela e Monteiro. Alvo de um processo de urbanização crescente, foram definidos para o setor parâmetros que estabelecessem o equilíbrio entre a ocupação do solo, a infraestrutura e os seus elementos naturais. Para tanto, os coeficientes de utilização foram fixados em até 3,0 e o gabarito limitado a 60 metros, em vias de nível A. Vias de nível C apresentam o menor coeficiente entre os setores, com 1,5 e limite de altura das edificações fixado em 24 metros. A taxa de solo natural é de 50%. Na legislação de 1996, este setor integrava a Zona de Urbanização Preferencial 2 (ZUP2), que contava com coeficiente 3,0, áreas de estacionamento não contabilizadas e ausência de limite de altura.

O Setor de Reestruturação Urbana 3 (SRU3) compreende os bairros Santana e Apipucos, além de parte dos bairros Derby, Graças, Jaqueira, Poço da Panela e Monteiro. É o setor com menor potencial construtivo. Isso se deve à necessidade de se preservar as condições ambientais existentes, caracterizada pela baixa densidade construtiva e predominância de elementos naturais, tais como cobertura vegetal e massa de água. Para tanto, foi fixado gabarito de 24 metros e coeficiente de utilização 2,0, independentemente da largura das vias.

No confronto entre a Lei do Uso e Ocupação do Solo, de 1996, e a Lei dos 12 Bairros, nota-se a importância da criação da Área de Reestruturação Urbana no que se refere ao adensamento construtivo e à verticalização. Em simulação realizada por Lacerda et al. (2018) no bairro da Jaqueira, situado no Setor de Reestruturação Urbana 1 (SRU1), o mais permissivo dos setores, é possível analisar a diferença entre uma ocupação orientada segundo os parâmetros estabelecidos pela Lei dos 12 Bairros, e outra, definida pela normativa de 1996. Na comparação entre os dois cenários, nota-se uma diferença extensamente significativa caso o processo de ocupação dessas quadras continuasse sendo guiado pela Lei Nº 16.176/96 (figura 39). Ressalta-se que, na simulação da Lei dos 12 Bairros, as vias do entorno são classificadas como nível C, o que impõe gabarito de 24 metros, equivalente a oito andares.

Figura 39 - Simulações com a aplicação de diferentes parâmetros urbanísticos.



Fonte: Lacerda et al. (2018).

Percebe-se que, mesmo sem se referir objetivamente ao conforto ambiental dos usuários e à adequação aos elementos climáticos da região, houve, implicitamente, utilização de princípios do urbanismo bioclimático.

A diminuição dos valores dos coeficientes construtivos e a limitação com relação à altura das edificações, que passou a se ajustar aos condicionantes localização do terreno e largura da via, promoveu edificações com diferentes disposições e formas, favorecendo a circulação dos ventos na estrutura urbana. A preservação e o aumento da taxa de solo natural contribuíram para um maior índice de solo permeável e a promoção da vegetação urbana. Os maiores afastamentos favoreceram uma melhor relação entre o espaço público e o privado.

Para se avaliar a contribuição de parâmetros urbanísticos para a qualidade climática no espaço urbano, foram realizadas medições de elementos climáticos, realizando-se estudo comparativo entre áreas estabelecidas pela Lei Nº 16.176/96 – Lei do Uso e Ocupação do Solo do Recife, de 1996, e espaços regulados pela Lei Nº 16.719/01 – Lei dos 12 Bairros.

4 A ÁREA DE REESTRUTURAÇÃO URBANA: A EFICIÊNCIA DOS PARÂMETROS URBANÍSTICOS PARA A PRODUÇÃO DE ESPAÇOS TERMICAMENTE CONFORTÁVEIS

4.1 DA IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA AOS PONTOS DE MEDIÇÃO

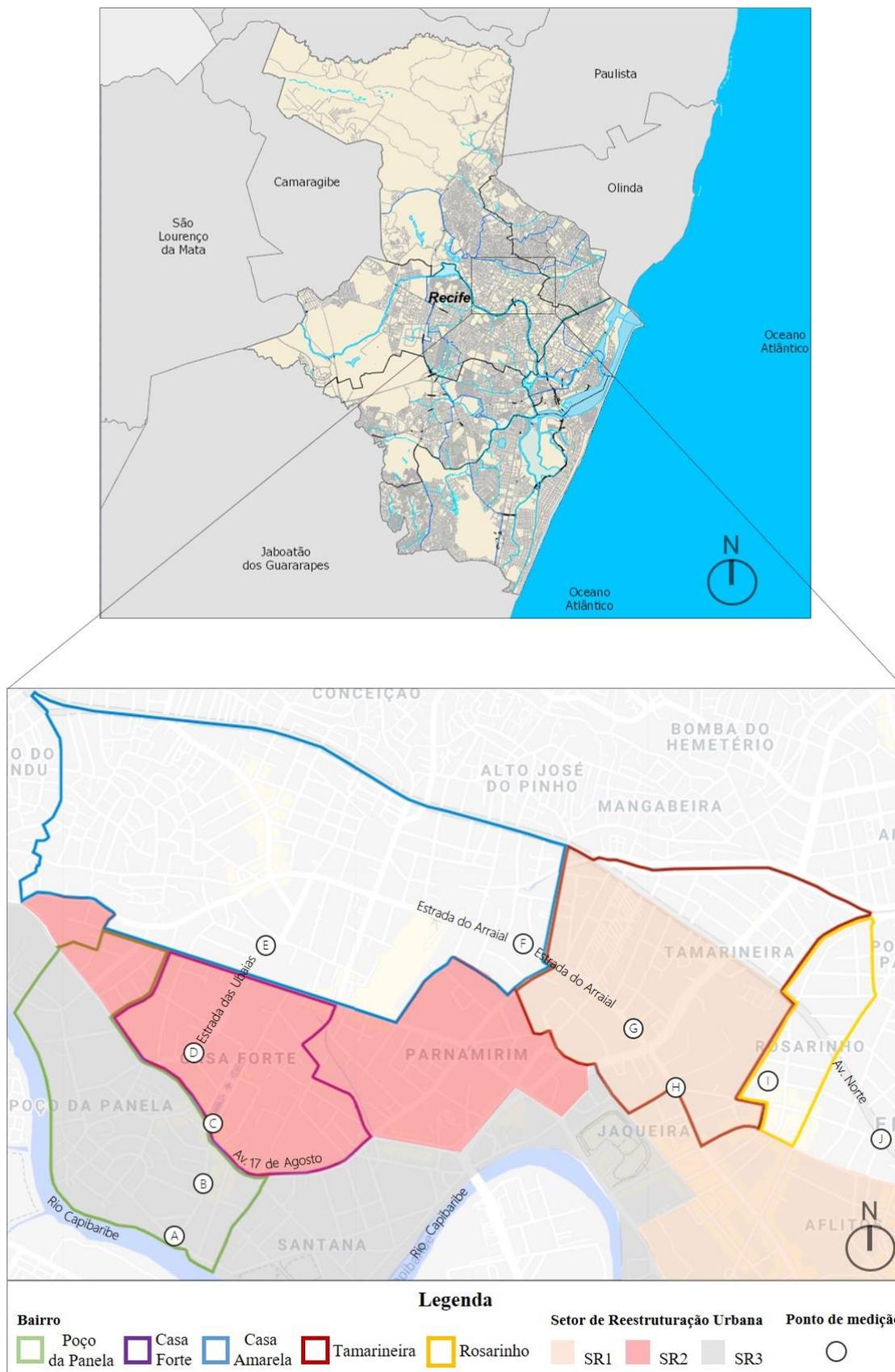
Aspectos relacionados às construções no espaço urbano, identificados a partir do uso e ocupação do solo, exercem importante influência no desempenho climático urbano. Os parâmetros urbanísticos, definidos na legislação e responsáveis por orientar e controlar a ocupação urbana, determinam padrões de forma urbana e de densidade construtiva, através dos índices de taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento e afastamentos.

Diante das contribuições que esses instrumentos podem exercer na preservação das condições ambientais, favorecendo o conforto térmico e a melhoria na qualidade de vida, analisar os parâmetros urbanísticos é importante para poder estabelecer diretrizes construtivas adequadas às condições locais. Para isso, é necessário identificar quais os aspectos relacionados ao uso e à ocupação do solo que mais contribuem para o desempenho climático da estrutura urbana, gerando uma base referencial a futuras revisões nas leis responsáveis por ordenar o solo urbano.

Nesse sentido, foram desenvolvidas, em setembro e em dezembro de 2019, e início de janeiro de 2020, medições de elementos climático-ambientais (temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade e direção dos ventos) em 10 diferentes pontos, inseridos nos bairros do Poço da Panela, Casa Forte, Casa Amarela, Tamarineira e Rosarinho, na cidade do Recife (figura 40). As medições consistiram em um estudo comparativo entre distintos espaços urbanos em termos construtivos e ambientais: verticalização, densidade construtiva, solo natural e permeável, além de massas de água e de vegetação.

O critério para a escolha dos pontos de medição ocorreu em função da diversidade da forma urbana e dos diferentes padrões de ocupação do solo urbano que conformam a ARU, estabelecidos por parâmetros urbanísticos de valores mais restritivos, específicos a cada setor, e as áreas adjacentes, então regidas pela LUOS, de 1996, com valores mais permissivos. Pretendeu-se identificar os fatores que mais exercem influência no conforto ambiental.

Figura 40 - Delimitação da cidade do Recife e localização dos pontos de medição das variáveis ambientais.



Fonte: Adaptado de ESIG Informações Geográficas do Recife e Google Maps. Acesso em: 21-05-2020.

Salienta-se que, visando alcançar a média dos valores das variáveis climáticas, o percurso foi o mesmo em todas as medições, não ocorrendo inversão por turnos. De manhã, a temperatura tende a aumentar, então, o último ponto, após duas horas de medição, apresentava temperatura significativamente maior quando comparado ao ponto de início. No período da tarde, a lógica é invertida. A temperatura vai diminuindo, então, o último ponto, após duas horas de medição, apresenta temperatura significativamente menor, quando comparado ao ponto de início.

Na semana anterior às medições, no dia 20/09/2019, realizou-se um pré-teste, nos turnos manhã e tarde, em horários preestabelecidos e em contexto semelhante à pesquisa, com o objetivo de identificar e eliminar possíveis problemas. Foram analisados elementos que poderiam influenciar nos dados aferidos e as vias mais propensas a congestionamentos, o que poderia atrasar ou ocasionar a perda do turno. Com isso, os pontos “D”, “E” e “G” foram reposicionados.

A equipe de trabalho foi constituída por quatro integrantes do Laboratório de Conforto Ambiental - Lacam/UFPE, que já realizou diversos estudos na área de microclimas urbanos. Um dos integrantes ficou responsável pelo instrumento Termohigrômetro Digital, Marca Minipa, Modelo MTH-1300, utilizado para as medições da temperatura do ar e da umidade relativa do ar; um segundo integrante, pelo instrumento Termoanemômetro, Marca Instruterm, Modelo TAD-500, para o registro da velocidade do vento; uma terceira pessoa protegia o instrumento Termohigrômetro com o auxílio de um guarda-sol. Este guarda-sol era revestido externamente de tecido acetinado branco, para refletir os raios solares incidentes diretamente, e internamente, de um tecido preto, opaco, para que a superfície escura, por apresentar alto índice de absorção, atenuasse os efeitos dos raios solares refletidos pelo solo e revestimentos do entorno, contribuindo para que o resultado final não fosse influenciado por fatores externos; o quarto e último integrante era responsável pela bússola, de maneira a identificar a direção do vento e por fazer as anotações referentes às coletas - velocidade do vento, a cada trinta segundos, e temperatura do ar e umidade relativa do ar, ao término de cinco minutos, e pelo registro de fotografias (figura 42).

Os dados anotados nas medições das variáveis climático-ambientais foram sistematizados no programa Excel. Para cada mês, foi realizada uma média geral dos quatro dias de medição, considerando no cálculo os dois turnos. Esses valores foram posteriormente comparados aos disponibilizados pela Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática do Inmet – Instituto Nacional de Meteorologia, para as mesmas datas e horários da cidade do Recife.

Figura 42 - Medição das variáveis climáticas, em Recife-PE.



Fonte: Artur Schimbergui (2019).

Como as medições tiveram início às 8h00 e às 14h00, durando aproximadamente duas horas em cada turno, selecionaram-se três horários em cada período – 8h00-9h00-10h00 e 14h00-15h00-16h00, para realizar a média aritmética dos dados disponibilizados pela Estação Automática, utilizada como referência. Inicialmente, foi realizada a média dos 03 horários, por turno. Posteriormente, houve a média do dia. As médias de cada dia de medição foram organizadas segundo o mês de referência, conferindo quatro médias diárias em setembro e quatro médias diárias em dezembro-janeiro. Por fim, realizaram-se duas novas médias aritméticas, baseadas nas médias diárias referentes a cada mês. Com isso, conferiu-se uma média geral para os dias de medição ocorridos em setembro de 2019 e outra média geral para os dias de medição ocorridos em dezembro de 2019 e janeiro de 2020.

As médias dos dados coletados durante as pesquisas de campo foram comparadas às médias dos valores disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), através da Estação Automática. Na análise, também foram considerados aspectos relacionados ao tipo de uso e ocupação do solo, à vegetação, ao solo natural e permeável, à altura das edificações, à largura da via, às atividades, ao fluxo de pessoas e automóveis, à densidade construtiva e aos materiais de pavimentação da calçada e entorno próximo. Salienta-se que, durante as medições, o céu encontrava-se parcialmente encoberto, não tendo ocorrido incidência de chuva nos períodos imediatamente anteriores às medições.

Pretendeu-se confirmar que fatores associados aos parâmetros urbanísticos estabelecidos pela Lei dos 12 Bairros, a exemplo da maior atenção com os elementos naturais e a limitação de altura por largura da via, permitindo maior diversidade de altura e maiores afastamentos entre as edificações, favorecendo a circulação dos ventos na estrutura urbana, contribuem para a qualidade do ambiente em clima tropical litorâneo quente e úmido.

Nas observações, foi constatado que as temperaturas mais altas foram aferidas nos locais mais expostos à radiação solar, com alto fluxo de pessoas, automóveis e atividades, com média-alta densidade construtiva e com elevado índice de impermeabilização do solo. Nos locais com temperaturas mais baixas, foi observado que os fatores que mais influenciaram foram a predominância de solo natural, presença de vegetação e maior velocidade do vento.

Dentre as medições, os valores de temperatura do ar registrados no mês de dezembro de 2019 e janeiro de 2020, próximo ao solstício de verão, em que o hemisfério sul recebe maior incidência dos raios solares, foram significativamente maiores quando comparados aos dados aferidos no mês de setembro de 2019, apresentando diferenças de até 2°C para um mesmo ponto. Para cada bateria de medições, a média de temperatura do ar entre o ponto mais confortável e o mais desconfortável variou em até 2°C. As médias mais altas de temperatura do ar chegaram a ultrapassar 31°C nos meses de dezembro de 2019 e janeiro de 2020. Acredita-se que esses valores são em decorrência de um clima urbano com alto acúmulo de calor, como os verificados nas duas principais vias arteriais analisadas.

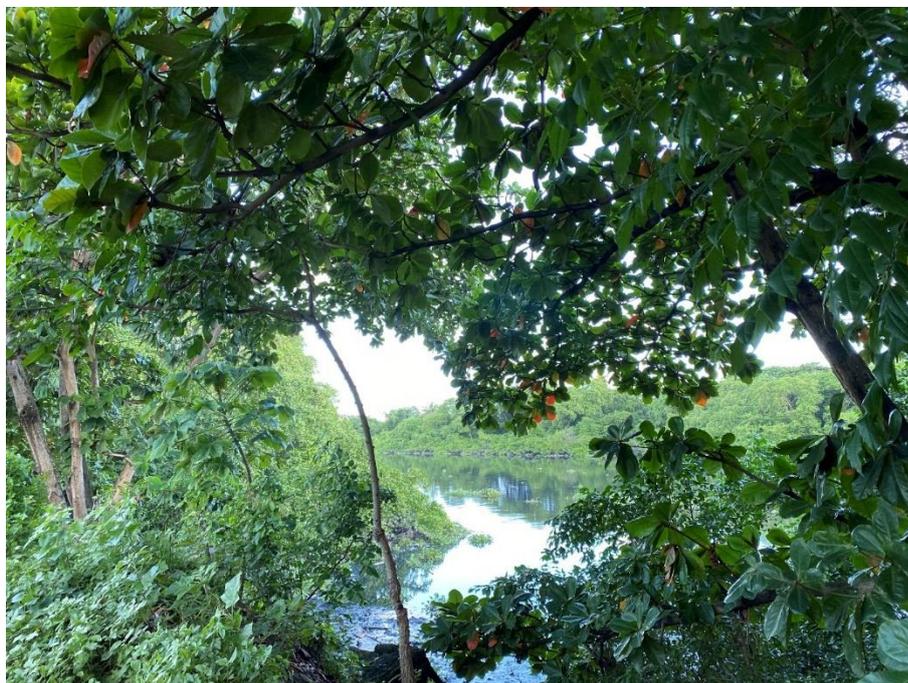
Com relação aos fluxos dos ventos, verificou-se que, áreas com diversidade de altura das edificações e maiores afastamentos contribuíram para incrementar a circulação dos ventos na estrutura urbana. Espaços com essas características apresentaram velocidade do vento de duas a três vezes maior quando comparados às áreas caracterizadas por alta densidade construtiva, intensa verticalização e poucos afastamentos entre as edificações.

Por outro lado, um fator que chamou à atenção é que locais que supostamente apresentariam as maiores médias de temperatura do ar e as menores médias de velocidade do vento, apresentaram a relação contrária. Acredita-se que, com relação à temperatura do ar, esse fato ocorreu pela sombra que as edificações fizeram no ponto de medição. Esse sombreamento cria locais com temperaturas mais baixas que aquelas naturalmente registradas. Com relação à circulação do ar, observou-se que o efeito aerodinâmico de canalização foi essencialmente importante no incremento da velocidade do vento, ocasionando desconforto com picos de até 9,7 m/s.

Por fim, salienta-se que os pontos que apresentaram médias mensais de temperatura do ar mais próximas das registradas pela estação meteorológica, estavam localizados em áreas próximas ao ambiente natural, sob efeitos da vegetação, exposição aos ventos e presença de massas de água, que devido ao seu alto coeficiente de calor específico, age como estabilizador dos extremos térmicos.

Devido à relação inversamente proporcional entre os valores de temperatura do ar e de umidade relativa do ar, as áreas localizadas próximas ao rio Capibaribe (figura 43), na região do Poço da Panela, apresentaram valores de temperatura mais amenos e médias da umidade relativa do ar mais elevadas, quando comparadas aos outros espaços observados. A elevada média da umidade relativa do ar foi confirmada pela Estação Automática de referência.

Figura 43 - O rio Capibaribe visto do bairro do Poço da Panela, em Recife-PE.



Fonte: Artur Schimbergui (2020).

Na análise, constatou-se a formação de diversos climas urbanos em espaços distintos da cidade, devido às contribuições da forma urbana e dos elementos naturais, promovidos por parâmetros urbanísticos, bem como pelo uso e ocupação do solo.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO

Na análise da área, foram observados diferentes aspectos relacionados às características físicas e ambientais. Verificou-se diversos tipos de edificação, de pavimentação, de fluxos de pessoas, de automóveis, de atividades e de elementos naturais, a exemplo de: solo natural, arborização e massa de água. A escolha dos pontos de medição buscou abranger os diferentes espaços, associando-os à legislação estabelecida para cada local, com o objetivo de identificar quais parâmetros urbanísticos mais contribuem à qualidade climática no espaço urbano recifense. Para isso, foram selecionados 10 pontos, distribuídos em 05 bairros. Para cada bairro, foram estabelecidos 02 pontos de medição. A seguir, serão apresentados os aspectos principais de cada bairro e as características de cada ponto analisado.

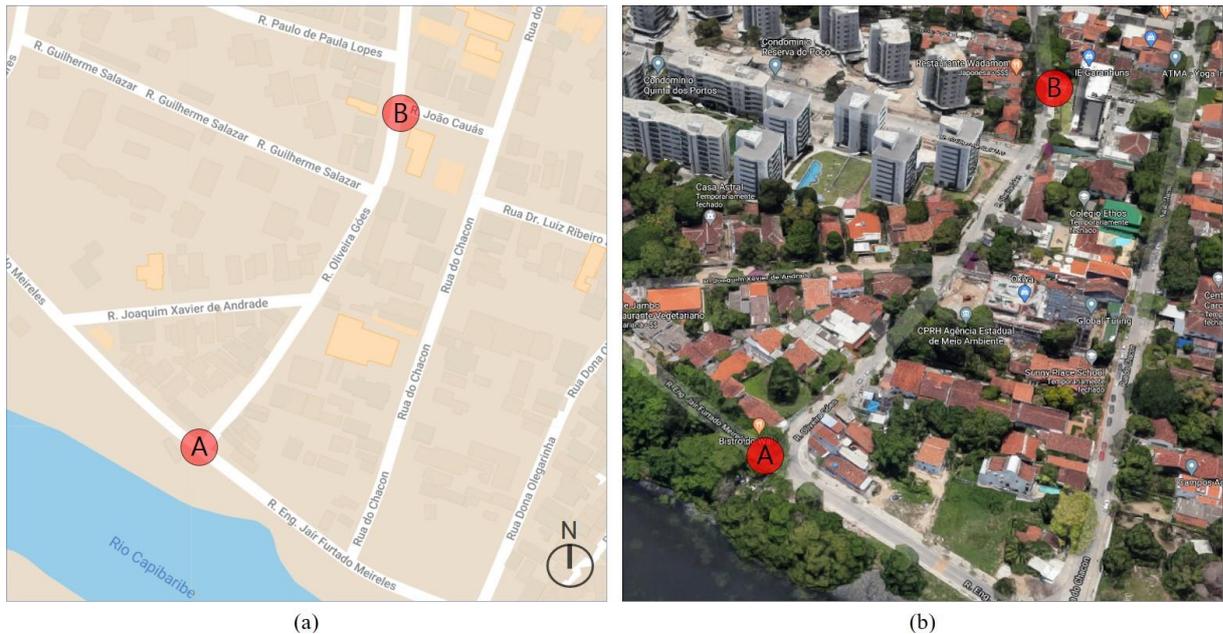
Bairro do Poço da Panela – Pontos A e B

Originalmente, pertencente às terras do engenho Casa Forte, o Poço da Panela é um tradicional bairro recifense localizado na porção noroeste da cidade (figura 44). Com uma população de 4.615 habitantes e uma área de 81,0 ha, este bairro apresenta uma média de densidade demográfica de 56,74 hab/ha. O número total de domicílios é 1.463, com uma média de 3,2 moradores por residência e densidade de 18,0 domicílios por hectare (IBGE, 2010).

Sua população possui uma das maiores taxas de alfabetização do município, com 97,6% dos seus residentes apresentando 10 anos ou mais de estudo. Este perfil é refletido no poder econômico local. O rendimento nominal médio mensal dos domicílios equivale a R\$ 9.346,35, segundo o IBGE (2010). O elevado nível socioeconômico repercute na qualidade de vida, seja pelo acesso à rede de infraestrutura ou pelas condições ambientais locais.

O maior controle quanto ao uso e ocupação do solo permite que os impactos do processo de urbanização sejam atenuados e grande parte de seu sítio histórico seja preservado. O bairro está inserido no setor 3, da Área de Reestruturação Urbana (ARU), de acordo com a Lei Municipal Nº 16.719/2001. O principal objetivo quando da escolha dos pontos de medição na área foi analisar a influência das condições de restrição construtiva – a maior entre os setores – e de preservação da ambiência local, caracterizada pela alta densidade de vegetação e baixa densidade construtiva, para a qualidade climática na cidade.

Figura 44 - (a) Localização dos pontos de medição, no Poço da Panela, Recife-PE; (b) vista aérea do bairro.



Fonte: Adaptado do Google Maps. Acesso em 21-05-2020.

O ponto “A” está localizado no encontro da Avenida Engenheiro Jair Furtado Meireles com a Rua Oliveira Góes. Conforme a figura 45, a área encontra-se às margens do rio Capibaribe e caracteriza-se pela alta presença de vegetação e de solo permeável, baixa impermeabilização do solo, poucas atividades e baixo fluxo de pessoas e de veículos, constituindo um fator positivo para a determinação de microclimas favoráveis ao conforto térmico dos usuários. As poucas edificações no entorno do ponto são predominantemente unifamiliares e marcadas pela horizontalidade - com no máximo dois pavimentos.

Figura 45 – Localização e entorno do ponto “A” de medição, no Poço da Panela, Recife-PE.



Fonte: Artur Schimbergui (2020).

O ponto “B” está localizado na esquina da rua Oliveira Góes com a rua João Cauás. Conforme a figura 46, verifica-se alta densidade de vegetação, distribuída nos afastamentos dos lotes e ao longo das vias, e a predominância de edificações unifamiliares de até dois pavimentos, com algumas construções verticalizadas, de até seis pavimentos. A altura das edificações e o afastamento entre as construções não oferecem obstáculos ao fluxo dos ventos e à dispersão de partículas poluentes. As atividades no entorno são diversificadas e conta com empresariais, escolas e condomínios verticais. A circulação de pessoas é baixa e o fluxo de automóveis é moderado. As superfícies do entorno apresentam moderada impermeabilização, com a predominância do piso de paralelepípedo nas vias e cerâmico e cimentício nas calçadas. O índice de solo natural é maior no interior dos lotes, auxiliando o microclima local e a infiltração da água das chuvas.

Figura 46 - Localização e entorno do ponto “B” de medição, no Poço da Panela, Recife-PE.



Fonte: Artur Schimbergui (2020).

O ponto “C” localiza-se na extremidade sul da praça de Casa Forte. Conforme a figura 48, a área encontra-se às margens da Av. 17 de Agosto, classificada como via arterial. Por ser um importante corredor de transporte urbano, ligando parte da porção oeste do município ao centro, apresenta intenso fluxo de pessoas e de automóveis e grande concentração de atividades. Entre os materiais utilizados nas superfícies do entorno, destacam-se os que possuem maior capacidade de acumular calor, como a pedra portuguesa e o asfalto. A configuração construtiva no local é heterogênea, com alternância de altura das edificações e o predomínio de até dois pavimentos. A diferenciação de volumes, alturas e afastamentos contribui para se conseguir a qualidade climática no espaço urbano, por outro lado, a ausência de solo natural nas edificações do entorno imediato ao ponto de medição, caracterizadas por comércios e serviços, contribuem para acentuar os efeitos negativos no microclima local. A influência negativa no microclima local diminui à medida em que se dirige à praça e às vias de menor hierarquia viária, caracterizadas por menor fluxo de pessoas e de automóveis, e maior quantidade de solo natural e permeável, além da vegetação, localizados principalmente nos afastamentos das construções.

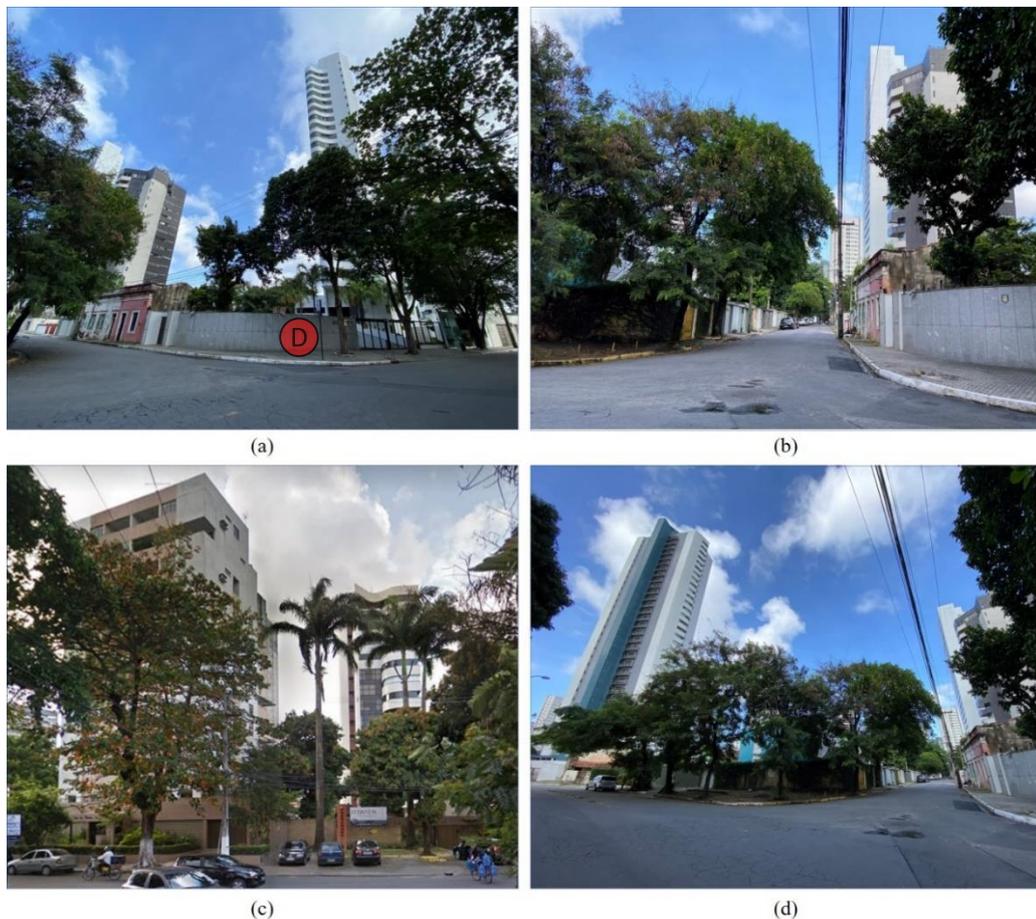
Figura 48 - Localização e entorno do ponto “C” de medição, em Casa Forte, Recife-PE.



Fonte: Artur Schimbergui (2020).

O ponto “D” está localizado na esquina da rua Visconde de Ouro Preto com a Estrada das Ubaias. Conforme a figura 49, verifica-se que a área é predominantemente residencial, com baixo fluxo de pedestres e moderado fluxo de automóveis na via de maior hierarquia, influenciando nas condições do microclima local. O conjunto urbano do entorno é heterogêneo e possui dois tipos construtivos predominantes, caracterizados por construções de um a dois pavimentos e por edifícios de até 20 pavimentos. As diferentes formas e tamanhos das construções associadas aos afastamentos contribuem para a fluidez do ar, acentuando os efeitos positivos no microclima local. A densidade de vegetação é alta, com destaque para a arborização urbana, e a taxa de solo natural e permeável é maior no interior dos lotes. Por outro lado, o uso de muros revestidos com pedras ou materiais cerâmicos ao invés de grades ou divisórias vazadas diminui a influência da taxa de solo natural e da arborização nas calçadas, rompe a conexão entre interior e exterior, além de acumular calor, liberando-o para o ambiente.

Figura 49 - Localização e entorno do ponto “D” de medição, em Casa Forte, Recife-PE.



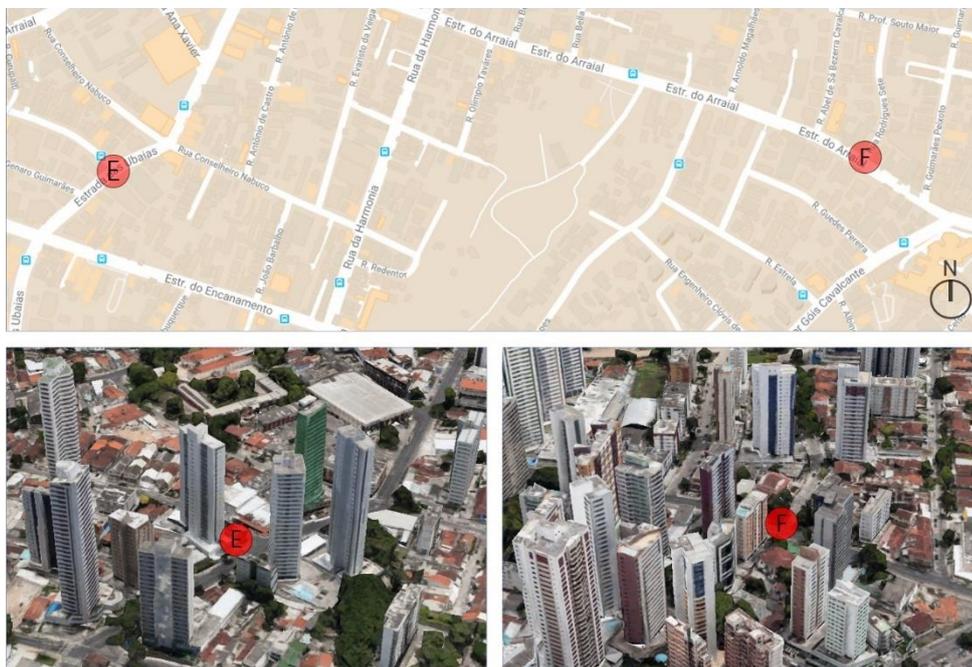
Fonte: Artur Schimbergui (2020).

Bairro de Casa Amarela – Pontos E e F

Casa Amarela situa-se na zona noroeste do Recife, compondo uma mancha urbana localizada entre a Estrada do Encanamento e a Avenida Norte (figura 50). O bairro possui 29.180 habitantes, distribuídos em uma área de 188,0 ha, conferindo uma alta densidade demográfica, com uma média de 155,2 habitantes/hectare. O número total de domicílios é de 9.296, para uma média de 3,4 habitantes por residência. Os dados referentes à moradia são complementados pelo nível educacional da população com 10 anos ou mais alfabetizada, de 96,5%, e o valor do rendimento médio mensal, de R\$ 4.236,69.

Atualmente, o bairro vem passando por um intenso processo de densificação construtiva. As restrições construtivas nos bairros abrangidos pela ARU impulsionaram, e continuam a impulsionar, o deslocamento de novas construções para as regiões próximas, dentre as quais, Casa Amarela. Como resultado, tem-se a substituição de construções predominantemente horizontais por edifícios com mais de 20 pavimentos, afastamentos mínimos e baixa taxa de solo natural. O principal objetivo quando da escolha dos pontos de medição na área foi analisar a influência que parâmetros urbanísticos de valores mais permissivos exercem na qualidade climática, comparando-os aos efeitos exercidos por diretrizes construtivas mais restritivas, existentes nas áreas adjacentes.

Figura 50 - Localização dos pontos de medição, em Casa Amarela, Recife-PE. Vistas aéreas do bairro.



Fonte: Adaptado do Google Maps. Acesso em 21-05-2020.

O ponto “E” está localizado na esquina da Estrada das Ubaias com a rua Raimundo Freixeira. Através da figura 51, é possível observar que a massa construída no entorno é formada predominantemente por construções verticais multifamiliares, onde se tem, em grande parte dos edifícios, os primeiros pavimentos destinados a estacionamento. A formação de paredões está associada a afastamentos insuficientes, gerando efeitos aerodinâmicos associados a sensação de desconforto térmico. O uso do solo no entorno é predominantemente misto, formado por edifícios residenciais, comércio, supermercado, banco e igreja. A diversidade de serviços faz com que o fluxo de pessoas e de automóveis seja significativamente elevado. A pavimentação no entorno do ponto de medição é constituída por piso intertravado, pedra portuguesa, cimento e asfalto. A taxa de solo natural é quase inexistente, sendo encontrada em pequenas parcelas no interior dos lotes. O índice de vegetação é baixo, com o maior número de indivíduos arbóreos inseridos em vias públicas, em contraste às poucas unidades visualizadas nas áreas privadas.

Figura 51 - Localização e entorno do ponto “E” de medição, em Casa Amarela, Recife-PE.



Fonte: Artur Schimbergui (2020).

O ponto “F” situa-se na esquina da Rua Rodrigues Sete com a Estrada do Arraial. O conjunto urbano local é caracterizado pela heterogeneidade das construções, com a predominância de dois tipos: o unifamiliar com até dois pavimentos e o multifamiliar com mais de vinte pavimentos. Assim como no ponto “E”, os primeiros pavimentos dos edifícios verticalizados são destinados à guarda de veículos. Nota-se que esse modelo de construção na cidade é encontrado, principalmente, nas áreas regidas pela Lei do Uso e Ocupação do Solo, de 1996. Entre os edifícios verticalizados, os afastamentos são mínimos, conforme pode ser observado na figura 52-d. O uso do solo na área é predominantemente residencial, com algumas edificações orientadas à oferta de serviços. O fluxo de pessoas é fraco, porém, o de veículos é intenso, o que contribui para o aumento da temperatura do ar, ocasionando desconforto térmico. Quanto à taxa de solo natural e à vegetação, é possível identificar alguns poucos indivíduos vegetais no interior dos lotes, principalmente das residências e edifícios mais antigos, por outro lado, na via pública, a ocorrência de solo permeável e de vegetação capaz de contribuir para a infiltração das águas pluviais e atenuar a temperatura do ar, é quase inexistente.

Figura 52 - Localização e entorno do ponto “F” de medição, em Casa Amarela, Recife-PE.



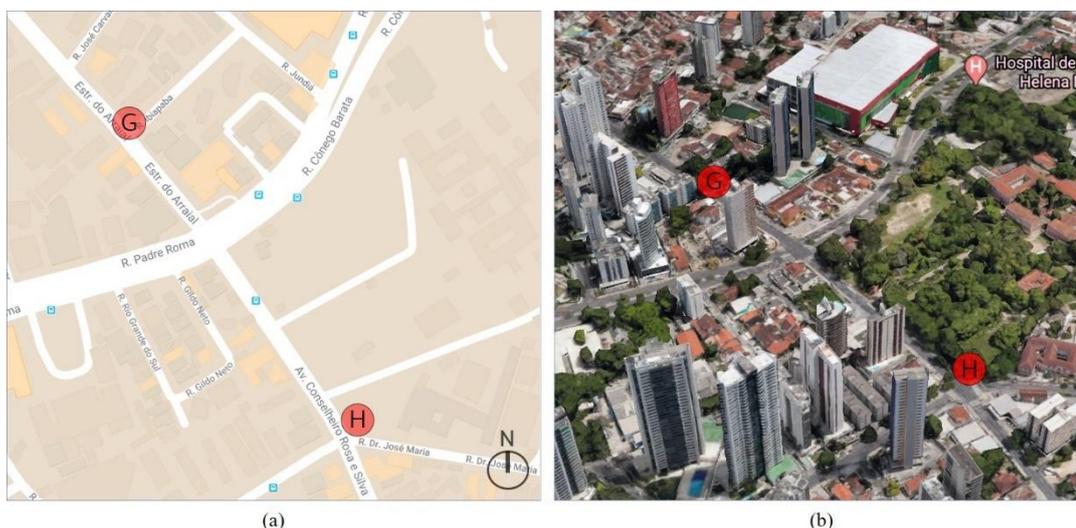
Fonte: Artur Schimbergui (2020).

Bairro da Tamarineira – Pontos G e H

A Tamarineira localiza-se entre os bairros de Casa Amarela e Rosarinho, em uma porção orientada segundo à Lei dos 12 Bairros, diferentemente dos bairros adjacentes, regidos pela Lei do Uso e Ocupação do Solo, de 1996. Segundo o IBGE (2010), o bairro possui uma população de 14.124 habitantes para uma área de 102 ha, o que confere uma alta densidade demográfica de 138,47 hab/ha. O padrão socioeconômico da população é homogêneo, onde 98,5% dos residentes com 10 anos ou mais são alfabetizados, possuindo rendimento médio mensal de R\$ 7.904,04. Quanto ao padrão construtivo, a área é bastante heterogênea, conforme observa-se na figura 53-b.

O bairro está inserido no setor 1 da Área de Reestruturação Urbana (ARU), o que lhe confere o maior potencial construtivo entre os setores. Atualmente, a área tem compreendido um intenso processo de adensamento construtivo. Seguindo mínimas restrições construtivas, identificadas sob a forma de adequação às características locais (adensamento construtivo, diversidade de usos, tipos de habitação e hierarquização das vias), tem-se contribuído para se atenuar os efeitos negativos no clima associados ao processo de urbanização. Diante do contraste com os modelos propostos nos bairros adjacentes, regidos pela LUOS/1996, o principal objetivo quando da escolha dos pontos de medição no bairro, foi comparar áreas de características semelhantes, mas condições de urbanização diferentes, e analisar os aspectos que mais contribuíram para a qualidade climática local.

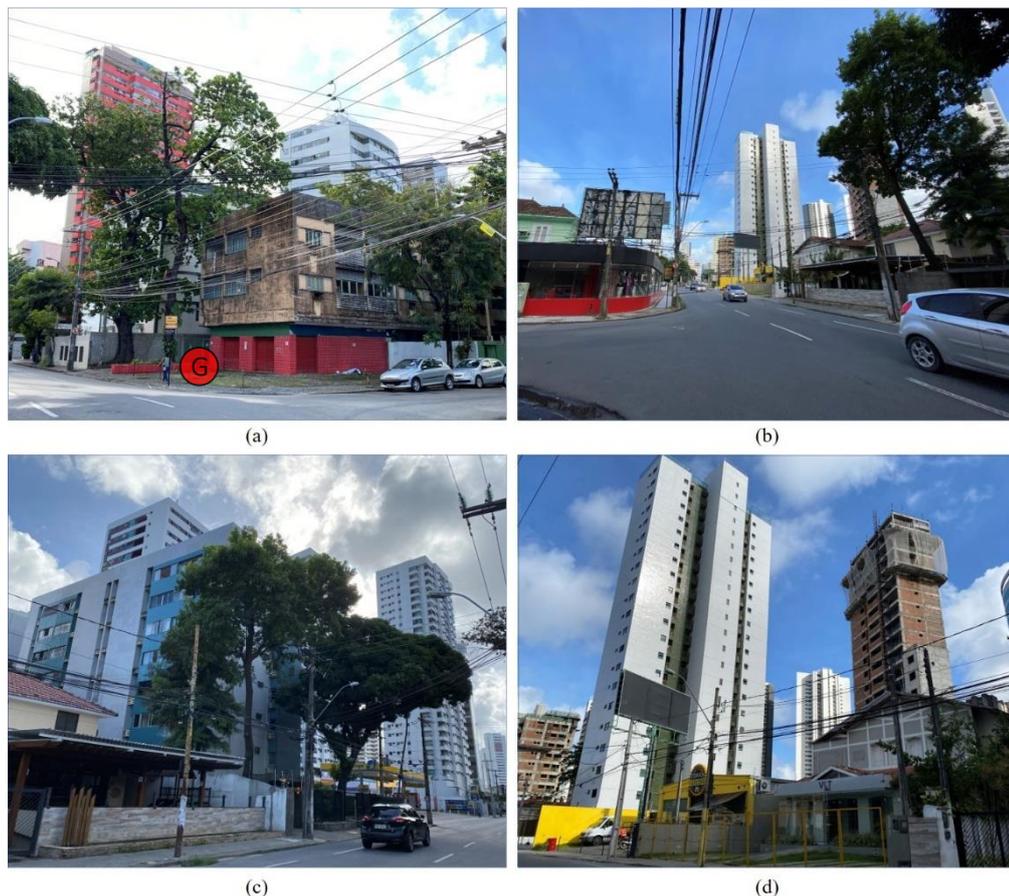
Figura 53 - (a) Localização dos pontos de medição, na Tamarineira, Recife-PE; (b) vista aérea do bairro.



Fonte: Adaptado do Google Maps. Acesso em 21-05-2020.

O ponto “G” encontra-se na esquina da Estrada do Arraial com a rua Ibiapaba. O conjunto urbano do entorno caracteriza-se pela heterogeneidade construtiva. Dentre todos os pontos analisados, houve o destaque por apresentar a maior variação de formas, de alturas e de afastamentos. Na área, observam-se edifícios multifamiliares caracterizados por uma significativa alternância de altura – com a presença de edifícios com três, cinco, oito e até vinte pavimentos, e uma elevada presença de comércios e de serviços, tais como academias e restaurantes, ocupando construções com um ou dois pavimentos (figura 54). Esta configuração promove uma porosidade na estrutura urbana capaz de contribuir para o fluxo dos ventos e para a dispersão dos poluentes e do calor. Por outro lado, a diversidade de usos associada à hierarquia da via local promove um intenso deslocamento de carros e pedestres. Este fator integrado ao tipo de pavimentação do entorno, composto predominantemente por pedra portuguesa, asfalto e intertravado, pode promover modificações negativas nos elementos climáticos. A média incidência de vegetação e de solo natural presente no interior dos lotes é capaz de acentuar os efeitos adversos nos componentes ambientais.

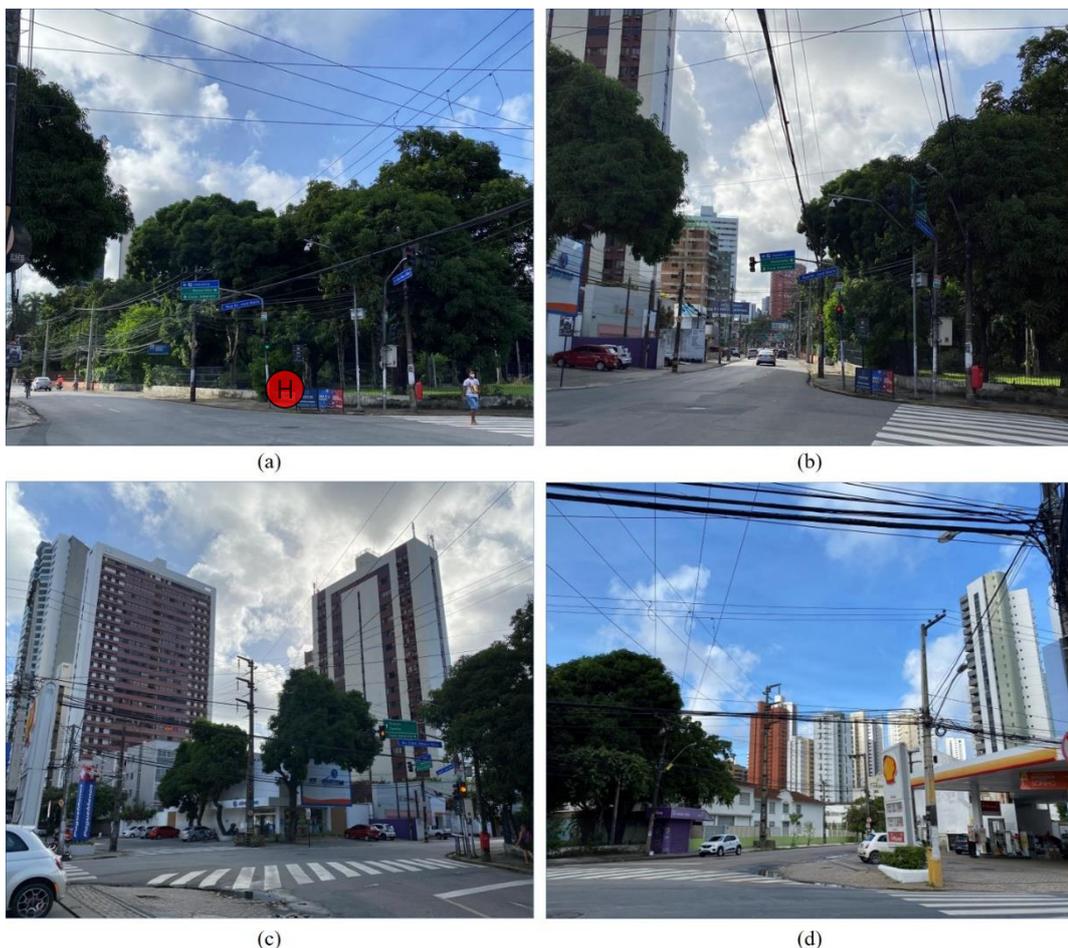
Figura 54 - Localização e entorno do ponto “G” de medição, na Tamarineira, Recife-PE.



Fonte: Artur Schimbergui (2020).

O ponto “H” localiza-se no cruzamento da Av. Conselheiro Rosa e Silva com a rua Dr. José Maria, em uma área marcada pela predominância de construções com até um pavimento (figura 55). A horizontalidade das construções resulta do tipo de uso do solo existente no entorno, identificado por comércios e serviços, tais como farmácias e posto de gasolina. O tipo de construção é modificado nas quadras adjacentes ao ponto de medição, onde passa a predominar edificações multifamiliares com até 20 pavimentos. O local é caracterizado por ser um cruzamento com elevado fluxo de pedestres e de automóveis, que, devido ao grande número de semáforos existentes, contribuem para o acúmulo de calor na área. Soma-se à influência negativa no clima a existência de poucas áreas de solo natural e com presença de vegetação, na medida em que quase a totalidade da pavimentação do entorno é constituída por asfalto e cimento. Por outro lado, o espaço referente ao Hospital Ulysses Pernambucano, contando com uma extensa área com vegetação e solo natural, inúmeras espécies de grande porte e elevado índice de solo permeável, contribui positivamente para o clima urbano local.

Figura 55 - Localização e entorno do ponto “H” de medição, na Tamarineira, Recife-PE.



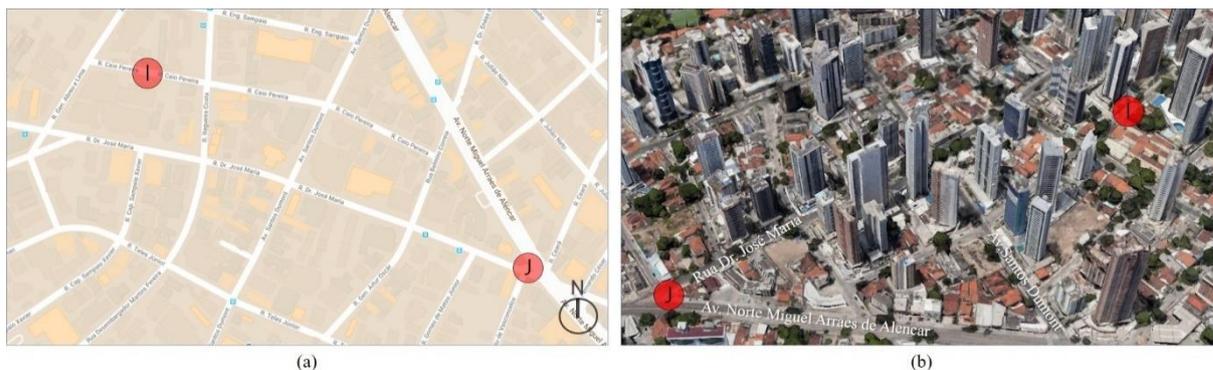
Fonte: Artur Schimbergui (2020).

Bairro do Rosarinho – Pontos I e J

O Rosarinho possui uma área de 25 ha e conta com uma população de 4.077 habitantes. Encontra-se localizado em uma área bastante estratégica: entre duas vias arteriais – Av. Norte e Av. Conselheiro Rosa e Silva – e próximo a bairros tradicionais, que contam com uma infraestrutura sólida e já consolidada (figura 56). Por esse fato, quase a totalidade dos 1.329 domicílios do bairro possuem acesso à rede de abastecimento de água. Além do acesso à infraestrutura, a qualidade de vida pode ser validada por outros indicadores, como o nível de instrução da população com 10 anos ou mais, com uma taxa de 95,3% de alfabetização, e pelo rendimento médio mensal de R\$ 6.547,75.

Diante das condições de localização e habitabilidade, do nível socioeconômico dos seus residentes, do preço do m² – um pouco mais acessível quando comparado aos bairros contemplados pela Lei dos 12 Bairros – e pela permissividade construtiva, viabilizada pelo zoneamento estabelecido para a área, o bairro do Rosarinho tem sido alvo de um excessivo processo de adensamento construtivo. Em razão dos limites territoriais limitados e do intenso e crescente número de moradores e de construções verticalizadas, o adensamento tem interferido substancialmente nas condições físicas e ambientais locais. Diante de um inadequado processo de uso e de ocupação do solo no tipo climático quente e úmido, o principal objetivo quando da escolha dos pontos de medição no bairro foi analisar um modelo construtivo orientado à exaustão, caracterizado pela alta densidade de construção, pouca vegetação, alto nível de impermeabilização do solo, afastamentos insuficientes e homogeneidade construtiva, e a sua interferência negativa nos elementos do clima.

Figura 56 - (a) Localização dos pontos de medição, no Rosarinho, Recife-PE; (b) vista aérea do bairro.



Fonte: Adaptado do Google Maps. Acesso em 21-05-2020.

O ponto “I” localiza-se na Rua Caio Pereira, em frente ao Edif. Abelardo Carneiro Leão (figura 57). O entorno possui características construtivas e ambientais muito bem definidas. Os edifícios são caracterizados pela homogeneidade construtiva, identificada pelo tipo multifamiliar verticalizado com mais de 30 pavimentos e afastamentos mínimos. A taxa de solo natural e permeável é consideravelmente reduzida e a presença de vegetação é insuficiente, com exceção de alguns indivíduos. O uso do solo é predominantemente residencial e o tipo de pavimentação do entorno é, em sua ampla maioria, impermeável, constituído por diferentes tipos de pedra – portuguesa, granito e paralelepípedo, o que acentua a capacidade de se reter o calor, liberando para o ambiente, ocasionando o aumento da temperatura do ar. A disposição e a altura das edificações associadas à via local podem gerar barreiras à fluidez dos ventos, promover efeitos aerodinâmicos associados ao desconforto térmico, acumular calor em decorrência das superfícies impermeabilizadas e concentrar poluentes. Para o tipo climático recifense, esse modelo de urbanização é o menos eficiente, podendo gerar climas urbanos associados a alterações climáticas negativas, interferindo no conforto térmico.

Figura 57 - Localização e entorno do ponto “I” de medição, no Rosarinho, Recife-PE.



Fonte: Artur Schimbergui (2020).

O ponto “J” está localizado no encontro da Rua Dr. José Maria com a Av. Norte. A área é caracterizada pela diversidade de atividades, serviços, comércios e moradias e por um intenso fluxo de pessoas e de automóveis, impulsionada por uma das principais vias arteriais da cidade. Os diferentes tipos de usos contribuem para a configuração urbana local, marcada pela alternância de altura das edificações e por afastamentos que aumentam a porosidade da estrutura urbana, favorecendo a circulação dos ventos (figura 58). Por outro lado, o entorno e as quadras próximas apresentam valores consideravelmente baixos de permeabilidade do solo e de densidade de vegetação. A área é totalmente aberta e são encontrados apenas alguns indivíduos arbóreos, onde a grande parte é de pequeno porte, insuficiente para atenuar a temperatura do ar. Essas espécies são encontradas, principalmente, nas áreas públicas. Nos espaços privados, a incidência de solo permeável e de vegetação é ainda menor, seja pelo uso predominantemente comercial, ou pelos espaços vazios insuficientes nos lotes dos edifícios multifamiliares. Salienta-se que as influências exercidas pelas transformações espaciais sobre os elementos climáticos, variam de acordo com a incidência e a intensidade de cada componente que constitui o processo de urbanização. São esses efeitos que se pretendeu identificar ao analisar os dados obtidos.

Figura 58 - Localização e entorno do ponto “J” de medição, no Rosarinho, Recife-PE.



Fonte: Artur Schimbergui (2020).

Quadro 5 - Síntese das características dos pontos de medição.

CARACTERÍSTICAS DO ENTORNO		PONTO DE MEDIÇÃO									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Localização	Cruzamento										
	Esquina										
	Centro de quadra										
Massa Construída	Barreira contínua										
	Alternância de altura										
	Livre										
Uso do Solo	Residencial										
	Comercial										
	Misto										
	Público										
Pavimentação	Asfalto										
	Concreto										
	Terra										
	Pedra										
	Intertravado										
Fluxo de pedestre	Intenso										
	Médio										
	Fraco										
Fluxo de veículos	Intenso										
	Médio										
	Fraco										
Vegetação	Densa										
	Média										
	Rala										
	Inexistente										
Massa de água	Rio										
	Inexistente										

Fonte: Artur Schimbergui (2020).

4.3 A INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS URBANÍSTICOS SOBRE O CLIMA URBANO

A influência exercida pela forma urbana e por diferentes elementos sobre o clima urbano foi verificada através dos valores médios dos elementos climáticos temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos, em 10 pontos, coletados em setembro de 2019 e em dezembro de 2019 e janeiro de 2020, nos períodos manhã e tarde. A sistematização dos elementos ambientais referente ao período do equinócio de primavera de 2019 está identificada na tabela 3 e nos gráficos 4 e 5. Os dados das medições foram comparados as médias registradas pela Estação Meteorológica de Referência Automática – Inmet.

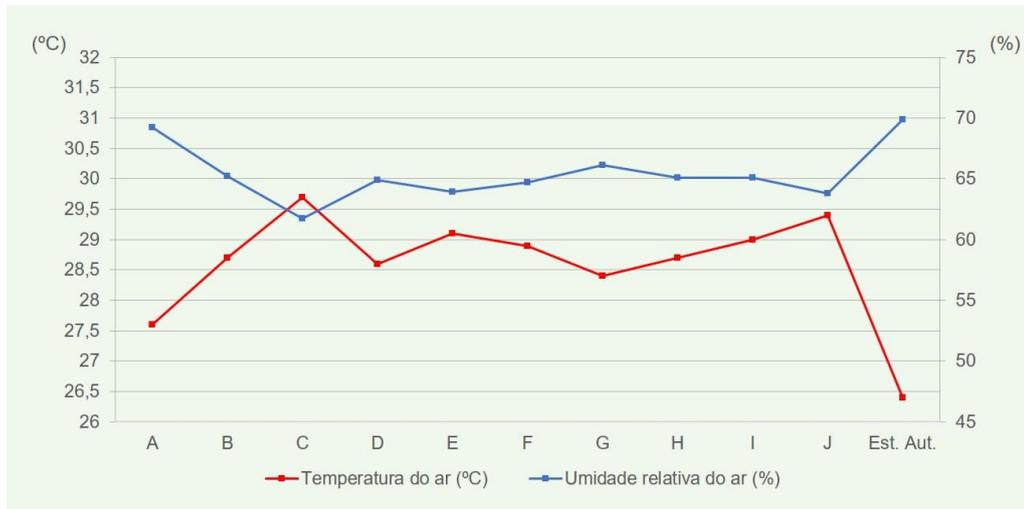
Tabela 3 - Médias dos valores dos elementos climático-ambientais em Recife-PE – períodos manhã e tarde – equinócio de primavera de 2019.

MÊS DE REFERÊNCIA: SETEMBRO DE 2019						
LEGISLAÇÃO		PONTO	Temperatura (°C.)	Umidade (%)	Velocidade dos ventos (m/s)	Direção dos ventos (N)
LEI DOS 12 BAIROS	LUOS/ 1996					
		A	27,6	69,2	1,4	SE
		B	28,7	65,2	2,1	SE
		C	29,7	61,7	1,8	SO
		D	28,6	64,9	1,3	SE
		E	29,1	63,9	1,7	L
		F	28,9	64,7	1,5	SE
		G	28,4	66,1	2,2	SE
		H	28,7	65,1	1,2	SE
		I	29,0	65,1	1,1	SE
		J	29,4	63,8	1,5	SE
INMET – ESTAÇÃO AUT.			26,4	69,9	-*	-*

*Dados não disponibilizados pela Estação Automática de Referência - Inmet.

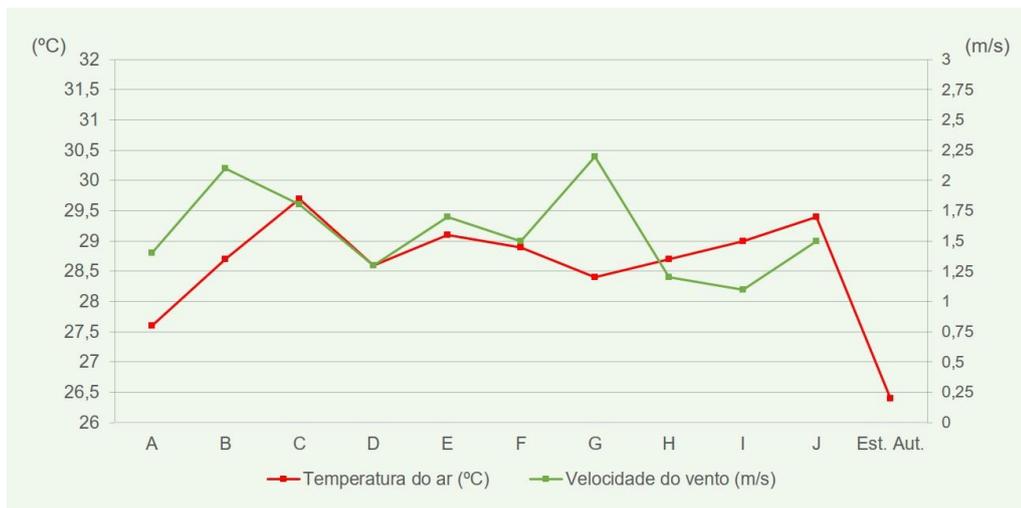
Fonte: Artur Schimbergui (2020).

Gráfico 4 - Médias dos valores dos elementos climático-ambientais temperatura do ar e umidade relativa do ar, em Recife-PE – períodos manhã e tarde – equinócio de primavera de 2019.



Fonte: Artur Schimbergui (2020).

Gráfico 5 - Médias dos valores dos elementos climático-ambientais temperatura do ar e velocidade do vento, em Recife-PE – períodos manhã e tarde – equinócio de primavera de 2019.



Fonte: Artur Schimbergui (2020).

O ponto “C”, localizado na Av. 17 de Agosto, um dos principais corredores urbanos da cidade, apresentou a maior média de temperatura do ar (29,7°C) entre os 10 pontos. Embora estivesse localizado em uma das extremidades da Praça de Casa Forte, caracterizada pela alta densidade de vegetação e de solo permeável, o que poderia contribuir para a amenização da temperatura do ar, a proximidade com uma via asfaltada e de intenso fluxo de veículos exerceu uma maior e mais significativa influência sobre a temperatura do ar e sobre a umidade relativa do ar.

A exposição ao sol durante todo o dia associada à impermeabilização das superfícies (figura 59), ampliada devido à inexistência de recuo entre a calçada e as edificações comerciais do entorno, com exceção da praça, corroborou para a média registrada.

Figura 59 - Ponto “C”.



Fonte: Artur Schimbergui (2020).

A segunda maior média de temperatura do ar (29,4°C) foi apresentada no ponto “J”, localizado em um outro importante corredor viário, a Av. Norte. O entorno a esse ponto possui uso e ocupação do solo predominantemente comercial e de serviços, sem recuos frontais entre a calçada e as edificações. No interior do bairro, os altos edifícios multifamiliares ocasionaram sombra no período da tarde no entorno da área analisada, exercendo influência nos valores coletados. A existência de solo permeável é quase que inexistente, seja no espaço público ou no interior dos lotes, sendo encontrados próximos ao tronco dos poucos indivíduos arbóreos localizados no entorno. Em alguns casos, verificou-se que esses espaços são preenchidos com cimento ou asfalto, contribuindo ainda mais para a impermeabilização do solo e para o acúmulo de calor.

Nota-se que em razão das características dos pontos que apresentaram as maiores médias de temperatura do ar, a proximidade com vias com grandes fluxos de veículos, a maior quantidade de solo impermeável, a baixa densidade de vegetação e a menor quantidade de solo natural, são fatores determinantes para que sejam gerados microclimas associados a alterações negativas das variáveis climáticas.

Conforme a tabela 3, a menor média de temperatura foi verificada no ponto “A”, às margens do Rio Capibaribe e com o entorno com características mais próximas ao meio natural (27,6°C). Em comparação à Estação Automática de Referência – Inmet, apresentou um acúmulo de calor de 1,2°C, ante 3,3°C verificado no ponto de maior temperatura. Entre os valores médios de temperatura de todos os pontos, foi o único dentro da zona de conforto considerada para Recife, entre 24°C e 28°C (FREITAS et al., 2019, p. 521).

O segundo menor valor médio de temperatura do ar foi constatado no ponto “G”, na esquina da Estrada do Arraial com a rua Ibiapaba (28,4°C). Em uma área com maior adensamento construtivo, as restrições urbanísticas exerceram uma forte influência para a qualidade climática local. A alternância de altura das edificações em razão da largura das vias e os maiores afastamentos, além da maior quantidade de solo natural, promoveu menor acúmulo de calor, maior amenização térmica e melhor circulação do ar na estrutura urbana (figura 60).

Figura 60 - Ponto “G”.



Fonte: Artur Schimbergui (2020).

A umidade relativa do ar, em 100% dos registros, esteve dentro da zona considerada de conforto para Recife, que é entre 50 e 70% (FREITAS et al., 2019, p. 521). Como já era de se esperar, a umidade foi menos elevada nos pontos localizados na Av. 17 de Agosto (61,3%) e na Av. Norte (63,8%), confirmando a relação de inversabilidade entre as variáveis temperatura do ar e umidade relativa do ar. Já o maior valor médio de umidade foi verificado às margens do rio, no ponto “A” (69,2%), em área com alta densidade de vegetação, comprovando a influência de massas de água e da arborização enquanto reguladores térmicos.

No que se refere à ventilação, os valores das médias da velocidade dos ventos de todos os pontos analisados estiveram dentro da zona considerada de conforto, para Recife, que corresponde à faixa entre 1,0 e 3,0m/s (FREITAS et al., 2019, p. 521). Não por coincidência, a maior média de velocidade dos ventos foi observada no ponto “G” (2,2m/s), seguida pela média referente ao ponto “B” (2,1m/s), localizado em uma área de princípios normativos semelhantes, embora ainda mais restritivos (figura 61). Em ambos os casos, a distribuição e a altura das construções não ofereceram resistência ao fluxo dos ventos ou geraram efeitos aerodinâmicos locais. Em contrapartida, seguindo a teoria, funcionaram como fator de amenização térmica, conferindo à essas áreas os menores valores médios de temperatura do ar quando comparados a espaços com maior potencial construtivo.

Figura 61 - (a) Vista a partir do ponto “G”; (b) Ponto “B”.



Fonte: Artur Schimbergui (2020).

Como esperado, o ponto que apresentou o menor valor médio de velocidade dos ventos foi o “I” (1,1m/s), localizado no Rosarinho, em uma área caracterizada por uma elevada densidade construtiva, forte presença de altos edifícios e pouco afastamento entre as construções, gerando obstáculos aos ventos (figura 62). Os efeitos negativos foram acentuados em razão da largura da via, classificada como local, que devido à existência de edifícios próximos e com alturas semelhantes e elevadas, dificultam a dispersão do ar e dos poluentes.

Por outro lado, apesar das influências negativas exercidas pela forma urbana local na ventilação, a área não esteve associada a extremos térmicos. O baixo fluxo de automóveis e a sombra ocasionada pelos altos edifícios durante quase todo o dia foram os principais fatores observados na redução da temperatura do ar.

Figura 62 - Entorno do Ponto “I”.



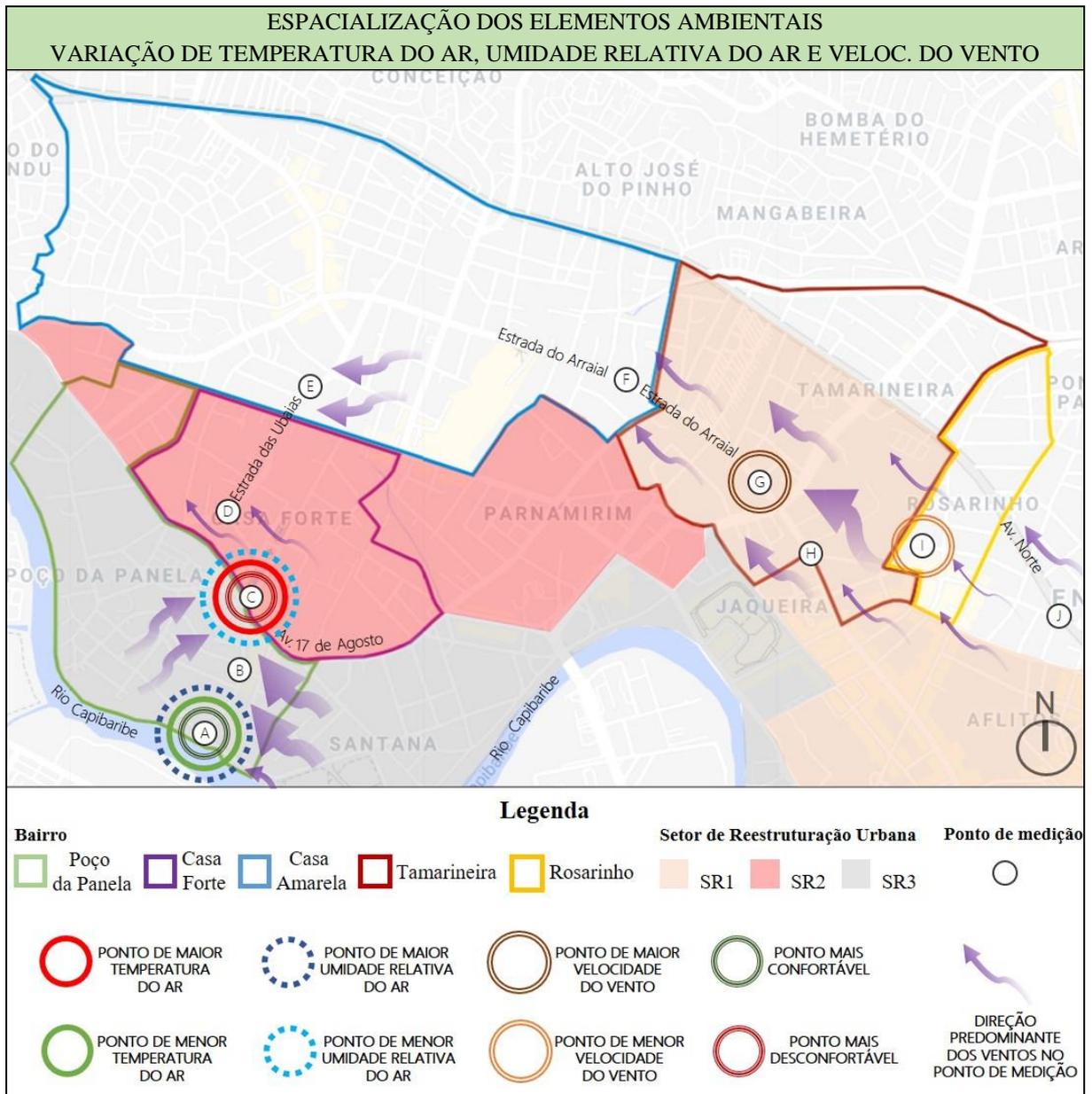
Fonte: Artur Schimbergui (2020).

A direção predominante dos ventos em 80% dos pontos analisados foi igual à predominante em Recife, direção sudeste. Apenas no ponto “C”, na Av. 17 de Agosto, e no ponto “E”, na esquina da rua Raimundo Freixeira com a Estrada das Ubaias, o registro foi diferente. No caso da avenida, a direção predominante foi a sudoeste. A alteração ocorreu em função da diferença de pressão, relacionada à diferença de temperatura, uma vez que foram observadas ausências de barreiras e de obstáculos capazes de alterar a direção dos ventos. Conforme destacado por Freitas (2008, p. 77), as paisagens aquáticas de menor porte (rios, canais, lagoas, açudes), o solo natural e a alta densidade de vegetação – elementos encontrados em áreas próximas a Casa Forte –, diminuem a amplitude térmica e muitas vezes funcionam como redirecionadores do vento. A combinação desses fatores é responsável pela diminuição da temperatura do ar, pelo aumento da umidade e pela formação de ventos, que se direcionam das áreas de alta pressão, onde as temperaturas são mais baixas, para às áreas de baixa pressão e maior temperatura dos aglomerados urbanos, como é o caso do ponto “C”.

Já em relação ao ponto “E”, localizado em Casa Amarela, tal alteração de direção ocorreu em função da forma urbana, com a orientação predominante sendo leste em função do efeito de canalização, embora diversas outras direções tenham sido observadas, tais como sudeste, sul e sudoeste.

Observou-se que a direção e a intensidade dos ventos foram constantes nas áreas com maior alternância de altura das construções e maiores afastamentos. Em contrapartida, nas áreas com grandes paredões de estacionamento e edificações próximas e elevadas, devido aos obstáculos gerados à circulação do ar, ocorreram mudanças mais significativas na direção predominante dos ventos e maior incidência de efeitos aerodinâmicos, tais como efeito de canto, canalização e barreira. A seguir, apresenta-se a espacialização dos elementos climático-ambientais em Recife-PE, no equinócio de primavera de 2019 (figura 63).

Figura 63 - Espacialização dos elementos climático-ambientais, em Recife-PE - equinócio de primavera de 2019.



Fonte: Adaptado do Google Maps. Acesso em 21-05-2020.

Na pesquisa de campo realizada no período próximo ao solstício de verão, ocorrido em dezembro de 2019 e em janeiro de 2020, em função da maior incidência solar no hemisfério sul e em razão da proximidade da cidade do Recife em relação à Linha do Equador, os valores médios de temperatura do ar foram consideravelmente mais elevados. Os valores médios de velocidade dos ventos foram significativamente menores que os observados nas medições de setembro. A tabela 4 e os gráficos 6 e 7 apresentam os valores médios dos elementos climáticos temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos. Ressalta-se que os procedimentos adotados nas medições de equinócio, tais como pontos de medição, percurso, horário e equipamentos, foram rigorosamente repetidos.

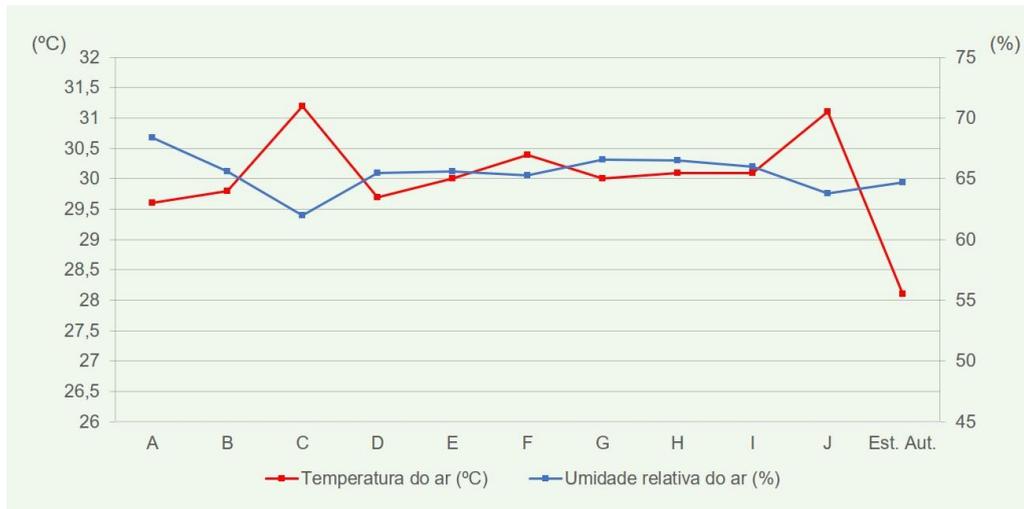
Tabela 4 - Médias dos valores dos elementos climático-ambientais em Recife-PE – períodos manhã e tarde – próximo ao solstício de verão de 2019.

MESES DE REFERÊNCIA: DEZEMBRO DE 2019 E JANEIRO DE 2020						
LEGISLAÇÃO		PONTO	Temperatura (°C.)	Umidade (%)	Velocidade dos ventos (m/s)	Direção dos ventos (N)
LEI DOS 12 BAIROS	LUOS/1996					
		A	29,6	68,4	1,2	SE
		B	29,8	65,6	1,5	SE
		C	31,2	62,0	1,4	SO
		D	29,7	65,5	0,6	SE
		E	30,0	65,6	1,1	SO
		F	30,4	65,3	1,2	SE
		G	30,0	66,6	1,8	SE
		H	30,1	66,5	0,9	S
		I	30,1	66,0	0,7	SE
		J	31,1	63,8	1,0	SE
INMET – ESTAÇÃO AUT.			28,1	64,7	-*	-*

*Dados não disponibilizados pela Estação Automática de Referência - Inmet.

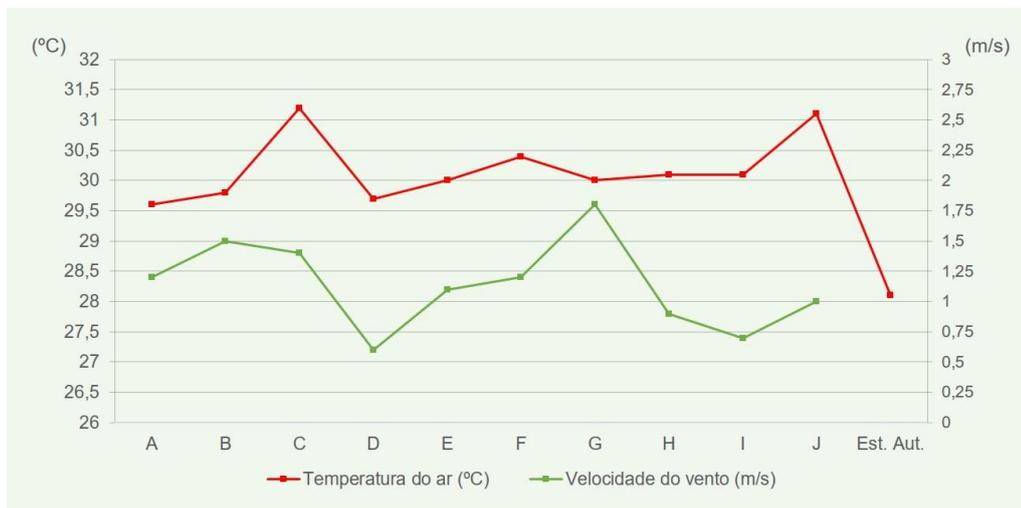
Fonte: Artur Schimbergui (2020).

Gráfico 6 - Médias dos valores dos elementos climático-ambientais temperatura do ar e umidade relativa do ar, em Recife-PE – períodos manhã e tarde – próximo ao solstício de verão de 2019.



Fonte: Artur Schimbergui (2020).

Gráfico 7 - Médias dos valores dos elementos climático-ambientais temperatura do ar e velocidade do vento, em Recife-PE – períodos manhã e tarde – próximo ao solstício de verão de 2019.



Fonte: Artur Schimbergui (2020).

Os maiores valores médios de temperatura do ar foram novamente observados nos pontos localizados nas duas principais vias de circulação: na Av. 17 de Agosto (31,2°C) e na Av. Norte (31,1°C). A diferença entre os valores coletados nos dois pontos foi mínima (0,1°C). Já em relação ao ponto quente de maior temperatura, localizado no Rosarinho, a diferença do valor médio foi de (1,0°C). Quando comparados ao valor médio da Estação Automática de Referência, o acúmulo de calor foi de mais de 3,0°C. Todos os pontos apresentaram médias superiores a 28°C, valor máximo especificado para a zona de conforto na cidade.

Nota-se, mais uma vez que, o intenso fluxo de veículos, a diversidade de atividades, a grande quantidade de solo impermeável e a quantidade insuficiente de solo natural foram os fatores mais importantes para as altas médias de temperaturas registradas. Os valores médios permaneceram elevados e constantes nos pontos com menor exposição aos ventos e com menor quantidade de solo permeável, diminuindo à medida em que se aproximava de vias de menor hierarquia viária, maior densidade de vegetação de médio porte – capaz de ofertar sombra e absorver a radiação solar –, maior circulação de ar e menor concentração de poluentes.

O menor valor médio de temperatura foi observado às margens do rio, no ponto “A” (29,6°C), sob a influência do solo natural, da densa vegetação e da ventilação, incrementada pelas construções predominantemente horizontais. O segundo menor valor médio de temperatura foi registrado no ponto “D”, na esquina da rua Visc. de Ouro Preto com a Estrada das Ubaias (29,7°C). Uma curiosidade sobre esse ponto é que ele foi um dos mais confortáveis sob o ponto de vista da temperatura do ar, mesmo apresentando a menor média de velocidade dos ventos. Os principais fatores observados para isso foram: a grande quantidade de indivíduos arbóreos existentes na área, seja no interior dos lotes ou na via pública; e os grandes afastamentos entre as edificações, conforme pode ser observado na figura 64, que permitiam a dissipação de calor e de poluentes.

Figura 64 - Ponto “D”.



Fonte: Artur Schimbergui (2020).

Em relação à umidade relativa do ar, todos os 10 pontos apresentaram valores médios acima de 50% e inferior a 70%. O valor médio mais alto ocorreu à beira do Capibaribe, no ponto “A” (68,4%), em meio à maior densidade de vegetação de médio porte e influência da massa de água. O segundo maior valor médio referente de umidade foi observado na Tamarineira, no ponto “G” (66,6%), mesmo sob influência do maior valor médio de velocidade dos ventos, que pela ação natural, pode dissipar as partículas de vapor de água. A grande quantidade de indivíduos arbóreos existentes no local foi o principal fator observado para que a umidade fosse uma das mais elevadas, tendo funcionado, também, como efeito amenizador de desconforto térmico, ao promover sombra e absorver a radiação solar incidente. Por outro lado, mesmo próximo à vegetação da praça, o menor valor médio de umidade relativa do ar continuou sendo anotado na Av. 17 de Agosto (62,0%), seguido pela Av. Norte (63,8%). Esse fato pode ser justificado segundo análise realizada por Freitas (2008, p. 230), ao indicar que em locais mais quentes, em razão de uma corrente de ar ascendente, as partículas de umidade sobem, tornando o meio relativamente mais árido. Conclui-se que o maior fluxo de veículos e o maior grau de atividade antrópica acentuam, significativamente, as alterações negativas dos elementos ambientais, dadas as altas temperaturas observadas também nesses mesmos pontos.

Quanto à velocidade dos ventos, os maiores valores médios permaneceram sendo no ponto “G” (1,8m/s), seguido pelo ponto “B” (1,5m/s). Em ambos os pontos, as velocidades e as direções dos ventos foram constantes, funcionando como importante elemento de amenização térmica no tipo climático tropical litorâneo quente e úmido. A alternância de altura das edificações e o maior afastamento entre as construções foram as estratégias novamente identificadas como mais importantes para incrementar a circulação dos ventos na estrutura urbana, contribuindo como fatores de amenização térmica e de dispersão de partículas de poluição. Inusitadamente, o ponto “D” apresentou o menor valor médio de velocidade dos ventos (0,6m/s), visto que não foram observados obstáculos à circulação do ar. Uma razão para tal fenômeno, pode ser a confluência de fluxos de vento de direção opostas. Por outro lado, mais uma vez, o ponto “I”, localizado na área com maior adensamento construtivo, de edificações mais elevadas e com menores afastamentos, no bairro do Rosarinho, despontou entre os menores valores médios de velocidade do vento (0,7m/s). Nota-se, portanto, que embora a intensidade dos ventos possa ser menor conforme o período do ano, visto que os valores médios dos outros pontos também sofreram redução nos meses de dezembro e de janeiro, a reincidência dos pontos com maior valor médio de velocidade dos ventos e de menor valor médio não é por acaso. As características físicas que promoveram maior ou menor velocidade dos ventos são específicas e bem definidas.

Em 70% dos pontos, a orientação dos ventos foi semelhante à da cidade, ou seja, sudeste. Houve exceções anotadas no ponto “H”, no cruzamento da Av. Conselheiro Rosa e Silva com a rua Dr. José Maria; no ponto “C”, localizado na Av. 17 de Agosto; e no ponto “E”, situado na esquina da Rua Raimundo Freixeira e a Estrada das Ubaias. Na Tamarineira, ponto “H”, o registro foi sul. Em Casa Forte, ponto “C”, a orientação foi sudoeste, a mesma observada nas medições do equinócio de primavera, confirmando a constância da direção do vento no local. Já em Casa Amarela, ponto “E”, foi registrada a direção sudoeste, diferente da identificada nas medições de setembro. A ação de efeitos aerodinâmicos ocasionados pelas construções foi o fator que mais exerceu influência à predominância da direção dos ventos identificada na área, tendo ocasionado desconforto por meio da ventilação canalizada e excessiva, com rajadas de incríveis 9,7m/s, podendo tal fenômeno também, ter sido agravado pelo efeito aerodinâmico de canto (figura 65). Na figura 66, apresenta-se a espacialização dos elementos ambientais em Recife-PE, no solstício de verão de 2019.

Figura 65 - (a) Ponto “E”; (b) Entorno do ponto “E”.



Fonte: Artur Schimbergui (2020).

4.4 AVALIAÇÃO DA PROPOSTA DE REVISÃO DA LUOS

No ano de 2018, teve início o processo de revisão do Plano Diretor do Recife, principal lei urbanística da cidade. Sob a responsabilidade do Instituto da Cidade Pelópidas Silveira (ICPS), e com a participação de setores da comunidade mediante audiências públicas, a revisão teve por objetivo qualificar o Recife com um planejamento capaz de reverter desequilíbrios gerados ao seu ambiente natural e construído, ao longo do tempo.

Como base para discussões e possíveis transformações urbanas, foi desenvolvido o Caderno Preliminar de Propostas, ancorado sobre premissas que preservem e integrem o patrimônio histórico, cultural e ambiental local. O Caderno traz um conjunto de novas diretrizes relacionadas ao zoneamento da cidade e aos temas associados ao Plano de Ordenamento Territorial, tais como a Lei de Parcelamento e a Lei de Uso e Ocupação do Solo.

Em 2019, foram realizadas diversas oficinas com o objetivo de debater as propostas sobre a revisão da Lei de Uso e Ocupação do Solo. Atualmente, após a fase de diálogos e de sugestões advindas dos diversos segmentos da sociedade, movimentos sociais, representantes do setor produtivo e universidades, em razão da pandemia do novo Coronavírus (COVID-19), a revisão do Plano Diretor encontra-se suspensa por tempo indeterminado.

A presente pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de servir como base a possíveis reformulações na lei que rege a ocupação do solo na cidade pelas edificações. A partir da análise de implicações espaciais que comprovadamente contribuíram para a qualidade ambiental urbana, é possível estabelecer orientações bem mais assertivas ao planejamento da Cidade, minimizando a possibilidade de erros e de consequências adversas provenientes de novas intervenções. Por outro lado, ressalta-se a importância de se aperfeiçoar as leis existentes integrando-as a novas proposições, visando acentuar e expandir os benefícios da adequação urbana às diferentes localidades do Recife.

Confrontar os aspectos referentes à Lei dos 12 Bairros, responsáveis por gerar efeitos positivos à qualidade urbana e de vida para as pessoas, a possíveis implicações geradas pelos novos parâmetros urbanísticos, definidos no processo de revisão, é fundamental para subsidiar decisões mais adequadas às exigências impostas pelas condições físicas e ambientais da cidade.

Os parâmetros propostos estão presentes no Caderno de propostas da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo. Entre as orientações, buscou-se aperfeiçoar os instrumentos já existentes na Lei vigente, bem como promover novos parâmetros. Com isso, eles ficaram divididos da seguinte forma (quadro 6): a) Parâmetros básicos de controle do adensamento construtivo e populacional; b) Parâmetros básicos de controle da volumetria das edificações; c) Parâmetros básicos de qualificação ambiental; e, d) Parâmetros qualificadores do espaço público.

Quadro 6 - Parâmetros de ocupação previstos no Caderno de propostas da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo.

PARÂMETROS DE OCUPAÇÃO DO SOLO			
Parâmetros básicos de controle do adensamento construtivo e populacional	Parâmetros básicos de controle da volumetria das edificações	Parâmetros básicos de qualificação ambiental	Parâmetros qualificadores do espaço público
Coefficiente de aproveitamento	Afastamentos	Taxa de Qualificação Ambiental	Alargamento de Calçadas e Alinhamentos Frontais
Cota-Parte	Taxa de Ocupação		Permeabilidade Visual do Lote
Limitador de áreas comuns	Gabaritos básico e máximo		Faixa de Amenização
			Fachada ativa
			Térreo visitável
			Fruição da borda d'água
			Fruição pública

Fonte: Artur Schimbergui (2020).

Os **parâmetros básicos de controle do adensamento construtivo e populacional** são responsáveis por disciplinar a ocupação do território, agindo sobre o controle e estímulo ao adensamento construtivo e populacional. De acordo com o documento preliminar de propostas, somam-se às alterações previstas ao coeficiente de aproveitamento, presente na legislação atual, a cota-parte e o limitador de áreas comuns.

De acordo com o Projeto de Lei do Plano Diretor, Artigo 38, a nova proposta estabelece os *Coefficientes de Aproveitamento* Mínimo, Básico e Máximo, diferentemente da LUOS/1996, que prevê apenas a área máxima de construção permitida. Essa alteração tem como objetivo estabelecer construções que cumpram com a sua função social, que sejam não onerosas e inerentes aos imóveis urbanos e que não ultrapassem os limites definidos por zona, de modo a promover o adequado aproveitamento do solo, considerando as características de cada local.

A depender do índice adotado para a zona, este parâmetro é capaz de exercer forte influência nos elementos ambientais. Sob o ponto de vista climático, a maior parte dos problemas relacionados ao coeficiente de aproveitamento têm como base o alto potencial construtivo, que contribui para intensificar o aumento da densidade e da verticalização, dificultando a fluidez dos ventos e promovendo o aumento da temperatura do ar. Nesse sentido, mais do que a criação de novos coeficientes, a legislação prevista deve promover índices compatíveis com as condições locais, favorecendo a ventilação e a diminuição da temperatura.

Ao comparar os atuais coeficientes dos pontos de medição analisados com índices propostos para esses mesmos espaços, é possível identificar uma redução do potencial construtivo (quadro 7). Com exceção de parte do bairro da Tamarineira, todas as outras áreas passíveis de análise apresentam redução em seus coeficientes de aproveitamento. A maior restrição construtiva, capaz de qualificar o adensamento construtivo, e promover menos interferências negativas no ambiente, confere à legislação proposta importante contribuição à qualidade ambiental na cidade.

Quadro 7 - Coeficiente de aproveitamento atual (Lei Nº 16.176/96) x Coeficiente de aproveitamento proposto (Caderno de propostas da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo).

Ponto	Bairro	Lei do Uso e Ocupação do Solo/1996/Plano Diretor e Lei dos 12 Bairros		Caderno de propostas da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo do Recife			
		Zoneamento atual	Coeficiente de aproveitamento atual	Zoneamento proposto	Coeficiente de aproveitamento proposto		
					Mín.	Básico	Máx.
A	Poço da Panela	SRU3 - ARU	2,0	ZDS Capibaribe Setor A	0,1	1,0	1,5
B							
C	Casa Forte	SRU2 - ARU	1,5/2,5/3,0*	Setor de Preservação da Significância - SPS	-	-	-
D				Setor de Preservação da Ambiência - SPA	-	-	-
E	Casa Amarela	ZUP 1**	4,0	ZAC P2 Setor B	0,1	1,0	2,0
F							
G	Tamarineira	SRU1 - ARU	2,5/3,0/3,5*	Setor ZRU1	0,4	1,0	4,0
H				Setor de Preservação da Significância - SPS	-	-	-
I	Rosarinho	ZUP 1**	4,0	ZAC P1 Setor A	0,3	1,0	3,0
J							

*A depender da categoria de dimensionamento da via.

**Segundo zoneamento do Plano Diretor, os bairros de Casa Amarela e Rosarinho estão situados em uma ZAC-Moderada, com coeficiente 3,0. Entretanto, conforme simulações realizadas por Lacerda et al. (2018, p. 127), ao incluir no cálculo as áreas exigidas para guarda de veículos, o coeficiente passa a ser equivalente a 4,3. Assim, sem prejuízos à análise, adotou-se o coeficiente 4,0, estabelecido pela LUOS/1996.

Fonte: Adaptado de Caderno de propostas da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo do Recife (2018, p. 50).

Os parâmetros *cota-parte das edificações* e *limitador de áreas comuns* exercem menor influência nos aspectos ambientais. A *cota-parte* é o índice que determina o número mínimo de unidades habitacionais para um dado empreendimento. O *limitador de áreas comuns* é o índice que, multiplicado pelo potencial construtivo máximo do terreno, indica o limite máximo de construção de áreas comuns não incidente no cálculo da Outorga Onerosa do Direito de Construir (OODC). Ambos os parâmetros, por estarem diretamente associados ao potencial construtivo, conferem ao coeficiente de aproveitamento a maior importância quanto à promoção de implicações mais significativas nas variáveis climáticas.

Os **parâmetros básicos de controle da volumetria das edificações** são responsáveis por regular o dimensionamento espacial das construções no solo urbano, sendo definidos a partir dos padrões de ocupação do solo das diferentes zonas e setores da cidade. Eles são divididos em afastamentos, já existente na Lei atual, taxa de ocupação e gabarito (básico e máximo).

Os *afastamentos* permanecem sendo classificados de acordo com a legislação vigente. Entre as mudanças pretendidas com a revisão, estão a exclusão dos afastamentos calculados e a definição de afastamentos diferenciados em função da natureza e da quantidade de pavimentos das edificações (quadro 8). Por outro lado, a nova proposta não leva em consideração a via onde se localiza o terreno, ignorando uma das principais estratégias adotadas pela Lei dos 12 Bairros.

Quadro 8 - Afastamentos atuais (Lei Nº 16.176/96) x Afastamentos proposto (Caderno de propostas da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo).

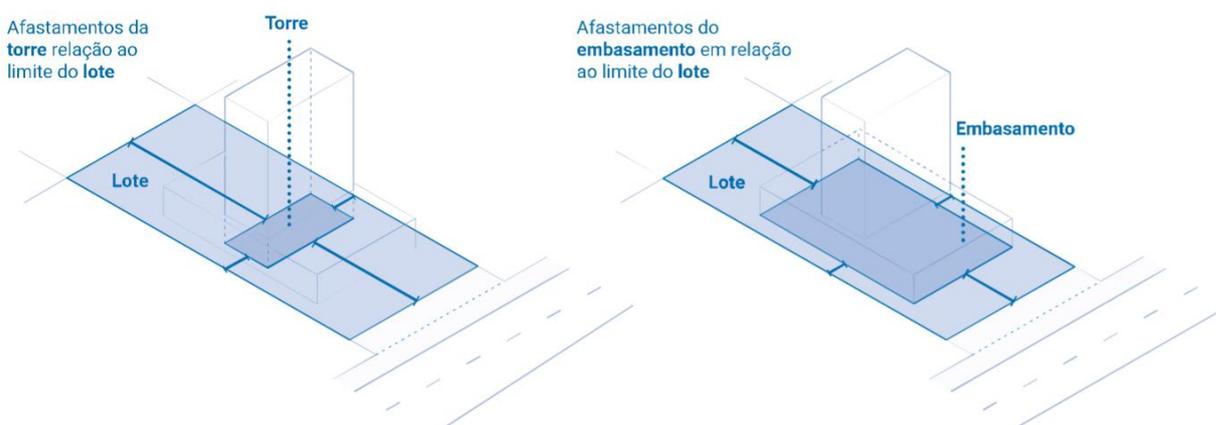
Ponto	Bairro	Lei do Uso e Ocupação do Solo/1996 e Lei dos 12 Bairros				Caderno de propostas da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo do Recife					
		Zoneamento atual	Afastamento mínimo			Zoneamento proposto	Afastamento mínimo				
			Frontal	Lateral e Fundos			Frontal		Lateral e Fundos		
			Edf. < 2 Pav.	Edf. > 2 Pav.		Até 8 pavs	> 8 pavs	Até 8 pavs	até 20 pavs	> 20 pavs	
A	Poço da Panela	SRU3 - ARU	7	Nulo/1,50	3,00	ZDS Capibaribe Setor A	5	7	3	4	5
B											
C	Casa Forte	SRU2 - ARU	7	Nulo/1,50	3,00	Setor de Preservação da Significância - SPS					
D						Setor de Preservação da Ambiência - SPA					
E	Casa Amarela	ZUP 1	5	Nulo/1,50	3,00	ZAC P2 Setor B					
F											
G	Tamarineira	SRU1 - ARU	7	Nulo/1,50	3,00	Setor ZRU1					
H						Setor de Preservação da Significância - SPS					
I	Rosarinho	ZUP 1	5	Nulo/1,50	3,00	ZAC P1 Setor A					
J											

Fonte: Adaptado de Caderno de propostas da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo do Recife (2018, p. 50).

Ao confrontar os valores estabelecidos pela legislação atual com os índices propostos, verifica-se a uniformização dos distanciamentos exigidos. Além disso, observa-se que a exigência de maiores afastamentos se manteve constante nas zonas determinadas pela Lei de Uso e Ocupação do Solo, 1996, e foi expressamente reduzida nas áreas estabelecidas pela Lei dos 12 Bairros.

Diante da necessidade de ventilação em clima tropical litorâneo quente e úmido e da importância dos afastamentos para facilitar a fluidez do ar, identifica-se que esse parâmetro poderia ser melhor adequado às condições locais. Para isso, recomenda-se aos responsáveis pelo processo de revisão, dois importantes ajustes com vistas à qualidade ambiental: o primeiro, refere-se a um planejamento integrado, onde os afastamentos a serem estabelecidos tenham relação direta com o dimensionamento das vias; o segundo, refere-se à adequação do embasamento dos edifícios – pavimentos inferiores das construções – ou paredões de estacionamento (figura 67). Conforme observado nas pesquisas de campo e na sistematização dos dados, esse tipo de estrutura contribuiu de modo significativo para o acúmulo de calor, em função da massa construída e dos materiais de revestimento, e para os efeitos aerodinâmicos associados à ventilação, sobretudo, efeito barreira, efeito de canto e efeito de canalização, capazes de interferir, negativamente, na direção e na velocidade dos ventos, na estrutura urbana. Com isso, recomenda-se que o processo de revisão aborde estratégias que integrem maiores afastamentos entre essas estruturas e a calçada e incrementem a permeabilidade, seja com o uso de estruturas vazadas ou com a possível liberação do solo através do uso de pilotis.

Figura 67 - Possibilidades de afastamentos.



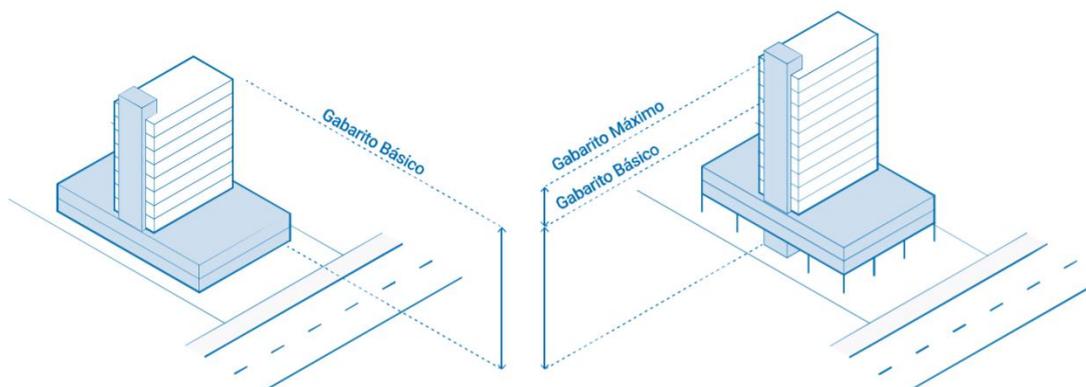
Fonte: Caderno de propostas da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo do Recife (2018).

A *taxa de ocupação* consiste na porcentagem do terreno ocupada pela projeção do pavimento no solo. Segundo o Caderno de Propostas, este parâmetro, em conjunto com o atendimento aos afastamentos mínimos, à Taxa de Solo Natural (TSN) e aos gabaritos, tem por objetivo simplificar a compreensão da volumetria desenhada para cada setor. Para isso, edificações de até 8 pavimentos teriam taxa de ocupação máxima equivalente a 100%, excetuando-se a taxa de solo natural mínima, enquanto construções com mais de 8 pavimentos teriam um índice único de 35% aplicável à torre, independente do setor. Essa estratégia visa estimular edificações menos verticalizadas.

Considerando-se que grande parte dos problemas associados à circulação dos ventos na estrutura urbana são gerados pela alta densidade construtiva e pela verticalização – quando associada a baixos afastamentos, esse parâmetro, ao estimular edificações mais baixas e associar construções mais elevadas à uma taxa de ocupação consideravelmente menor, favorece diretamente a iluminação e a ventilação natural no espaço urbano.

Em relação ao *gabarito*, a nova proposta define esse parâmetro em básico e máximo (figura 68). Gabarito Básico refere-se à altura máxima estabelecida para uma edificação, expressa em metros. O Gabarito Máximo é a altura máxima para uma edificação, acrescida da área térrea não contabilizada, destinada à diversificação de usos e à melhoria da interface entre os espaços públicos e privados da cidade, tais como fachada ativa e térreo visitável. Diante dos benefícios associados ao pavimento térreo livre, a exemplo da maior permeabilidade aos ventos, constata-se a contribuição que a nova legislação pode exercer na qualidade ambiental local. Entretanto, alguns aspectos devem ser considerados e analisados.

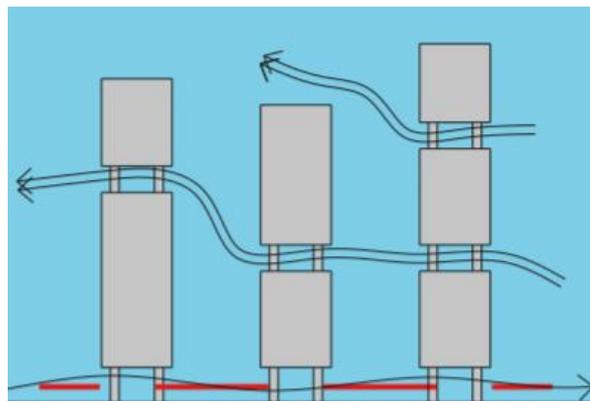
Figura 68 - Representação dos gabaritos básico e máximo.



Fonte: Caderno de propostas da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo do Recife (2018).

A estrutura de pilotis, se não estimulada com base em um planejamento integrado com outras estratégias, pode ocasionar efeitos aerodinâmicos desagradáveis. Em razão da barreira oferecida pela edificação, todo o vento incidente é direcionado aos extremos da construção, entre eles, o pavimento térreo. Diante da pressão resultante, a velocidade do vento aumenta consideravelmente, podendo causar desconforto ao pedestre em determinados locais. Para isso, recomenda-se vazar um ou mais pavimentos, em proporção à altura das edificações. Conforme analisado por Azerêdo (2011, p. 78), a colocação de alguns pavimentos vazados nos edifícios (figura 69) poderia permitir uma melhor fluidez dos ventos a zonas posteriores ao edifício. Esta estratégia, além de incrementar a ventilação no espaço urbano, poderia servir como espaço comum aos próprios usuários da edificação. Neste caso, a área utilizada para promover esta estratégia não seria contabilizada como área construída, sendo compensada com o acréscimo na altura máxima da edificação, assim como se pretende fazer com o térreo visitável.

Figura 69 - Representação de pavimento vazado como incremento à fluidez dos ventos na estrutura urbana.

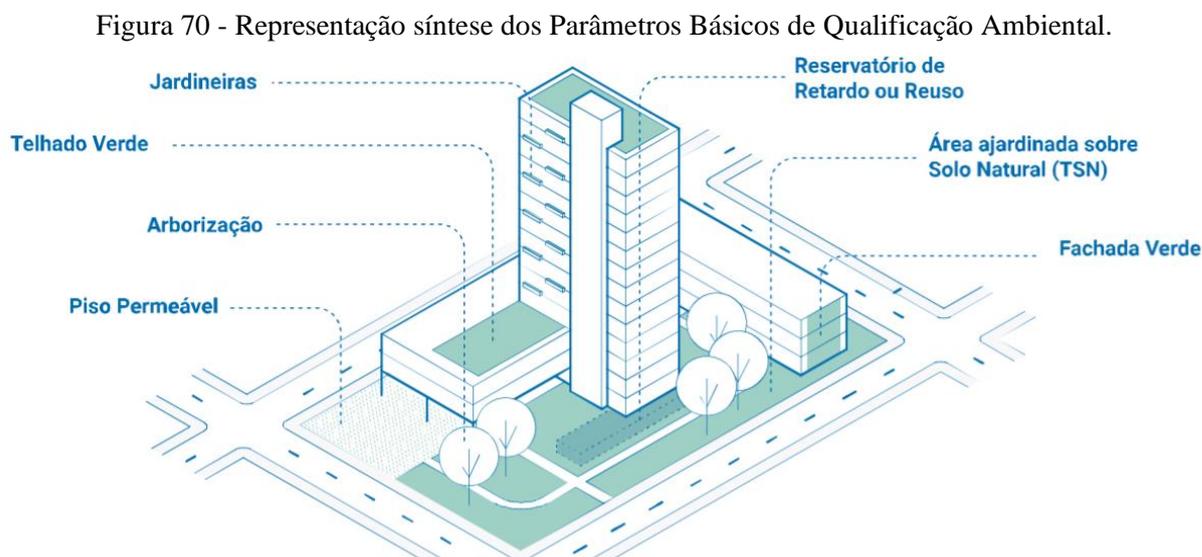


Fonte: Azerêdo (2011, p. 78).

Outro fator é a destinação do pavimento térreo. Conforme identificado na pesquisa, o fluxo e a concentração de veículos é uma das principais causas do aumento de temperatura no ambiente urbano. Direcionar este espaço livre à guarda de veículos, conforme pode ser observado atualmente na cidade, pode influenciar negativamente o microclima local, além de interferir na permeabilidade visual. Para tanto, recomenda-se que a legislação seja específica em relação aos usos, assim como, posteriormente, faça-se uso dos agentes de fiscalização, de modo que os empreendimentos que se utilizaram de elementos de compensação cumpram às exigências estabelecidas pela lei. Deve-se garantir a ventilação do pavimento térreo, valorizando-se a permeabilidade e os afastamentos.

Uma das modificações mais substanciais propostas pela revisão refere-se aos **Parâmetros Básicos de Qualificação Ambiental**, que ocorre por meio da *Taxa de Contribuição Ambiental (TCA)*. Segundo o Caderno Preliminar de Propostas, a TCA é um conjunto de parâmetros que tem por objetivo melhorar a drenagem urbana, reduzir os impactos negativos no clima, ampliar a biodiversidade e qualificar a paisagem urbana.

A TCA é definida por Zona e Setor e é calculada em metros quadrados em função do percentual da área do terreno. Dentro do valor calculado para o lote, um percentual é obrigatoriamente composto por uma Taxa de Solo Natural mínima, já pré-estabelecida, enquanto a área restante pode ser complementada por quaisquer outras soluções ambientais, identificadas pelos seguintes parâmetros: solo natural; solo permeável; telhado verde; jardineira; fachada verde; preservação de árvores e palmeiras; plantio de árvores, e; reservatório de retardo e/ou de reuso de águas pluviais (figura 70).



Fonte: Caderno de propostas da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo do Recife (2018).

A Taxa de Solo Natural refere-se ao percentual do terreno mantido em suas condições naturais e recoberta de vegetação natural. É o único dos índices pertencentes aos Parâmetros Básicos de Qualificação Ambiental presente na Lei atual. Ao observar os valores atualmente estabelecidos para as áreas analisadas com os definidos no Caderno de Propostas, levando em consideração o novo zoneamento, verifica-se que ocorreu uma redução nos valores referentes à Taxa de Solo Natural. Como destaque, tem-se o Poço da Panela, que apresentou a maior redução percentual entre as áreas (quadro 9).

Quadro 9 - Taxa de Solo Natural atual (Lei Nº 16.176/96) x Taxa de Solo Natural proposta (Caderno de propostas da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo).

		LUOS/1996 e Lei dos 12 Bairros		Caderno de propostas da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo do Recife								
Ponto	Bairro	Zoneam. atual	TSN	Zona-Setor proposto	T<500m ² HAB. Unifamiliar		T<500m ²		500m ² <T<2000m ²		T>2000m ²	
					TCA (%)	TSN Mín. (%)	TCA (%)	TSN Mín. (%)	TCA (%)	TSN Mín. (%)	TCA (%)	TSN Mín. (%)
A	Poço da Panela	SRU3 - ARU	60	ZDS Capibaribe Setor A	N/A	30	50	30	60	40	60	50
B												
C	Casa Forte	SRU2 - ARU	50	Setor de Preserv. da Significância - SPS	-	-	-	-	-	-	-	-
D				Setor de Preserv. da Ambiência - SPA	-	-	-	-	-	-	-	-
E	Casa Amarela	ZUP 1*	25	ZAC P2 Setor B	N/A	25	40	15	40	20	40	25
F												
G	Tamarineira	SRU1 - ARU	30	Setor ZRU1	N/A	20	30	10	40	15	40	20
H				Setor de Preserv. da Significância - SPS	-	-	-	-	-	-	-	-
I	Rosarinho	ZUP 1*	25	ZAC P1 Setor A	N/A	25	40	15	40	20	40	25
J												

*Segundo o Plano Diretor, a Taxa de Solo Natural definida para a ZAC-Moderada é equivalente ao valor previsto na LUOS/1996.

Fonte: Adaptado de Caderno de propostas da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo do Recife (2018, p. 50).

Embora o percentual de contribuição ambiental busque compensar essas reduções a partir do uso das soluções ambientais, questiona-se o real benefício desses parâmetros à qualidade ambiental quando comparados às contribuições exercidas pelo solo natural, especialmente, quando associado à vegetação arbórea. Por exemplo, nos bairros de Casa Amarela e do Rosarinho, embora a taxa de contribuição ambiental seja de 40% em empreendimentos com até 500m², a taxa de solo natural mínima exigida é de 15%, valor ainda menor do que os 25% previstos na Lei Nº 16.176/96. As novas soluções ambientais devem ser capazes de atender integralmente, ou mesmo acentuar, os benefícios promovidos pelo percentual reduzido.

Esse cenário de incertezas quanto à contribuição dos novos parâmetros acentua-se quando se passa a considerar empreendimentos maiores, com taxas de solo natural ainda mais reduzidas, como é o caso dos terrenos com áreas entre 500m² e 2.000m², no bairro da Tamarineira. O percentual mínimo de solo natural proposto, além de ser metade do exigido atualmente, é menor do que o previsto para os bairros de Casa Amarela e do Rosarinho, espaços com sensíveis problemas ambientais.

Além das soluções ambientais previstas na proposta de revisão da Lei de Uso e Ocupação do Solo da cidade, ressalta-se a superior importância do solo natural para amenização térmica no espaço urbano. Ao permitir a inserção de arborização e viabilizar a infiltração de água no solo, fator importante considerando-se a alta pluviosidade em Recife, esse parâmetro exerce forte e positiva influência no microclima local, incapaz de ser alcançada com o uso de quaisquer outras soluções. Assim, recomenda-se que, no processo de revisão, avalie-se a possibilidade de se promover e incentivar o uso do solo natural, utilizando-se de outras práticas enquanto complemento, não como substituição. Entre as outras práticas presentes no Caderno de Propostas estão o uso de superfícies permeáveis, da vegetação e da preservação de árvores e palmeiras.

O uso de superfícies permeáveis refere-se ao tratamento do solo com pisos que permitam 70% (setenta por cento) de absorção, como por exemplo, o cobograma (figura 71). Esse tipo de pavimentação, além de permitir a infiltração de parte das águas pluviais no solo, evitando alagamentos e fortalecendo o ciclo natural das águas, pode vir aliado às gramíneas, sendo esteticamente mais agradável e termicamente mais eficiente quando comparado às superfícies totalmente impermeabilizadas. Por outro lado, esse sistema, além de requerer manutenção, sob o risco de haver a compactação e a impermeabilização, é incapaz de promover vegetação arbórea, uma das principais estratégias para se atenuar a temperatura no espaço urbano. Diante das suas contribuições e limitações, recomenda-se que as legislações urbanísticas orientem o uso desse material às áreas em que a utilização de superfícies impermeabilizadas seja imprescindível, reduzindo os impactos ocasionados pela retenção de calor e acentuando os efeitos positivos associados ao uso do solo natural.

Figura 71 - Modelo de cobograma.



Fonte: Ruskin Freitas (2017).

Em relação à vegetação, a legislação proposta admite o seu uso na cobertura, a partir da promoção de telhados verdes, e na composição de fachadas, através de jardineiras e jardins verticais. Inicialmente, recomenda-se o ajuste na nomenclatura utilizada. Telhado refere-se a um conjunto de telhas. Por entender que a legislação versa sobre a utilização de vegetação na parte superior da construção, sem especificações em relação ao material utilizado, a definição sugerida é teto verde.

Entretanto, ademais de terminologias, essas soluções constituem estratégias bioclimáticas importantes para países de clima quente e úmido, que necessitam de estruturas que reduzam a obtenção de calor por parte da edificação e que contribuam para as trocas térmicas. O uso da vegetação nas cobertas e fachadas, além de oferecer benefícios estéticos, possibilitam conforto térmico e acústico e melhoram a qualidade do ar (figura 72). Ressalta-se, no entanto, a necessidade de manutenção, sob o risco de haver rachaduras e infiltrações na estrutura da edificação.

Figura 72 - Uso da vegetação na composição de fachada, em São Paulo-SP.



Fonte: Ruskin Freitas (2013).

De acordo com Neves Caetano (2014), em dias quentes, a estrutura verde é capaz de diminuir a temperatura interna da edificação em até 6°C. Ao amenizar os ganhos térmicos pela radiação solar, auxilia mesmo em casos de edificações climatizadas artificialmente, com a redução do consumo de energia pela edificação ocasionado pelo uso de aparelhos de refrigeração; reflete menor quantidade de radiação para a atmosfera, gerando espaços urbanos climaticamente mais confortáveis; reduz a concentração de partículas de poluição em suspensão no ar.

Em virtude do crescente consumo do solo e das vantagens ao conforto térmico e acústico, além do ganho estético, a promoção desse tipo de estratégia é recomendada desde que faça parte de um planejamento integrado, onde a inserção da massa vegetal de diversos tipos, portes e espécies seja importante para reintroduzir ou incrementar a biodiversidade na cidade, com vistas à qualidade ambiental.

Ressalta-se que a sua utilização deve ser um complemento às contribuições exercidas pelo uso do solo natural e pela vegetação arbórea. É importante salientar que, seja em relação aos efeitos positivos no microclima ou às influências imediatas no conforto térmico do usuário pedestre, a inserção de indivíduos arbóreos que promovam sombras e utilizem grande parte da energia solar para transpiração e fotossíntese (figura 73-a), exercem influência na amenização térmica bem mais significativa do que vegetações arbustivas ou rasteiras, localizadas em estruturas verticais ou sobre edificações (figura 73-b).

Figura 73 - Tipos de vegetação. (a) Vegetação arbórea, em Casa Forte, Recife-PE; (b) Vegetação arbustiva, sobre o Palácio Gustavo Capanema, no Rio de Janeiro-RJ.



(a)



(b)

Fonte: (a) Artur Schimbergui (2020); (b) Ruskin Freitas (2010).

A manutenção e o plantio de vegetação arbórea são soluções ambientais previstas na legislação proposta. Os benefícios referentes ao uso da arborização, seja no nível público ou privado, já foram discutidos e analisados ao longo da pesquisa. Contudo, é importante ressaltar um aspecto essencialmente importante: as diferentes espécies e os seus respectivos impactos.

O conhecimento acerca de diferentes indivíduos arbóreos é necessário para que sejam propostas espécies adequadas ao clima tropical litorâneo quente e úmido e às condições de urbanização de cada local. A promoção de uma arborização inadequada pode gerar problemas de diversos níveis, tais como estufamento de pisos, problemas estruturais ou, até mesmo, caimentos de frutos em locais inadequados. Para isso, é fundamental que seja ofertada à população orientações específicas quanto à implantação e à manutenção das árvores, conferindo uma melhor qualidade ambiental que tem como ponto de partida os espaços intralotes, e que se estendem sobre a trama urbana.

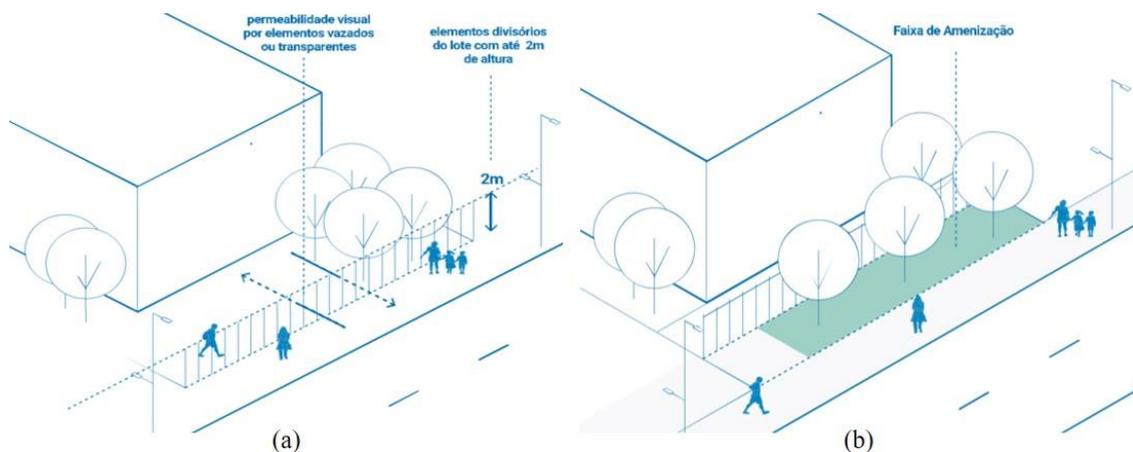
Os últimos parâmetros de ocupação do solo referem-se aos **Parâmetros Qualificadores do Espaço Público**, e são divididos em: alargamento de calçadas e alinhamentos frontais; permeabilidade visual do lote; faixa de amenização; fachada ativa; térreo visitável; fruição da borda de água; fruição pública. Eles constituem parâmetros que contribuem para melhorar a ambiência urbana através do incentivo à mobilidade e à permeabilidade, além de aprimorar a qualidade ambiental a partir da promoção de faixas de amenização.

O *Alargamento de Calçadas e Alinhamentos Frontais* refere-se à ampliação das calçadas por intermédio de permuta de faixa frontal do lote por áreas construídas adicionais não computáveis, com o objetivo de promover a vitalidade urbana, a mobilidade ativa e a acessibilidade universal nas vias públicas da cidade. O alargamento das vias de circulação do pedestre, além de favorecer o deslocamento das pessoas, viabiliza a promoção de vegetação arbórea, capaz de promover sombra e facilitar a circulação dos ventos na estrutura urbana.

A *Permeabilidade Visual do Lote* constitui os critérios a serem adotados de forma a permitir a integração visual entre o espaço público e o interior do lote (figura 74-a). Esse dispositivo, ao estabelecer elementos divisórios frontais dos lotes com, ao menos, 70% de sua superfície vazada, além de garantir a permeabilidade visual, qualifica a ventilação no espaço urbano. O aumento da porosidade das construções influencia diretamente o movimento de massas de ar e na passagem dos ventos, que por sua vez, reduzem os efeitos aerodinâmicos associados a alterações negativas da direção e da velocidade dos ventos.

As *Faixas de Amenização* são áreas adjacentes ao alinhamento do lote que devem ser tratadas em solo natural e arborizadas, sendo vedada a sua utilização para outros fins (figura 74-b). A promoção da arborização em parte dos espaços privados, além de preservar as áreas de calçada, contribui para o resgate de carbono e para a diminuição da produção de gases de efeito estufa, confere melhor qualidade ao ar e promove temperaturas mais amenas, a partir do sombreamento e da fotossíntese – processo físico-químico, que absorve e converte parte da radiação solar incidente em energia química.

Figura 74 - (a) Representação de permeabilidade visual entre o lote e o passeio público; (b) Representação de faixa de amenização.



Fonte: Caderno de propostas da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo do Recife (2018).

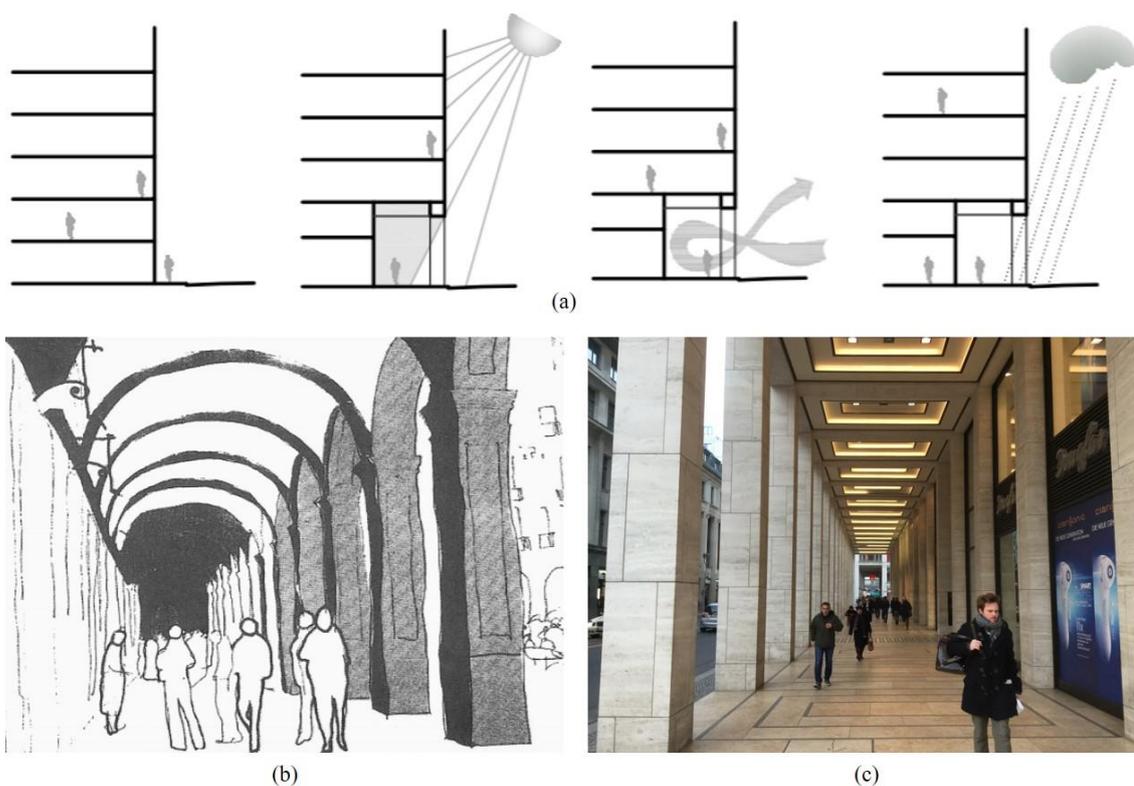
A associação entre calçadas mais amplas, porosidade urbana e faixas de amenização, constituem-se como alguns dos principais e mais importantes parâmetros previstos na legislação proposta capazes de contribuir positivamente com as variáveis climáticas. Ressaltam-se, inclusive, contribuições à ambiência urbana, a partir de uma melhor qualidade ao espaço público e uma melhor adequação das construções a valores subjetivos identificados na sociedade, adquiridos culturalmente e dotados de significados em relação aos estímulos do ambiente. Conforme analisa Bestetti (2014, p. 602-603), o ser humano é um ser social que interage com um ambiente físico e um meio social. A história que vamos compondo suscitará emoções, positivas ou negativas, que podem interferir no conforto e na relação que estabelecemos com o ambiente construído. Conforto é a condição de bem-estar relativa às necessidades do indivíduo e sua inserção no ambiente imediato. Envolve não somente a eleição de critérios térmico, acústico ou visual, mas também o acréscimo de emoção e prazer, atribuindo-lhe um caráter holístico, sendo abrigo para o corpo e para a alma.

A abertura parcial dos espaços privados, bem mais do que efeitos positivos ao clima, é capaz de atenuar os efeitos associados ao processo de *negação da rua*, termo utilizado por Leitão (2009, p. 7) em referência às construções materializadas em grandes muros, fechadas ao convívio social. A produção desses espaços, vedados não somente aos ventos, mas ao olhar da sociedade, pode ser um elemento a mais na incitação da violência urbana na medida em que reforça o sentimento de exclusão, e o ódio que o acompanha, de todos e de tudo que esteja alijado do espaço privado (LEITÃO, 2009, p. 7). Com isso, a legislação proposta, ao buscar favorecer a interação entre as pessoas e satisfazer às diversidades urbanas, bioclimáticas, sociais e culturais, aspectos essenciais para o conforto do usuário, contribui tanto para a qualidade ambiental, quanto para a produção de espaços menos hostis e mais humanizados.

A *Fachada Ativa* é um parâmetro proposto pela legislação em processo de revisão que viabiliza espaços mais integrados, exercendo influência na sensação de bem-estar dos usuários. Ela constitui o uso do andar térreo das edificações para a promoção de serviços e de atividades que funcionem como espaços de encontros, tais como lojas, bares e restaurantes. Este parâmetro, além de gerar contribuições à convivência entre as pessoas, pode trazer benefícios ao clima urbano local. A alternativa deve vir acompanhada de estratégias que além de estimular a permanência dos usuários, favoreçam a circulação dos pedestres. Para tanto, recomenda-se o incentivo ao uso de galerias, promovendo proteção ao sol e às chuvas. Esses espaços são eficazes no bloqueio da radiação solar, especialmente em cidades de baixa latitude, como Recife; eficientes na promoção da ventilação natural ao nível do pedestre; essencialmente importantes na redução das áreas das superfícies impermeabilizadas expostas à radiação solar, atenuando o acúmulo de calor no espaço urbano (figura 75).

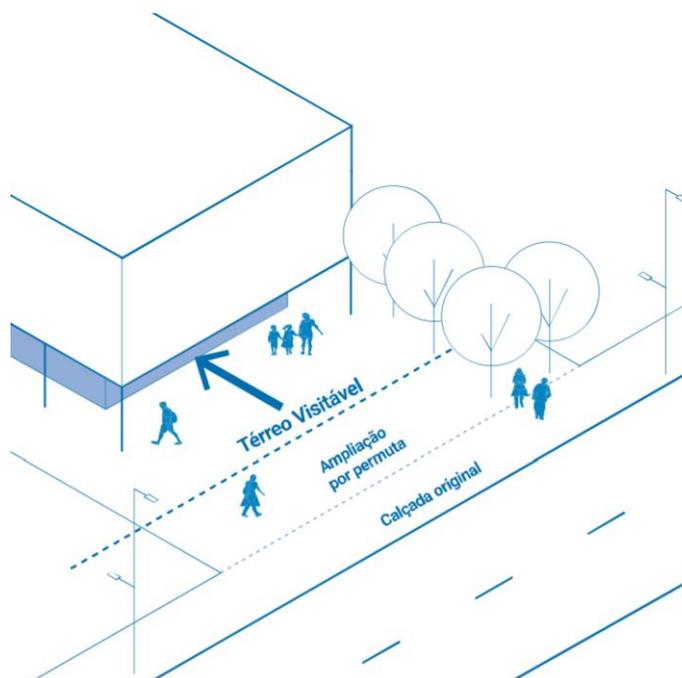
O *Térreo Visitável* refere-se ao espaço localizado no pavimento térreo com conexão ao logradouro público por meio da livre circulação interna ao lote, coberta ou descoberta (figura 76). Esse parâmetro, assim como a fachada ativa, contribui para a integração entre os espaços público e privado. Os seus efeitos positivos no clima estão associados à influência do solo natural e da arborização nas variáveis ambientais, além da permeabilidade ao vento. Conforme destaca a legislação proposta, 50% (cinquenta por cento) da Taxa de Solo Natural do lote deve estar contígua e com permeabilidade visual à área caracterizada como de livre circulação, com arborização que contribua para o sombreamento, auxiliando na drenagem e na amenização térmica local. As áreas caracterizadas como térreo visitável constituem um equilíbrio entre permeabilidade das construções, visibilidade dos usuários e qualificação ambiental, sendo amplamente recomendadas no processo de formação e de manutenção do solo da cidade.

Figura 75 - Representação do papel das galerias no conforto ambiental nos espaços de uso público.



Fonte: (a) e (b) Gomes (2011, p. 26); (c) Artur Schimbergui (2016).

Figura 76 - Representação do Térreo Visitável.



Fonte: Caderno de propostas da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo do Recife (2018).

O parâmetro da *Fruição da Borda D'Água* incide nos lotes lindeiros aos corpos hídricos e parcialmente inseridos em suas faixas *non aedificandi*, constituindo-se em um mecanismo voltado à viabilização de parques lineares associados aos rios urbanos. Lotes com áreas maiores ou iguais a 500m² que tenham limites sobre a faixa *non aedificandi* dos corpos hídricos no Município do Recife, poderão oferecer tal faixa do lote em permuta à municipalidade.

Embora esse instrumento não esteja diretamente relacionado às transformações promovidas pelo setor privado a partir do processo de adensamento construtivo, as suas contribuições exercem forte influência em aspectos estratégicos à produção de espaços com maior qualidade ambiental, social, econômica e construtiva. Os efeitos positivos associados à utilização da borda d'água podem ir desde aspectos subjetivos, relacionados à identidade dos usuários com o ambiente, até dimensões práticas, associadas ao deslocamento pela cidade a partir da utilização dos rios enquanto via de circulação.

Sob o aspecto climático, a promoção e a manutenção de áreas arborizadas, além da proximidade com massas de água, funcionam como reguladores térmicos, contribuindo para temperaturas mais agradáveis nas áreas próximas, conforme observado nas pesquisas de campo; sob o aspecto social, promove-se a vitalidade urbana, a coletividade e a conexão da sociedade com elementos de valor paisagístico, histórico e cultural (figura 77); sob a esfera econômica, reduzem-se custos associados a atividades geradoras de poluição e de ruído, que interferem na qualidade do ambiente e nas condições de conforto ambiental, e; sob a ótica construtiva, integram-se reformas ou novas construções a ações que contribuam e viabilizem a promoção de uma cidade ambientalmente agradável, socialmente justa e economicamente eficiente.

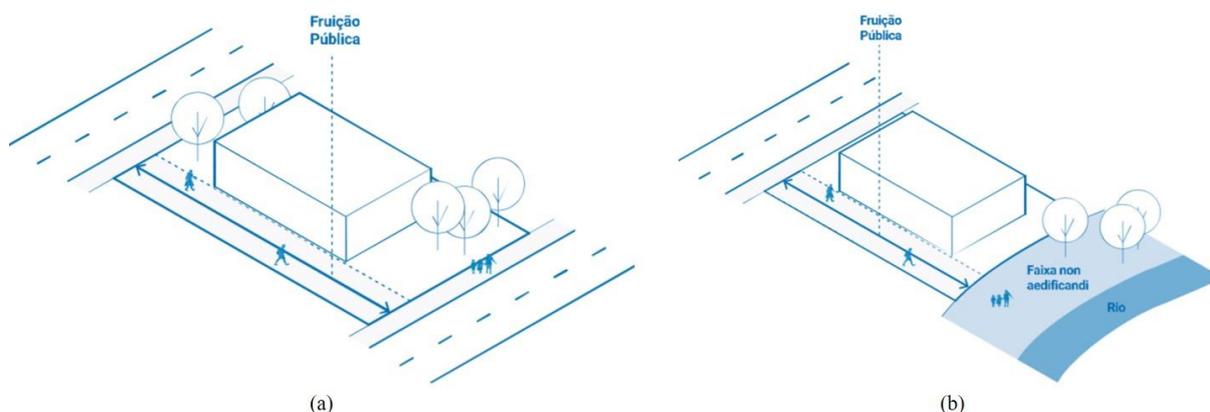
Figura 77 - Representação de utilização das margens do rio Capibaribe para promoção da vitalidade urbana.



Fonte: Parque Capibaribe (2020).

O último dos parâmetros refere-se à *Fruição Pública*, e se caracteriza pelo uso público de área localizada no pavimento térreo para livre circulação de pedestres, não podendo ser obstruída por edificações, instalações ou equipamentos e com pleno atendimento aos critérios de acessibilidade universal (figura 78).

Figura 78 - Representação da área de Fruição Pública, direcionada à livre circulação de pedestres entre as quadras e áreas públicas.



Fonte: Caderno de propostas da Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo do Recife (2018).

Além de ofertar contribuições às variáveis climáticas, ao promover maiores afastamentos entre as edificações e reduzir o índice de superfícies impermeáveis expostas ao sol, constitui importante fator para a permeabilidade, a visibilidade e a integração entre locais com diferentes aspectos e qualidades construtivas e ambientais. Os seus efeitos positivos ao clima podem ser acentuados se associados ao solo natural e às faixas de amenização, caracterizadas pela presença de vegetação de médio porte.

Diante da legislação proposta, nota-se o esforço dos gestores em promover instrumentos que influenciem positivamente o processo de uso e ocupação do solo da cidade, a partir de parâmetros que requalifiquem o espaço urbano, disciplinem a ocupação do solo, respeitem os limites impostos pelas condições locais e que proporcionem ganhos ambientais associados à ventilação, à amenização térmica, à ampliação da biodiversidade e à qualificação da paisagem. Por outro lado, recomendam-se ajustes ou estratégias a serem implementadas com vistas ao urbanismo bioclimático e à promoção de *outros casos recifenses*.

5 CONCLUSÃO

A forma urbana, quando bem construída, é capaz de contribuir, significativamente, para restabelecer o equilíbrio do ecossistema urbano. A partir da aplicação de princípios relacionados aos tecidos urbanos, uso do solo, volumetria das edificações e avaliações dos elementos climático-ambientais, se pode atender às demandas específicas de conforto ambiental de cada local.

Ao longo dos anos, a partir de diversos processos, diversas formas urbanas foram geradas. Essas formas urbanas resultaram de diferentes necessidades, seja de adaptação ou de readequação, e como resposta a uma ou mais demandas: social, econômica, ambiental e cultural. No entanto, um olhar sobre a realidade nos revela que nos grandes centros urbanos, em virtude do aumento populacional e pela intensificação do adensamento construtivo, têm-se adotado formas de ocupação ineficientes, sob o ponto de vista ambiental.

Os impactos negativos têm interferido, especialmente, no clima, trazendo consequências às condições de conforto e à qualidade de vida da população. Torna-se urgente reavaliar a relação entre o crescimento urbano e a degradação ambiental. A adoção de políticas públicas, que busquem contribuir com o controle de ocupação do espaço, objetivando-se a redução dos impactos exercidos pela urbanização sobre os elementos climáticos, deve ser almejada.

As atividades humanas, a partir de interferências no ambiente, são capazes de afetar o clima e gerar espaços termicamente desagradáveis, implicando nas condições de desconforto humano e interferindo, negativamente, na qualidade de vida nas cidades. Assim, revela-se indispensável a realização de estudos que aliem a forma urbana ao clima, objetivando-se o bem-estar humano através da combinação satisfatória da temperatura do ar, da umidade relativa do ar e da velocidade dos ventos.

A produção do espaço urbano tem a capacidade de acentuar ou eliminar alterações climáticas causadas pelo processo de urbanização. Para tanto, cada local deve possuir a sua forma urbana específica, relacionada ao seu espaço. Nesse contexto, a gestão pública deve assumir papel de destaque, criando e cumprindo legislações urbanísticas que valorizem o ambiente urbano.

A legislação urbanística é uma das principais pontes entre crescimento urbano e qualidade ambiental. A forma do conjunto edificado é fator determinante do comportamento dos elementos climático-ambientais. Os parâmetros urbanísticos devem ser estudados de modo a

minimizar os impactos negativos na qualidade climática urbana. A depender dos valores e índices urbanísticos adotados, o planejamento transforma o espaço natural, produz formas urbanas específicas e adequadas ao conforto ambiental, contribuindo, inclusive, para a preservação de áreas naturais, históricas e culturais.

Observou-se que, apesar das especificidades geradas por determinados parâmetros, a densidade construtiva e populacional é um dos principais aspectos provenientes da combinação de diversos parâmetros. A mesma materializa-se em cenário urbano, originando diferentes formas de ocupação e distintos impactos ambientais, interferindo no conforto.

A densidade construída, a partir da justaposição das edificações, interfere na direção e na velocidade do ar. A proximidade entre as construções associada à densidade, aos materiais e à baixa presença de solo natural e permeável, interfere no fator solar de radiação visível, na temperatura e no consumo de energia.

A ausência ou a ineficiência do controle do uso e da ocupação do solo é capaz de permitir morfologias ou formas urbanas inadequadas ao espaço urbano, trazendo prejuízos à promoção da sensação de conforto ambiental. Integrar a forma de apropriação do solo, a diversidade e a concentração de usos e de atividades às condições climáticas, é determinante para o conforto térmico dos indivíduos.

Nesse sentido, a pesquisa demonstrou que cada forma de ocupação deve ser específica para cada local e dependente de alguns importantes fatores: condições de urbanização; necessidades das edificações; tipo climático. Diante dos impactos promovidos por diferentes configurações urbanas, da excepcionalidade de análise e da demanda por soluções específicas, conclui-se que não há uma forma urbana ideal, para todo e qualquer sítio.

A partir de estratégias para cada tipo climático, estabelecidas pela legislação urbanística, se consegue potencializar o conforto e a qualidade de vida nas cidades. Os agentes estruturadores do espaço urbano devem ter em mente uma visão integrada, que considere, além dos aspectos associados à densidade, os materiais de superfície e a vegetação.

A paisagem recifense apresenta diversas e distintas formas urbanas, resultado do processo de crescimento da cidade, constituída por construções e por elementos naturais (rios, alagados e mangues). Contudo, a partir da análise das transformações enfrentadas pelo seu meio físico e meio natural, observaram-se intervenções insustentáveis no seu espaço urbano. Desde a

ocupação de amplos terrenos alagáveis, no período de formação urbana, passando pela ocupação de encostas e de morros, até a homogeneização construtiva de parte do território recifense, verificou-se um modelo de ocupação urbana desconectado das condições ambientais locais.

No Recife, desde a época dos colonizadores, com condições de ocupação adequadas ao clima temperado, típico de países europeus, até os dias atuais, verificaram-se formas urbanas que não atenderam completamente às necessidades bioclimáticas da região litorânea do nordeste do Brasil. Os afastamentos inadequados, a substituição do solo natural por solo impermeável e a supressão da vegetação para dar espaço a novas construções, revelam um contínuo processo de formação urbana do Recife distante das demandas do clima tropical litorâneo quente e úmido.

Da junção de todos os contextos históricos, sobressai-se uma constatação: o modo como as legislações urbanísticas trataram o crescimento do Recife foi ineficiente para consolidar uma ocupação do solo adequada às características físicas e ambientais na cidade. Os parâmetros urbanísticos adotados, de acordo com as especificidades espaciais, tenderam a estimular um processo de urbanização que alterou, e continua a alterar, em forma e em proporção, a capacidade de se gerar e acumular calor no ambiente urbano. Transformações que modificaram a velocidade e a direção dos ventos, dificultaram a dispersão de calor e a amenização do desconforto ocasionado pela alta umidade litorânea.

A legislação urbanística mais atual, a Lei do Uso e Ocupação do Solo (Lei Nº 16.176/96), acentuou de modo expressivo o adensamento construtivo por superposição e por justaposição das edificações, em diversas áreas na cidade, ocasionando, progressivamente, um processo de descaracterização prejudicial ao seu ambiente físico e ambiental. Frente às seguidas transformações que 12 tradicionais bairros do Recife vinham passando, verificou-se que a participação social, ao reivindicar a promoção de parâmetros urbanísticos eficientes, foi a base central para que fossem discutidas soluções à prática urbana que vinha se dando na cidade. No sentido prático, instituiu-se, assim, a Lei dos 12 Bairros.

Das revelações identificadas durante a pesquisa, constatou-se que as áreas com os indicadores socioeconômicos mais elevados apresentaram maior qualidade de vida e melhores condições ambientais. Não sem razão, o bairro do Poço da Panela apresentou o ponto mais confortável.

Por outro lado, verificou-se que os fatores que mais contribuem para as altas temperaturas do ar não estão relacionadas, necessariamente, aos aspectos socioeconômicos. Na realidade, tem a

ver com o enorme tráfego viário e acúmulo de calor, que se superpõe aos elementos de amenização térmica identificados. Os diferentes graus de conforto, entre áreas próximas, revelaram que quanto maior a concentração de edificações e grau de atividade antrópica, mais elevado é o impacto negativo sobre o clima.

Nesse sentido, a pesquisa comprovou que parâmetros urbanísticos que destinem mais solo permeável e maiores afastamentos entre as edificações: permitem a manutenção de áreas com vegetação e a penetração das águas pluviais no solo; auxiliam na manutenção da temperatura; facilitam a dispersão do ar, dos poluentes, a circulação dos ventos e o equilíbrio da temperatura e da umidade relativa do ar. Ressalta-se que essas estratégias são adequadas para o Recife e outras localidades com semelhantes condições de clima tropical quente e úmido.

Comparando-se o conteúdo da Lei Nº 16.176/1996 (Lei do Uso e da Ocupação do Solo), com a Lei Nº 16.719/2001 (Lei dos 12 Bairros), verificou-se que houve um avanço em relação à preocupação com os elementos climático-ambientais. Observou-se que o urbanismo bioclimático foi considerado, ainda que de maneira não intencional ou explícita, uma vez que tais princípios não foram descritos na lei. Nesse sentido, constatou-se que os princípios norteadores presentes na Lei dos 12 bairros estabelecem importantes contribuições para a produção de espaços urbanos ambientalmente adequados.

A pesquisa comprovou que o respeito às características ambientais, a partir de parâmetros urbanísticos que destinem maiores percentuais de solo natural, maiores afastamentos e determinação de gabarito das construções em razão da largura da rua, produzem influências positivas sobre os elementos climáticos. Analisar os pontos de acerto da Lei, incorporando-os ao processo futuro de discussão, oferece subsídios para uma cidade melhor, em que outras áreas sejam favorecidas e outros setores da sociedade sejam beneficiados.

Desde 2018, o Plano Diretor do Recife está em fase de revisão. Na etapa que compreende a Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS/1996), verifica-se que estão sendo estudados novos parâmetros. As discussões referentes à futura lei estabelecem princípios baseados em equivalências, onde o solo natural estaria agora associado a tetos verdes, jardineiras e fachadas verdes. Entretanto, cada um destes elementos possui um peso de equivalência que pode interferir na existência, ou não, do outro. Salienta-se que nenhuma dessas alternativas se equipara ou substitui a funcionalidade do solo natural.

Essa possibilidade abre margem não apenas para diversas possibilidades construtivas, mas, para diversos questionamentos técnicos. Assim, conclui-se que, há campo para muitas pesquisas e reflexões, tanto quanto, para a revisão de princípios que já deveriam ter sido assimilados. É dever dos gestores urbanos estabelecer as bases necessárias a um desenvolvimento urbano com preceitos sustentáveis para manutenção das cidades, de modo a atender às necessidades do presente sem comprometer o atendimento às necessidades das gerações futuras.

Ratifica-se que as particularidades ambientais associadas aos condicionantes climáticos devem ser consideradas no processo de planejamento urbano com o objetivo de se conseguir o conforto no espaço urbano, contribuindo, assim, para o urbanismo bioclimático.

Através dos resultados apresentados na pesquisa, pode-se constatar que houve o cumprimento dos objetivos traçados, a partir da avaliação de parâmetros urbanísticos para a qualidade climática (em recintos urbanos), na cidade do Recife-PE, comprovando-se, assim, a necessidade de serem estabelecidos parâmetros urbanísticos considerando os aspectos ambientais referentes à cada local, objetivando-se a produção de espaços termicamente confortáveis. Ressalta-se que os procedimentos adotados podem ser aplicados em diferentes cidades e em tipos climáticos distintos, de modo a subsidiar a definição de estratégias para a adequação climática a partir de adequações na legislação urbanística.

Atesta-se que a hipótese foi comprovada, ou seja, parâmetros urbanísticos estabelecidos, considerando os princípios do urbanismo bioclimático, promovem espaços adequados ambientalmente, contribuindo, assim, para a promoção da sensação de conforto ambiental, em recintos urbanos.

Deixam-se aqui contribuições, com importantes dados comprobatórios, que envolvem os princípios do urbanismo bioclimático, como referências para que os agentes possam considerar ao elaborar propostas de alteração do uso e de ocupação do solo. A elaboração de parâmetros urbanísticos que serão utilizados pelos próximos 10 anos, no mínimo, sendo responsáveis por uma série de transformações urbanas, deve ser considerada como uma oportunidade de se efetivar a construção de um ambiente urbano diversificado e resiliente.

REFERÊNCIAS

- ABIKO, A.; MORAES, O. B. **Desenvolvimento urbano sustentável**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2009. Texto Técnico. Departamento de Engenharia de Construção Civil. ISSN 1413-0386. Disponível em: <<http://www.pcc.usp.br/files/files/alex/TT26DesUrbSustentavel.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2019.
- ACSELRAD, H. Discursos da sustentabilidade urbana In **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, nº 1, 1999, pp. 79-90.
- AGÊNCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISAS DE PERNAMBUCO – Condepe/Fidem. **Pernambuco em mapas**. Recife, 2011.
- ALVES, P. R. M. **Valores do Recife**. O valor do solo na evolução da cidade. 1a. ed. Recife: Luci Artes Gráficas Ltda, 2009.
- ARBOÉS, L. G. V. **Análise do plano diretor local visando auxiliar na decisão de parâmetros urbanísticos mais adequados em relação à ventilação natural**: estudo de caso: setor Park Sul - Guará – DF. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Brasília, 2017.
- AZERÊDO, J. F. A. **Microclimas urbanos**: estudo bioclimático em bairros litorâneos, João Pessoa/PB. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação. Desenvolvimento Urbano, Recife, 2011.
- AZERÊDO, J. F. A.; FREITAS, R. A busca por novos padrões de desenvolvimento de espaços urbanos e arquitetônicos: leitura da legislação urbana. In: VI Encontro e IV Encontro Latino-americano sobre edificações e Comunidades Sustentáveis, 2011, Vitória. **Anais...** Vitória: ELECS, 2011.
- AZERÊDO, J. F. F. A. **Verde que te quero confortável**: a contribuição da arborização urbana para o conforto termoambiental, ao nível do usuário pedestre. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação. Desenvolvimento Urbano, Recife, 2017.
- BARBIRATO, G. M.; BARBOSA, R. V. R.; TORRES, S. C. **Articulação entre clima urbano e planejamento das cidades**: velho consenso, contínuo desafio. International Conference Virtual City and Territory. "8º Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual, Río de Janeiro, 10, 11 y 12 Octubre 2012". Rio de Janeiro: UFRJ, 2012.
- BARRETO, A. M. M. **O Recife através dos tempos**: formação da sua paisagem. Recife: Fundarpe, 1994.
- BESTETTI, M. L. T. Ambiência: espaço físico e comportamento. In: **Rev. Bras. Geriatr. Gerontol.**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 601-610, 2014.
- BOGO, A.; PIETROBON, C. E.; BARBOSA, M. J.; GOULART, S.; PITTA, T.; LAMBERTS, R. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. 1994.

CADERNO DE PROPOSTAS DA LEI DE PARCELAMENTO, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO. Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo do Recife. Recife, 2018. Disponível em: <https://planodiretor.recife.pe.gov.br/sites/default/files/inline-files/191104_Caderno%20de%20Proposta%20LPUOS%20-%20Vol%201.pdf>. Acesso em: 24-07-2020.

CAETANO, F. D. N. O conforto que as fachadas verdes trazem. **Estadão**, São Paulo, 27 setembro 2014. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/blogs/radar-imobiliario/o-conforto-que-as-fachadas-verdes-trazem/>> Acesso em: 24-07-2020.

CHEN, L.; NG, E. **Outdoor thermal comfort and outdoor activities: a review of research in the past decade**. *Cities*, v. 29, p. 118–125, 2012.

CNM. **Planejamento e desenvolvimento urbano**: gestão territorial responsável. Confederação Nacional dos Municípios. – Brasília: CNM, v. 10, p. 84, 2008.

Código de Urbanismo e Obras do Recife. Aprovado pela Lei nº 7.427 de 19 de outubro de 1961.

DOVERS, S.R.; HANDMER, J.W. **Uncertainty, sustainability and change**. *Global Environmental Change*, v.2, n.4, p.262-276, 1992.

DUARTE, D.H.S.; SERRA, G.G. **Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira**: correlações e propostas de um indicador. *Revista Ambiente Construído*, v.3, n.2, p.07-20, 2003.

DUARTE, F. **Planejamento urbano**. Curitiba: Ed. IBPEX, 2007.

ENGENHO de Açúcar. In: ENCICLOPÉDIA Itaú Cultural de Arte e Cultura Brasileiras. São Paulo: Itaú Cultural, 2020. Disponível em: <<http://enciclopedia.itaucultural.org.br/obra24413/engenho-de-acucar>>. Acesso em: 09 de Abr. 2020. Verbete da Enciclopédia. ISBN: 978-85-7979-060-7

FARR, D. **Urbanismo sustentável**: desenho urbano com a natureza. Tradução: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2013.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FREITAS FILHO, H. B. V.; GUIZZO, I.; MARTINS, E. F. O conforto no ambiente construído. Pós, **Revista do Programa de Pós-Graduação da FAUUSP**, São Paulo, v. 25, n. 47, p. 52-73, 2018. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2317-2762.v25i47p52-73>

FREITAS, R. M.; ALVES, J.; SILVA, T.; AZERÊDO, J. F. F. A. Densificação construtiva e acúmulo de calor: o caso de Recife/PE. In: XV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e XI Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, 2019, João Pessoa – JP. **Anais...** João Pessoa: XV ENCAC e XI ELACAC, 2019, p. 518-527.

FREITAS, R. M.; AZERÊDO, J. F. F. A. **A disciplina conforto ambiental**: uma ferramenta prática na concepção de projetos de arquitetura, de urbanismo e de paisagismo. *Cadernos Proarq*, n. 20, p. 94-113, 2013.

FREITAS, R. M. **Entre mitos e limites**: as possibilidades de adensamento construtivo face à qualidade de vida no ambiente urbano. Recife: Ed Universitária da UFPE, 2008, 270p.

FREITAS, R. M. **O que é conforto**. In: VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino Americano Sobre Conforto no Ambiente Construído, 2005, Maceió - AL. Anais do VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino Americano Sobre Conforto no Ambiente Construído, 2005. p. 726-735

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**: arquitetura, urbanismo. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GHASEMI, Z.; ESFAHANI, M. A.; BISADI, M. Promotion of urban environment by consideration of human thermal and wind comfort: a literature review. In: **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, n. 201, p. 397–408, 2015.

GIVONI, B. **Man, climate and architecture**. 2ª ed. Londres: Applied Science Publishers, 1976.

GOMES, E. T. A. **Recortes de Paisagens na Cidade do Recife**. Uma Abordagem Geográfica. Recife: Massangana, 2007.

GOMES, P. S.; LAMBERTS, R. **O Estudo do Clima Urbano e a Legislação Urbanística**: considerações a partir do caso de Montes Claros, MG. In *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 9, nº 1, p. 73-91, jan./mar. 2009.

GOMES, V. A. **O papel das galerias no conforto térmico nos espaços de uso público na avenida Guararapes no Recife-PE**. Dissertação (mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2011.

GRIMMOND, C. S. B.; OKE, T. R. **Aerodynamic properties of urban areas derived from analysis of surface form**. *Journal of applied meteorology*, 1998.

HIGUERAS, E. **Urbanismo bioclimático**. Barcelona: Gustavo Gili, 2006, 241p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normais> Climatolog icas>.

JÚNIOR, U.; AMORIM, M. C. C. T. Reflexões acerca do sistema clima urbano e sua aplicabilidade: pressupostos teórico-metodológicos e inovações técnicas In **Revista Do Departamento De Geografia**, (spe), p.160-174, 2016.

KOENIGSBERGER, O. H.; INGERSOLL, T. G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S. V. *Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales*. Madrid: Paraninfo, 1977.

KUTTLER, W. **Spatial and temporal structures of the urban climate - a survey**. In K. GREFEN and J. LOBEL - *Environmental Meteorology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1988.

LACERDA, N.; ARAUJO, L. H. S.; ALVES, P. R. M.; CUNHA, F. **Lei dos 12 bairros:** contribuição para o debate sobre a produção do espaço urbano do Recife. Recife: Cepe Editora, 1ª Edição, 2018.

LACERDA, N.; MENDES ZANCHETI, S.; DINIZ, F. Planejamento metropolitano: uma proposta de conservação urbana e territorial In **Revista EURE** (Santiago), Santiago de Chile, v. 26, n. 79, p. 77-94, diciembre 2000. Disponível em: <https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025071612000007900005&lnes&nrm=iso>. Acesso em: 05-06-2019. <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612000007900005>.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura.** Rio de Janeiro, 3ª Edição, 2014.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; PAPST, A. L. **Desempenho térmico de edificações.** Apostila da disciplina ECV 5161 do Departamento de Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Estadual de Londrina. Florianópolis: UFSC, 2000.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A.A.P; GOULART, S.; VECCHI, R. de. **Conforto e stress térmico.** Universidade Federal de Santa Catarina. Centro tecnológico. Departamento de Engenharia Civil. Florianópolis, 2016.

LANDSBERG, H. E. **The urban climate.** New York: Academic Press, 1981.

LEITÃO, L. **Quando o ambiente é hostil.** 2009. Disponível: <http://www.observatoriodorecife.org.br/site/wp-content/uploads/artigo_ambiente-hostil_lucia-leitao.pdf>. Acesso em: 24-07-20.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles:** o exemplo de São Paulo. São Paulo: Editora Hucitec, 1985.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisas em educação:** abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MAIOR, M. S.; SILVA, L. D. **O Recife:** Quatro séculos de sua paisagem. Recife: Fundaj/Massangana/PCR, 1992.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica.** São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, M. F.; CÂNDIDO, G. A. **Análise da sustentabilidade urbana no contexto das cidades:** proposição de critérios e indicadores. In: XXXVII EnANPAD ? Encontro Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Administração, 2013, RIO DE JANEIRO. Anais da XXXVII da ANPAD, 2013.

MASCARÓ, L. **Ambiência Urbana.** Porto Alegre: DC Luzzattto, 1996.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. J. **Ambiência urbana.** Porto Alegre: Masquatro, 2009.

- MEDINA, L. L. **A legislação de uso e ocupação do solo do Recife como instrumento de desenho urbano**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação. Desenvolvimento Urbano. Recife, 1996.
- MEDINA, L. L. **A Reinvenção da Quadra**: o Plano de Quadra como alternativa de controle e desenho urbano para o Recife. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação. Desenvolvimento Urbano. Recife, 2018.
- MELO, M. L. **Paisagens do Nordeste em Pernambuco e Paraíba**. Recife: CEPE, 1958.
- MELO, Mário Lacerda de. **Metropolização e subdesenvolvimento**: o caso do Recife. Recife: UFPE, 1978.
- MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo, IGEOG/USP, 1976.
- MONTEIRO, C. A. F. Teoria e clima urbano: um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (Orgs.). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003, p. 9-65.
- MONTEIRO, L. M. **Modelos preditivos de conforto térmico**: quantificação de relações entre variáveis microclimáticas e de sensação térmica para avaliação e projeto de espaços abertos. Tese de Doutorado em Tecnologia da Arquitetura - FAUUSP, São Paulo, 2008.
- MOTA, S. **Planejamento urbano e preservação ambiental**. Fortaleza: Edições UFC, 1981, 242p.
- MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. O ecossistema urbano, percepção e determinados impactos ambientais negativos. **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 16-22, 2010.
- NG, E.; CHENG, V. Urban human thermal comfort in hot and humid Hong Kong. In: **Energy and Buildings**, v. 55, p. 51-65, 2012.
- NÓBREGA, M.; CÂMARA, C.; CÂMARA, A.; SILVA, P.; ROLIM, A. **Por um espaço público cidadão**: o encontro do edifício com a rua. Recife: Publicações SENGE, 2014.
- NOSSO FUTURO COMUM / Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.
- OKE, T. **Boundary layer climates**. 2ª ed. Londres: Routledge, 1987.
- OKE, T. **Initial guidance to obtain representative meteorological observation at urban sites**. World Meteorological Organization – Report n. 81. 2006.
- OKE, T.; MILLS, G.; CHRISTEN, A.; VOOGT, J. A. **Urban Climates**. Cambridge: Cambridge University Press, 2017.
- OLGYAY, V. **Arquitectura y clima**: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona: Editora Gustavo Gili, 1998.

OLGYAY, V. **Clima y arquitectura en Colombia**. Universidad del Valle. Facultad de Arquitectura. Cali, Colombia, 1968.

PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE. **Decreto nº 374**, Recife, 1936.

PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE. **Lei nº 1.051**, de 11 de setembro de 1919.

PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE. **Lei nº 14.511**. Diretrizes para o uso e ocupação do solo. Recife, 1983.

PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE. **Lei nº 16.176/1996**. Lei de Uso e Ocupação do Solo - LUOS. Recife, 1996.

PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE. **Lei nº 16.719/2001**. Área de Reestruturação Urbana – ARU. Recife, 2001.

PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE. **Lei nº 17.511/2008**. Plano Diretor do Município do Recife. Recife, 2018.

PRINCE GEORGE’S COUNTY. **Low-Impact development hydrologic analysis**. Department of Environmental Resources. Programs and Planning Division. Maryland – EUA, 1999.

PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS. **Guia GPS - Gestão Pública Sustentável**. São Paulo, 2016. Disponível em: <<https://www.cidadessustentaveis.org.br/arquivos/gest%C3%A3o-p%C3%BAblica-sustent%C3%A1vel.pdf>>. Acesso em: 24-04-19.

REGO, J. A. A.; NACARATE, J. P. M.; PERNA, L. N.; PINHATE, T. B. Cidades sustentáveis: lidando com a urbanização de forma ambiental, social e economicamente sustentável In **XII SiNUS ? Simulação das Nações Unidas para Secundaristas**, 2013, BRASÍLIA. Anais da XII SiNUS, 2013.

REIS FILHO, N. G. **Quadro da arquitetura no Brasil**. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1987.

REYNALDO, A. **As catedrais continuam brancas**. Recife: CEPE, 2017.

REYNALDO, A. M. O. **Origem da expansão urbana do Recife**. Recife, 2013.

RIBEIRO, A. G. **As escalas do clima**. Boletim de Geografia Teórica, Rio Claro, AGETEO, v. 23, n. 45-49, p. 288-294, 1993.

RIVERO, R. **Arquitetura e clima**: acondicionamento térmico natural. Porto Alegre: D.C. Luzzatto Editores, 1985.

ROMERO, M. A. B. **Arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001.

ROMERO, M. A. B. **Arquitetura do lugar**: uma visão bioclimática da sustentabilidade em Brasília. São Paulo: Nova Técnica Editorial, 2011.

ROMERO, M. A. B.; BAPTISTA, G. M. M.; LIMA, E. A. L.; WERNECK, D. R.; VIANNA, E. O.; SALES, G. L. **Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas**. Brasília: Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2019 – 1ª edição / Editora ETB.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Projeto, 1988.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Pró Editores Associados Ltda, 2000.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

SANTANA, A.; REYNALDO, A. As legislações urbanísticas e o desenho da cidade popular: o caso do Recife/Brasil. In: Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo, 2017, Barcelona-Bogotá. **Anais...** Barcelona-Bogotá: IX Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo, 2017.

SANTAMOURIS, M. **Energy and climate in the urban built environment**. London: James and James Science Publishers, 2001.

SANTOS, A. S. A. **Modelos de ocupação territorial e legislação urbanística: o caso do Recife**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação. Desenvolvimento Urbano, Recife, 2014.

SANTOS, T. O. **Identificação de ilhas de calor em Recife-PE por meio de sensoriamento remoto e dados meteorológicos de superfície**. Dissertação de Mestrado – Universidade Rural Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Agrícola. Engenharia Agrícola, Recife, 2011.

SCHMID, A. L. **A ideia de conforto: reflexões sobre o ambiente construído**. Curitiba: Pacto ambiental, 2005.

SILVA, G. J. A.; ROMERO, M. A. B. **O urbanismo sustentável no Brasil**. A revisão de conceitos urbanos para o século XXI (Parte 02). *Arquitextos*, São Paulo, ano 11, n. 129.08, Vitruvius, fev. 2011. Disponível em: <<https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.129/3499>> . Acesso em: 10-03-2020.

SOUZA, J. P. M. **Influência da forma urbana na ventilação natural: um estudo de caso no Cais José Estelita**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 161p. 2014.

TORRES, S. C. **Arranjos construtivos urbanos: um estudo sobre a influência da configuração de conjuntos habitacionais verticais na qualidade térmica de edificações em Maceió-AL**. Dissertação de mestrado em Arquitetura e Urbanismo - Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2006.

TORRES, S. C. **Forma e conforto:** estratégias para (re)pensar o adensamento construtivo urbano a partir dos parâmetros urbanísticos integrados à abordagem bioclimática. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação. Desenvolvimento Urbano, Recife, 2017.

TORRES, S. C.; FREITAS, R.; BARBIRATO, G. M. **Bioclimatologia e sustentabilidade urbana:** suas interfaces conceituais e as implicações no processo de planejamento urbano. In: XV ENANPUR ? Encontro da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano, 2013, RECIFE. Anais da XV ENanpur, 2013.

VARGAS, J. C. **Densidade, paisagem urbana e vida da cidade:** jogando um pouco de luz sobre o debate porto alegreense. Site: <<https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.039/663>>. Acesso em: 11/03/2020.

VIDAL, R. **Influência da morfologia urbana nas alterações da temperatura do ar na cidade de Natal-RN.** Dissertação de Mestrado em Geografia – UnB, Brasília, 1991.

WEI, R.; SONG, D.; WONG, N. H.; MARTIN, M. Impact of urban morphology parameters on microclimate. In: **Procedia Engineering**, v. 169, p. 142–149, 2015.

XAVIER, A. A. de P. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis.** Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina. Engenharia de Produção, Florianópolis, 1999.

XU, X.; YIN, C.; WANG, W.; XU, N.; HONG, T.; LI, Q. Revealing urban morphology and outdoor comfort through genetic algorithm-driven urban block design in dry and hot regions of China. In: **Sustainability**, v. 11, n. 13, 2019.