



XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído

XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído

JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

DENSIFICAÇÃO CONSTRUTIVA E ACÚMULO DE CALOR: O CASO DE RECIFE/PE

Ruskin Freitas (1); Júlia Alves (2); Thatianne Silva (3); Jaucele Azeredo (4)

(1) Doutor, Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, ruskin37@uol.com.br

(2) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, juliamedeiros.ufpe@gmail.com

(3) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, thatianne.ferreira@gmail.com

(4) Doutora, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, jaucele_azeredo@hotmail.com

Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Conforto Ambiental, Cidade Universitária, 50780-970, Recife-PE, Tel.: (81) 2126 8771

RESUMO

A constante substituição da cobertura natural por materiais impermeabilizados provoca alterações nas características microclimáticas e morfológicas locais, provocando um aumento de temperatura, produzindo a sensação de desconforto térmico. Este trabalho teve como objetivo verificar a intensificação do acúmulo de calor na cidade de Recife/PE entre os anos de 1998 e 2018, a partir do estudo de alterações na cobertura do solo e de valores das variáveis climáticas. Para tanto, foram analisadas variáveis climáticas em pontos pariformes a um estudo realizado pelo Laboratório de Conforto Ambiental (Lacam) da UFPE, em 1998. Verificou-se que todos os dez bairros explorados apresentaram aumento do acúmulo de calor. Os bairros das Graças e do Morro da Conceição, que há 20 anos estavam com temperaturas mais baixas que o registrado na estação meteorológica de referência, apresentam, atualmente, maior acúmulo de calor, sobretudo, devido a processos de adensamento construtivo. O Morro da Conceição revelou adensamento espontâneo, tendo em vista o seu caráter de Zona Especial de Interesse Social. O bairro das Graças por sua vez, foi densificado pelo mercado imobiliário formal, com substituição de unidades habitacionais unifamiliares e de vegetação, por edificações verticalizadas e por solo impermeável, que modificaram amplamente as dinâmicas locais. Isso demonstra, principalmente, que a intensificação do processo de urbanização da cidade provocou, nos recintos estudados, agravamento do desconforto em microclimas urbanos.

Palavras-chave: acúmulo de calor, microclimas urbanos, conforto térmico.

ABSTRACT

The constant replacement of the natural cover with impermeable materials causes changes in the local microclimatic and morphological characteristics, causing an increase of temperature, resulting in a sensation of thermal discomfort. This work aimed to verify the intensification of heat accumulation in the city of Recife/PE between 1998 and 2018, from the study of changes in soil cover and climatic variables. For that, climatic variables were analyzed in pariform points in 2017-2018 to a study made by the Laboratory of Environmental Comfort (Lacam) of UFPE in 1998. It was verified that all ten quarters explored showed an increase in the accumulation of heat. The neighborhoods of Graças and Morro da Conceição, which showed 20 years ago lower temperatures than those registered at the station, currently present a greater accumulation of heat, mainly due to processes of constructive densification. The Morro da Conceição revealed spontaneous increase, considering its character of Special Zone of Social Interest. The Graças neighborhood, on the other hand, had its densification produced by the real estate market, with replacement of single-family housing units and vegetation, by vertical buildings and by impermeable soil, which altered greatly the local dynamics. This shows mainly that the intensification of the urbanization process resulted in the studied precincts, worsening discomfort in microclimates in urbanization.

Keywords: heat accumulation, urban microclimates, thermal comfort.

1. INTRODUÇÃO

É indispensável o estudo climático, em meios arquitetônico e urbano, objetivando a sensação de conforto ambiental do usuário, a eficiência energética e a sustentabilidade do ambiente construído. No sentido de se projetar cidades resilientes e sustentáveis, é necessário conhecer as influências de seus padrões climáticos, em escala regional e local, ou seja, como se comportam as variáveis climáticas, temperatura, umidade e ventilação, visando à qualidade do ambiente e ao bem-estar das pessoas, em escalas arquitetônica e urbana.

Herzog (2013, p. 155) define clima como sendo uma “compilação estatística de informações sobre o tempo, descrevendo a sua variação em um determinado local e em um intervalo temporal”. Essa definição dialoga com as ideias de Romero (2000, p. 18-21), quando afirma que o estudo do clima, caracterizado por seus diversos fatores e elementos, torna-se importante para a compreensão do que deve ser controlado no ambiente, de forma a atender às necessidades do projeto. Esta autora considera como fatores climáticos globais os que condicionam, determinam e originam o clima, como a radiação solar, a latitude, a altitude, os ventos, as massas de água e de terra. Como fatores climáticos locais, segundo Freitas (2008, p. 65-92), destacam-se aqueles que modificam localmente o comportamento dos elementos climáticos, originando os microclimas. Juntamente com a topografia e a vegetação, sobretudo, sobressaem-se os fatores antrópicos, tais como, tecido urbano, volumes edificados, a superfície do solo e as atividades antrópicas, em geral.

Em relação aos elementos climáticos, que representam os valores relativos a cada tipo de clima, Romero (2000, p. 21-27) cita a temperatura, a umidade, o movimento do ar e as precipitações. Herzog (2013, p. 155-156) ainda menciona a pressão atmosférica e os fenômenos meteorológicos monitorados e medidos por longos períodos, como elementos que influenciam o clima de um lugar, de uma região ou do planeta como um todo. As condições climáticas sofrem, assim, influência da forma urbana local, que é reflexo dos sistemas geológico, hidrológico e biológico, e do uso e ocupação do solo, no decorrer do tempo.

Recife se localiza na zona bioclimática oito (NBR 15220-3:2005), em clima tropical litorâneo quente e úmido (Figura 1), com as seguintes especificidades: baixa amplitude térmica, diária e sazonal, médios e altos valores de temperatura do ar e de umidade relativa do ar, durante todo o ano, duas estações bem definidas: a estação seca e a estação chuvosa (com pluviosidade acima dos 2.000mm), com pequena variação de temperatura entre elas. A predominância da direção dos ventos é de sudeste, seguida das direções leste e sul.

Kruger e Drach (2017, p. 231-232) estudaram a influência da geometria urbana na sensação térmica de usuários de espaços ao ar livre na cidade do Rio de Janeiro. Os autores concluíram que a geometria urbana pode alterar a sensação de conforto a depender da densidade construída do entorno. É imprescindível a aplicação de estratégias de minimização do calor no planejamento das cidades, de forma a adaptar as cidades às mudanças climáticas locais. No atual contexto de Recife, é cabível propor diretrizes bioclimáticas que possam ser implantadas a depender das características do clima, com o intuito de corrigir, atenuar ou transformar determinadas variáveis climáticas, proporcionando maior conforto térmico ao usuário.



Figura 1 – Vista panorâmica de Recife – PE (Ruskin Freitas, 2011).

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo foi verificar o acúmulo de calor gerado pela urbanização de Recife/PE, a partir da comparação entre valores das variáveis climáticas: temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos, entre os anos de 1998 e 2018, como também, a partir da observação da produção do espaço, a partir da densidade construtiva de ocupação.

3. MÉTODO

Neste trabalho, foi utilizado o método hipotético-dedutivo, considerando que o processo de urbanização em Recife tem gerado um acúmulo de calor ao longo dos anos, contribuindo para o desconforto em ambiente urbano. Os procedimentos metodológicos foram divididos em quatro etapas principais:

3.1. Avaliação de dados das variáveis climáticas: temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade e direção dos ventos, coletados em 1998.

3.2. Comparação dos valores das variáveis climáticas a partir de medições realizadas durante 2017/2018: temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade e direção dos ventos, nos mesmos pontos da pesquisa anterior, desenvolvida há 20 anos.

3.3. Análise dos dados coletados visando à verificação de ocorrência de acréscimo de acúmulo de calor, entre a pesquisas realizadas em 1998 e 2018.

3.4. Estudo da evolução da urbanização em Recife/PE, a partir de mapas e diretrizes da Prefeitura da Cidade do Recife.

3.1. Avaliação de dados de 1998

Foi desenvolvida, em setembro de 1998, uma pesquisa acerca da diversidade microclimática na cidade do Recife, pelo Laboratório de Conforto Ambiental/Lacam/UFPE. Os dez pontos observados naquela pesquisa foram escolhidos com base na variedade morfológica da cidade do Recife, que apresentam diferentes qualidades ambientais e diferentes dinâmicas antrópicas, que influenciam na formação de distintos microclimas, localizados em dez diferentes bairros, em recintos urbanos com alta e baixa densidade construtiva, com e sem verticalização, na planície e no morro, com alta e baixa densidade de vegetação.

Os pontos foram divididos em dois roteiros, sendo ambos percorridos e medidos, quatro vezes, simultaneamente, entre 8h e 12h da manhã e 14h e 16h da tarde. Os dados coletados, em quatro turnos, em duas manhãs e em duas tardes, foram sistematizados, e comparados aos dados meteorológicos disponibilizados pela Estação Meteorológica de Observação de Superfície Convencional, localizada no bairro Curado, em mesmas datas e horários em que ocorreram as medições.

Mais importante do que os valores absolutos, foi destacada a diferença em relação aos valores registrados na estação de referência. Por exemplo, naquela ocasião, quando a média de temperatura do ar, na estação meteorológica, no período observado, foi de 29,8°C, na avenida Boa Viagem, no bairro do Pina, a média de temperatura foi de 28,4°C, ou seja, 1,4°C menor. Ao contrário, no cruzamento da avenida Domingos Ferreira com a rua Antônio Falcão, bem perto dali, no bairro de Boa Viagem, no mesmo período, a média de temperatura foi de 30,7°C, sendo notado um acúmulo de calor de 0,9°C, em relação à estação de referência. Salienta-se que o ponto localizado no Pina, foi na orla, próximo à vegetação e solo natural e exposto à ventilação de 3,8m/s, enquanto o ponto localizado em Boa Viagem foi em meio a barreiras edificadas, em vias de grande fluxo de automóveis e exposto à ventilação de 0,6m/s.

3.2. Medições de variáveis climáticas, 2017-2018

Em 2017, foram formadas duas equipes de quatro integrantes. Cada equipe percorreu um roteiro, abrangendo cinco pontos, totalizando dez pontos, em dez diferentes bairros da cidade de Recife: Boa Viagem, Boa Vista, Bongí, Encruzilhada, Graças, Ipsep, Morro da Conceição, Pina, Santo Antônio e Várzea. As medições foram realizadas durante o mês de setembro, em período próximo ao equinócio de primavera - mesmo período em que foi realizada a pesquisa de 1998.

Em 2018, todos os procedimentos foram realizados, novamente, em cada ponto análogo à pesquisa de 1998, registrando as variáveis climáticas: temperatura do ar, umidade relativa do ar e direção e velocidade dos ventos dominantes, períodos manhã e tarde. Os dados foram sistematizados e foram feitas médias aritméticas referentes aos dois períodos, aqui sendo sintetizados e nomeados como etapa realizada em 2018, ou seja, com uma diferença de 20 anos, em relação à pesquisa anterior.

Para a medição de temperatura do ar e de umidade relativa do ar, foram utilizados termohigrômetros digitais INSTRUTHERM HT-350, ao longo de cinco minutos, posicionados à altura aproximada de 1,50m do chão e afastados do corpo e de qualquer outro obstáculo, a essa mesma distância, protegidos da incidência de radiação solar direta por um guarda-sol, revestido, na parte superior, por um tecido acetinado branco, de modo a auxiliar na reflexão dos raios solares diretos, e na parte inferior, por um tecido opaco preto, de modo a impedir a reflexão indireta, a partir de outras superfícies, e evitar o contato direto com o instrumento.

Para registrar a velocidade dos ventos, foram utilizados anemômetros digitais, INSTRUTHERM Mod TAD-500, também à altura aproximada de 1,50m do chão e afastados do corpo e de qualquer outro obstáculo, a essa mesma distância. Os instrumentos estavam voltados para a direção predominante de ventos, aferida constantemente por uma bússola magnética.

Em cada ponto, houve a necessidade de estabilização dos instrumentos, durante um período de cinco minutos, já considerados suficientes. Ao se observar a direção do vento predominante, direcionava-se o anemômetro ao seu encontro e anotavam-se os valores da velocidade do vento, um a cada minuto, bem como, anotava-se o ângulo em relação ao norte (azimute). Ao estabilizar o termohigrômetro, fazia-se a anotação dos valores da temperatura do ar e da umidade relativa do ar.

3.3. Análise do acúmulo de calor em Recife/PE

Para a investigação do acúmulo de calor na cidade, foi feita a comparação entre os dados obtidos em cada ponto e os dados registrados pela Estação Convencional do Inmet. Em paralelo, observou-se como os diferentes bairros evoluíram em termos de adensamento construtivo, entre outras modificações referentes à forma urbana e às atividades antrópicas, nos últimos 20 anos, cruzando observações empíricas com dados obtidos junto ao banco de dados da Prefeitura da Cidade do Recife.

Em comparação aos dados levantados há cerca de vinte anos, todos os pontos analisados apresentaram aumento no acúmulo de calor (Tabela 1), sendo, em alguns casos, como Morro da Conceição e Graças, com acréscimo mais expressivo. Alguns bairros não apresentaram acúmulo de calor significativo, atualmente, mas em comparação com os dados anteriores, a variação foi pertinente, como no bairro do Pina, onde houve acréscimo de 1,4°C, deixando claras as alterações nas variáveis ponderadas.

É importante ressaltar que as Estações Meteorológicas, Convencional e Automática, estão localizadas em pontos afastados de espaços edificados, o que representa um ambiente mais próximo ao seu estado natural. Portanto, os resultados de acúmulo de calor representam a diferença de temperatura causada por fatores climáticos antrópicos, ou seja, pela conformação do espaço urbano produzida pela ação humana.

Para a análise dos valores, tendo em vista o conforto ambiental passivo, ou seja, considerando a possibilidade de uso do espaço, contando a ventilação natural, tomou-se como referência a zona de conforto térmico, para Recife, cidade situada em clima tropical litorâneo quente e úmido - valores de temperatura entre 24°C e 28°C e valores de umidade relativa do ar entre 50% e 70%. Quando o valor de temperatura do ar for um pouco superior ao limite citado, a velocidade do vento necessária para proporcionar a inserção em zona de conforto deve alcançar valores iguais ou superiores a 0,5m/s.

Esses valores são fruto de pesquisas desenvolvidas por autores diversos, que já se tornaram clássicos, tais como, Olgyay (1963), Koenigsberger (1977), Szokolay (1987), Givoni (1991) e Lamberts, Dutra e Pereira (2012), até pesquisas mais recentes e no contexto da cidade de Recife, tais como, Freitas (2005), Freitas e Azerêdo (2013) e Freitas, Azerêdo e Freitas (2017).

A tabela 1 apresenta, portanto, os valores de referência para classificação dos níveis de conforto nos pontos observados, também tendo sido considerada a quantidade de acúmulo de calor no ponto em relação à estação, por exemplo, se o ponto não apresentava acúmulo de calor, apresentava baixo acúmulo (até 1°C), como o bairro do Pina ou da Várzea, ou alto acúmulo (mais de 1°C), como visto na Boa Vista e no bairro das Graças.

Tabela 1 - Condições de conforto térmico em recintos urbanos.

CONDIÇÕES DE CONFORTO EM RECINTOS URBANOS	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa do ar (%)	Velocidade dos ventos (m/s)
CONFORTÁVEL	24 a 28	50 a 70	1,5 a 3,0
INTERMEDIÁRIO	22 a 24 e 28 a 30	20 a 50 e 70 a 80	1,0 a 1,5 e 3,0 a 4,5
DESCONFORTÁVEL	<22 e >30	<20 e >80	<1,0 e >4,5

Fonte: Lacam, 2019.

3.4. Evolução da urbanização em Recife/PE

Acerca da densificação construtiva no processo de evolução urbana na cidade de Recife, foram observados dados sobre os processos de uso e ocupação do solo da cidade (RECIFE, 1996), a partir de dados coletados pelos setores censitários do IBGE, cadastro de lotes da Prefeitura da Cidade do Recife (RECIFE, 2012) e do Diagnóstico Propositivo do Plano Diretor de 2008, que analisou as dinâmicas urbanas de Recife desde 30 anos antes de sua publicação. Por se enquadrar melhor para esta análise, foram usados os dados a partir da década de 1990.

Observou-se que as diretrizes urbanísticas que preveem altos coeficientes de utilização, em determinados bairros, principalmente do litoral sul e margem norte do Rio Capibaribe, contribuíram para o adensamento e para a verticalização (Figura 2), que coincidiram com os pontos de maior acúmulo de calor.

Salienta-se que, apesar desses mapas terem sido usados como referência para as análises, foram observados erros, tais como, aqueles referentes aos coeficientes urbanísticos para os bairros da Várzea e da Guabiraba.

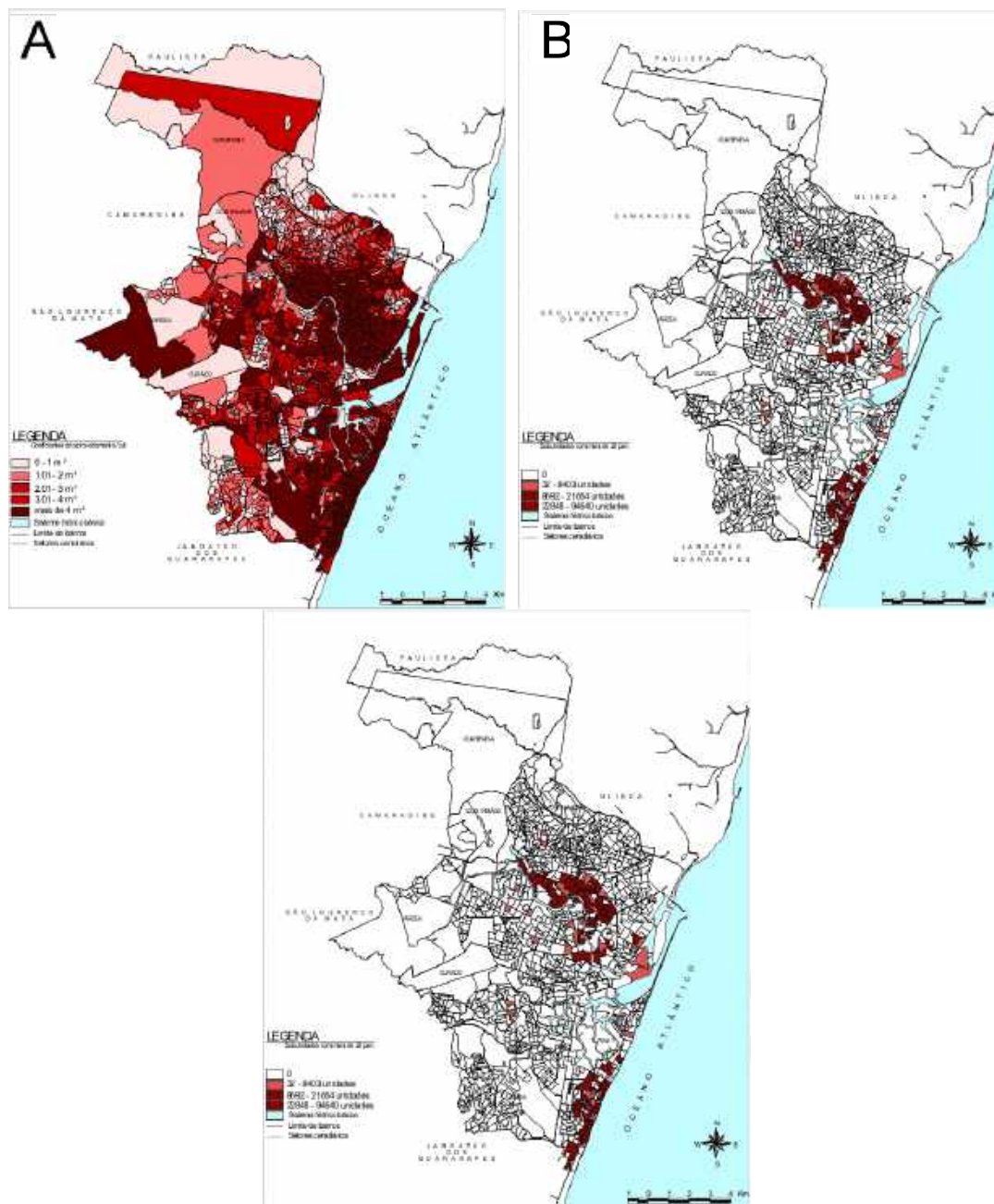


Figura 2 – (A) Coeficiente de aproveitamento e (B) Unidades com mais de 20 pavimentos na cidade do Recife (RECIFE, 2008).

Segundo dados fornecidos pelo Diagnóstico para o Plano Diretor (RECIFE, 2008), durante a década de 1990, os bairros com maior concentração de área construída eram Boa Viagem (929.832 m²) e Boa Vista (832.808 m²); o bairro das Graças apresentava intenso processo de verticalização. Em um estudo posterior, realizado em 2003, foi constatado o crescimento de 43% de área construída em Boa Viagem, sendo o maior crescimento de área construída do município, enquanto Santo Antônio não apresentou nenhum acréscimo de área construída. Foi essa pesquisa que caracterizou as áreas com maiores densidades construtivas, entre elas a orla de Boa Viagem, bairro das Graças, morros da zona norte e proximidades dos eixos da zona oeste (avenidas Caxangá, Abdias de Carvalho e Dr. José Rufino).

O processo de verticalização também foi analisado e constatou-se sua intensificação em determinadas áreas da cidade. Na década de 1990, Boa Viagem tinha cerca de 40% de suas unidades habitacionais em imóveis com mais de 10 pavimentos, passando para quase 60% em 2010. Dessas, aproximadamente 5% localizavam-se em edificações com mais de 20 pavimentos. O bairro das Graças, por sua vez, tinha cerca de 40% de suas unidades habitacionais em prédios com mais de 10 pavimentos, passando na década de 2010 a representar 62%.

Salienta-se que a verticalização, em si, não é o maior fator para a diminuição da ventilação e para o aumento da temperatura, quando vista de maneira isolada e sim quando de maneira justaposta, sem grandes afastamentos. Em Recife, esse fenômeno tem ocorrido em substituição às unidades habitacionais isoladas, mantendo-se padrão semelhante de parcelamento do solo e baixo afastamento entre edificações, agora bem maiores em altura, em número de usuários e de potencial gerador de atividades antrópicas, sobretudo, fluxo viário.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Também valorizando menos os valores absolutos, foi destacada a diferença em relação aos valores registrados na estação de referência. Por exemplo, quando a média de temperatura do ar, na estação meteorológica, no período observado, foi de 27,9°C, na avenida Boa Viagem, no bairro do Pina (Figura 3), a média de temperatura foi de 27,7°C, ou seja, 0,2°C menor. Ao contrário, no cruzamento da avenida Conselheiro Rosa e Silva, com rua Amélia, no bairro das Graças (Figura 4), no mesmo período, a média de temperatura foi de 30,4°C, sendo notado um acúmulo de calor de 2,5°C, em relação à estação de referência. Salienta-se que o ponto localizado no Pina repetiu o mesmo desempenho na pesquisa anterior, sendo o ponto de menor acúmulo de calor, entre os dez pontos verificados, em condições ambientais, próximas ao natural, enquanto o ponto localizado nas Graças, foi em meio a barreiras edificadas, em vias de grande fluxo de automóveis e intensas atividades antrópicas.



Figuras 3 e 4 – Pina e Graças, respectivamente.

A tabela 2, a seguir, apresenta o acúmulo de calor na cidade de Recife, nos anos de 1998 e 2018. A partir dos dados, é possível tecer uma comparação entre os resultados das duas pesquisas.

Tabela 2 - Acúmulo de calor em Recife nos anos de 1998 e 2018. A graduação de cores indica a intensidade do acúmulo de calor, do azul, menos intenso, ao vermelho, mais intenso.

LOCAL	ACÚMULO DE CALOR (°C)		
	Em relação à estação meteorológica de referência		
	1998	2018	Variação entre 1998 e 2018
Pina	-1,4	-0,2	1,2
Boa Viagem	0,9	1,3	0,4
Ipsep	0,1	1,5	1,4
Bongi	-0,1	0,6	0,7
Várzea	-0,5	0,1	0,6
Santo Antônio	-0,1	1,1	1,2
Boa Vista	0,4	1,4	1,0
Graças	0,6	2,5	1,9
Encruzilhada	0,5	1,9	1,4
Morro da Conceição	-0,6	1,4	2,0

Fonte: Lacam, 2019.

Ao cruzar os resultados das variáveis climáticas com o acúmulo de calor, foi possível identificar como a sensação de conforto foi sendo prejudicada com o passar do tempo (Figura 5). No ano de 1998, dos dez pontos analisados, três foram considerados desconfortáveis e quatro estavam com bom desempenho, baixo acúmulo de calor e sensação de conforto para o usuário. Na investigação atual, três pontos são reconhecidos como confortáveis, enquanto o número de pontos desconfortáveis ou intermediários aumentou.

A Figura 5 apresenta as condições de conforto térmico em dez recintos urbanos de Recife/PE, em 1998 e 2018, respectivamente. A cor azul representa os pontos confortáveis, a cor amarela, os pontos intermediários e a cor vermelha, os pontos desconfortáveis termicamente.

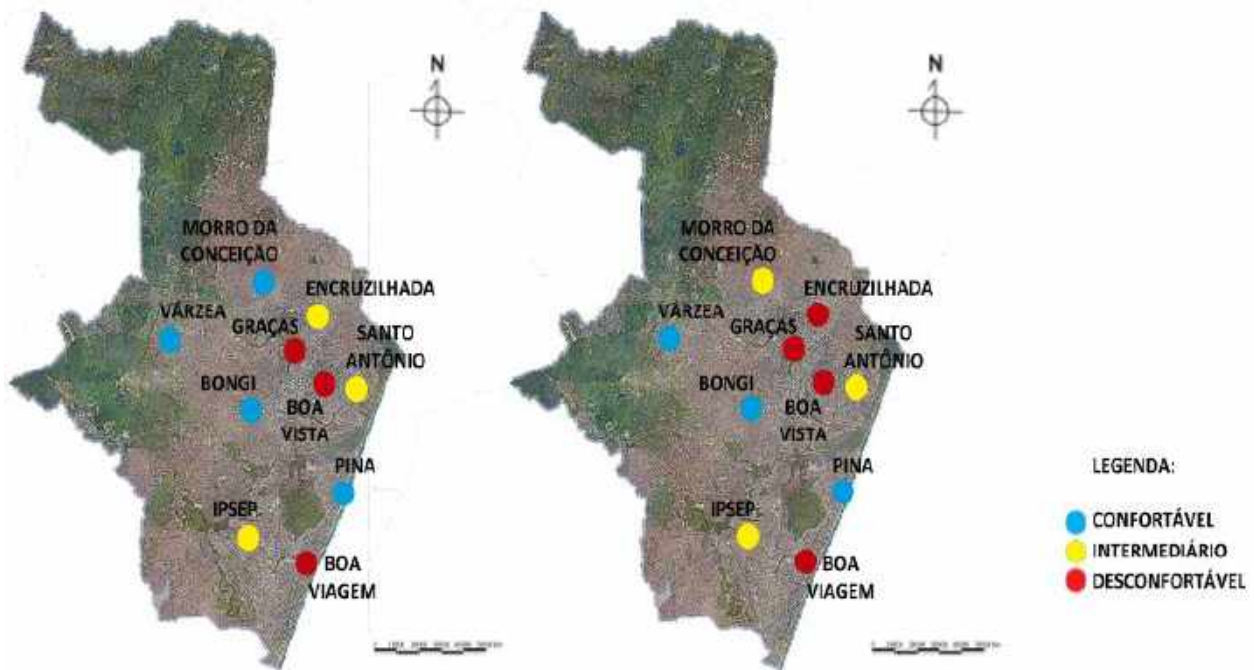


Figura 5 - Condições de conforto térmico em dez recintos urbanos de Recife/PE. (A) em 1998; (B) em 2018 (Lacam, 2019).

Percebe-se, ao comparar os valores obtidos nas medições com os valores registrados na Estação Convencional, que em 1998 apenas cinco recintos urbanos (Boa Viagem, Ipsep, Boa Vista, Graças e Encruzilhada) apresentavam acúmulo de calor, sendo em Boa Viagem o mais significativo, com o acúmulo de 0,9°C. Em 2018, todos os bairros avaliados apresentaram médias de temperatura do ar acima do valor registrado na Estação Convencional.

No ano de 1998, quatro dos pontos estudados foram considerados confortáveis, enquanto três bairros figuravam como conforto intermediário e os três restantes, desconfortáveis. A situação no último estudo revela que três bairros permanecem confortáveis. O bairro da Várzea se apresenta como o segundo com menor acúmulo de calor e menor variação deste. Não coincidentemente, o bairro é um dos mais vegetados do município, com taxa de solo natural de 50%, coeficiente de utilização de 3,0 e recuos iguais a: frontal, de 7m, laterais, de 1,5m ou nulo e de fundo, de 3m.

O ponto de medição no bairro da Várzea foi na Praça Pinto Dâmaso (Figura 6), que possui vegetação de grande porte e copa variada e o seu entorno imediato é caracterizado por edificações de até dois pavimentos, de usos residencial, comercial e de serviços de pequeno porte.

O bairro do Bongi também foi estudado no entorno de uma praça vegetada (Figura 7), o que contribuiu para seu desempenho satisfatório. Tal contexto influi para um maior equilíbrio no balanço energético, uma vez que a vegetação absorve parte do calor irradiado pelo sol e os materiais e volumes edificados no entorno retêm menos calor que em outros bairros analisados. De acordo com Givoni (1998, p.303-307), os vegetais possuem baixa difusividade térmica e alto poder de absorção da radiação solar pelas folhas, apresentando baixo albedo. Além disso, a taxa de evaporação é mais alta no seu entorno, criando o que foi caracterizado por Hernandez (2013, p.103) como uma zona de resfriamento. Dessa maneira, certifica-se que a presença de solo natural gramado e com arborização nos espaços livres é fundamental para a qualidade climática urbana.

No Morro da Conceição, embora tenha acontecido o processo de densificação horizontal nos arredores, pelo fato do ponto de medição se situar na parte mais alta do morro, não houve influência das edificações (Figura 8). O que possivelmente veio a contribuir para o aumento do acúmulo de calor foi a construção de uma quadra de concreto onde antes havia um campo de terra batida. As vias também receberam pavimentação asfáltica em função da criação de um terminal de ônibus na proximidade do ponto. A alta difusividade térmica do material contribui para o acúmulo de calor e é um dos principais contribuintes para a formação de ilhas de calor urbano pelo seu grande volume nas cidades.



Figuras 6, 7 e 8 – Várzea, Bongi e Morro da Conceição, respectivamente.

Ambos os bairros da Encruzilhada e do Ipsep registraram o aumento de $1,4^{\circ}\text{C}$ no acúmulo de calor entre 1998 e 2018. A Encruzilhada representa um importante polo comercial para a cidade, caracterizando-se como um centro secundário, trazendo grande vivacidade e conseqüentemente, alta taxa de ocupação e grande tráfego de pedestres e veículos (Figura 9). O Ipsep figura como um dos bairros com maior desenvolvimento econômico (RECIFE, 2008). Este bairro sofreu um acréscimo de 150% de área total construída entre 1996 e 2003 (RECIFE, 2008), ocorrendo adensamento e impermeabilização do solo, porém, sem verticalização, devido a sua proximidade com o Aeroporto Internacional do Recife, que limita seu gabarito a três pavimentos.



Figuras 9 e 10 – Encruzilhada e Ipsep, respectivamente.

No caso do bairro da Boa Vista, as variáveis climáticas foram aferidas no cruzamento da avenida Conde da Boa Vista com a rua do Hospício, área de alto adensamento construtivo, já consolidado, sem grandes transformações nos últimos anos, com edificações altas e justapostas, onde ocorre intenso fluxo de pedestres, de veículos e comércio ambulante (Figura 10).

O bairro de Santo Antônio está inserido na Zona Especial de Proteção Histórica (ZEPH) 10 e o ponto de medição, no pátio do Carmo (Figura 11), situa-se num trecho de preservação rigorosa. Embora não tenha sofrido acréscimo de área construída ou mudança nas formas edificadas nos últimos anos, as alterações no entorno e crescimento da cidade como um todo, modificaram as dinâmicas locais, acrescentando calor devido a fatores antrópicos, a exemplo do aumento no fluxo pendular, uma vez que, o centro histórico por inteiro não detém de população residente expressiva, chegando a apresentar $1,2^{\circ}\text{C}$ de aumento no acúmulo de calor.



Figuras 10 e 11 – Boa Vista e Santo Antônio, respectivamente.

As atividades humanas desenvolvidas nessas áreas urbanas dinâmicas, com grande número de atividades concentradas, como o bairro da Encruzilhada e também o centro principal, onde se situam Boa Vista e Santo Antônio, liberam energia, modificando o ambiente, de maneira análoga a uma sala climatizada quando tem sua temperatura elevada conforme mais pessoas adentram. Os fatores antrópicos, como traçado

viário, densidade construtiva, verticalização e a concentração de atividades alteram características naturais, comumente causando aumento da temperatura do ar e diminuição da sua umidade relativa.

Pina e Boa Viagem possuem parâmetros urbanísticos e dinâmicas urbanas muito similares e o que particularizou os resultados foi o local específico para medição de cada bairro. No Pina, o ponto foi na orla oceânica, o que favoreceu a ventilação, que se configurou como o fator que mais contribuiu para a condição de conforto térmico. Em Boa Viagem, o ponto foi no cruzamento da rua Antônio Falcão com a avenida Domingos Ferreira, distante três quadras, aproximadamente, 400 metros do Oceano Atlântico. A distância da massa d'água deveria configurar uma melhoria de conforto, mas devido às quadras adensadas, a direção dos ventos é modificada e sua velocidade reduzida. Além disso, devido ao maior volume de materiais com grande difusividade térmica, como asfalto e concreto, a temperatura se eleva. Enquanto o entorno do ponto em Boa Viagem já estava consolidado nos anos 1990 (Figura 12), o Pina acentuou seu processo de urbanização mais recentemente. A influência da urbanização e da densificação construtiva foram evidenciadas ao notar que, embora ainda seja considerado satisfatório, o bairro do Pina apresentou um aumento de 1,3°C no acúmulo de calor em relação à pesquisa realizada em 1998.



Figura 12 - Crescimento da mancha urbana de Boa Viagem, entre 1996 e 2012. (RECIFE, 2012). Elaborado por Júlia Alves (2019).

Isso valida, principalmente, que a elevação do processo de urbanização causou, em todos os recintos estudados, maior acúmulo de calor e agravamento dos microclimas urbanos. Na década de 1990, o mercado imobiliário passou a se expandir para além de Boa Viagem, atingindo os bairros da zona norte, e as atividades comerciais e de serviços se instalaram, em especial, nas suas principais vias (RECIFE, 2008).

O bairro das Graças registrou um acúmulo de calor de 2,5°C, quando comparadas as duas pesquisas, o que pode ser justificado pelo processo de adensamento construtivo alcançado a partir da verticalização, além da contínua diminuição da vegetação e consequente impermeabilização do solo ocorrido nas últimas décadas, levando também a uma intensificação das atividades antrópicas. Segundo o Atlas do Desenvolvimento Humano no Recife (2005), o bairro das Graças é um dos que apresentam a maior proporção de pessoas que moram em domicílio com carro, 87,60%.

De acordo com Romero (2000, p.48-50), alguns princípios de desenho urbano podem ser implantados para diminuir a temperatura de um recinto urbano. Neste caso, é necessário reduzir a produção de calor e evitar a absorção de umidade, reduzindo também a pressão de vapor. De acordo com Romero (2000), Mascaró (1996) e Hernández (2014), a vegetação proporciona boas taxas de evaporação, auxilia a filtragem do ar, promove sombreamento, diminuindo a incidência de radiação solar direta sobre as superfícies. Hernández (2014, p.27) afirma que o uso de vegetação, sobretudo, arbórea, é praticamente a única solução para modificar o microclima de uma área urbana consolidada.

5. CONCLUSÕES

Com a análise comparativa de dados atuais e históricos, foi possível perceber os resultados da intensificação do processo de urbanização a partir dos valores das variáveis climáticas. Em vinte anos, todos os dez locais estudados apresentaram potencial ganho de calor, tendo ocorrido o registro do maior acúmulo (2,5 °C) no bairro das Graças. Isso significa que a forma desse recinto urbano, juntamente com a intensificação de atividades antrópicas, favorece o aumento de temperatura, resposta indesejada para a promoção da sensação

de conforto térmico em condições de clima tropical quente e úmido, como o de Recife. A orla do Pina foi o local em que esse acúmulo foi menos significativo, devido à ventilação constante e com moderada velocidade.

Em contexto de revisão de legislação urbanística, Plano Diretor Municipal e Lei do Uso e Ocupação do solo, pode-se apontar a importância de diminuir a taxa de ocupação e aumentar a taxa de solo natural, bem como o afastamento entre as edificações, como importantes fatores para a diminuição da temperatura do ar e aumento da velocidade de ventilação. Em ações de planejamento, desenho urbano e requalificação urbana, a utilização de solo permeável e a ampliação de espaços livres, distribuídos pela cidade, também poderiam constituir diretrizes básicas. Por conseguinte, em uma condição de clima tropical quente e úmido, essas ações representam fatores microclimáticos que contribuem para o conforto ambiental dos usuários, para a eficiência energética das edificações e para a sustentabilidade das cidades.

É necessário, portanto, que o conhecimento do ambiente de estudo, sob o viés climático, seja compreendido e assimilado pelos técnicos e gestores de planejamento, em escalas urbana e arquitetônica, objetivando a qualidade do ambiente, de maneira que os usuários finais se encontrem na zona requerida de conforto térmico. Ressalta-se que a gestão dos espaços urbanos deve ocorrer de modo interdisciplinar e de maneira que as decisões possam ser materializadas em benefício da população usuária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005b.
- FREITAS, Ruskin. **O que é conforto**. In: Anais do VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino Americano Sobre Conforto no Ambiente Construído. Maceió: ENCAC, 2005.
- FREITAS, Ruskin. **Entre mitos e limites**: as possibilidades do adensamento construtivo face à qualidade no ambiente construído. Recife : Ed. Da UFPE, 2008.
- FREITAS, Ruskin; AZERÊDO, Jaucele; FREITAS, Janyne. **Conforto térmico em Recife/PE**. Balneário Camboriú: Anais do Encontro Nacional de Conforto no Ambiente construído – ENCAC, 2017.
- FREITAS, Ruskin; AZERÊDO, Jaucele. **A disciplina conforto ambiental**: uma ferramenta prática na concepção de projetos de arquitetura, de urbanismo e de paisagismo. Rio de Janeiro: Cadernos Proarq 20, 2014.
- GIVONI, Baruch. **Climate considerations in building and urban design**. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- GIVONI, B. **Energy and building**. Lausanne: Elsevier Sequoia, 1991.
- HERNÁNDEZ, Agustín (coord.). **Manual de desenho bioclimático urbano**. Manual de Orientações para a Elaboração de Normas Urbanísticas. Coordenação editorial e tradução para português: Artur GONÇALVES, Antonio CASTRO e Manuel FELICIANO. Bragança [Portugal]: Instituto Politécnico de Bragança, 2013.
- HERZOG, Cecília Polacow. **Cidades para todos**: (re)aprendendo a conviver com a natureza. Rio de Janeiro :Mauad x: Inverde, 2013.
- KOENIGSBERGER, O. ET all. **Viviendas y edificios em zonas cálidas y tropicales**. Espanha: editora Paraninfo, 1977.
- KRUGER, E. L., DRACH, P.. **Identifying potential effects from anthropometric variables on outdoor thermal comfort**. Building and Environment, 117, 230-237, Amsterdã [Holanda]: Elsevier, 2017.
- LAMBERTS, Roberto, DUTRA, Luciano e PEREIRA, Fernando. **Eficiência energética na arquitetura**. 3ª. Ed. Rio de Janeiro: Procel / Eletrobrás, 2012.
- MASCARÓ, Lúcia. **Ambiência urbana**. Porto Alegre: Sagra, 1996.
- OLGYAY, Victor. **Arquitectura y clima**. Barcelona: Gustavo Gili, 1963.
- RECIFE. **Síntese do Diagnóstico Espacial do Recife**. Recife, PE, 2008.
- RECIFE. **Cadastro de Lotes da Prefeitura da Cidade do Recife**. Recife, PE, 2012.
- RECIFE. Lei Nº 16176, de 9 de abril de de 1996. **Lei de Uso e Ocupação do Solo da Cidade do Recife**, Recife, PE, abr 1996.
- ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Projeto, 2000.
- SZOKOLAY, S. V. **Thermal design of buildings**. Red Hill, Austrália: RAI, Education Division, 1987.