



ENTAC 2024

XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024



Avaliação microclimática de recintos urbanos, em Recife/PE

Microclimate assessment of urban environments, in Recife/PE

Lucas Gomes da Silva

UFPE | Recife | Brasil | lucas.gomessilva@ufpe.br

Jaucele Azerêdo

UFPE | Recife | Brasil | jaucele.azeredo@ufpe.br

Adriana Carla de Azevedo Borba

UFPE | Recife | Brasil | adriana.borba@ufpe.br

Resumo

Repensar as cidades, priorizando as práticas sustentáveis, é um dos maiores desafios da gestão urbana e ponto norteador para o planejamento contemporâneo. Isso repercute diretamente na necessidade de acesso a informações climáticas e à sua aplicabilidade em escalas urbana e arquitetônica. Teve-se como objetivo estudar áreas representativas considerando a morfologia e as dinâmicas urbanas na cidade de Recife/PE, realizando medições de variáveis climáticas e simulando cenários no programa computacional Envi-Met. Foram coletadas informações *in loco* acerca das variáveis climáticas temperatura do ar, velocidade e direção dos ventos, umidade relativa do ar no bairro das Graças, em Recife, buscando relacionar os dados obtidos com as especificidades locais. Com as simulações computadorizadas, foram obtidas informações acerca do comportamento de variáveis climáticas que contribuem com o planejamento urbano e com a proposição de diretrizes que prezem por espaços agradáveis aos usuários, sob o foco do conforto termo ambiental. Enfatizou-se a importância da utilização de vegetação arbórea nos espaços públicos, assim como a mudança de materiais de pavimentação, de concreto para solo natural (trechos de calçadas), visando à diminuição da temperatura do ambiente.

Palavras-chave: Conforto ambiental. Microclimas. Recintos urbanos. Variáveis climáticas. Envi-Met.



Como citar:

SILVA, L. G.; AZERÊDO, J.; BORBA, A. C. A. Avaliação microclimática de recintos urbanos, em Recife/PE. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2024.

Abstract

Rethinking cities, prioritizing sustainable practices, is one of the biggest challenges in urban management and a guiding point for contemporary planning. This has a direct impact on the need for access to climate information and its applicability on urban and architectural scales. The objective was to study representative areas considering the morphology and urban dynamics in the city of Recife/PE, carrying out measurements of climatic variables and simulating scenarios in the Envi-Met computer program. Information was collected in situ about the climatic variables air temperature, wind speed and direction, relative air humidity in the neighborhood of Graças, in Recife, seeking to relate the data obtained with local specificities. With computerized simulations, information was obtained about the behavior of climatic variables that contribute to urban planning and the proposal of guidelines that value pleasant spaces for users, with a focus on environmental comfort. The importance of using tree vegetation in public spaces was emphasized, as well as the change in paving materials, from concrete to natural soil (sections of sidewalks), aiming to reduce the ambient temperature.

Keywords: Environmental comfort. Microclimates. Urban enclosures. Climatic variables. Envi-Met.

INTRODUÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO

Os impactos das ações humanas têm alterado os regimes climáticos globais, com consequências por todo o globo. As mudanças climáticas são reflexo direto do aumento na temperatura global, que, em 2023, atingiu a média de 1,45°C acima das temperaturas registradas na era pré-revolução industrial [1]. Nesse cenário, estabelecer instrumentos que viabilizem uma convivência sustentável nas cidades buscando a mitigação dos efeitos das alterações nos padrões climáticos globais se faz de extrema necessidade.

Os centros urbanos globais são especialmente vulneráveis às consequências das mudanças climáticas, pois comportam cerca de 56% da população mundial [2]. Tendo em vista o enfoque que se faz necessário dar ao assunto, pesquisas na área de conforto ambiental, especialmente no âmbito urbano, são indispensáveis para embasar novos planejamentos de cidades que sejam energeticamente autossuficientes, climaticamente responsáveis e ecologicamente sustentáveis.

O estudo do clima, caracterizado por seus diversos fatores e elementos torna-se importante para embasar ações de forma a atender às necessidades da sociedade. Considera como fatores climáticos globais os que condicionam, determinam e originam o clima: a radiação solar, a latitude, a longitude, a altitude, os ventos, as massas de água e de terra. Como fatores climáticos locais, destacam-se os que condicionam, determinam e originam o microclima: a topografia, a vegetação e a superfície do solo. Em relação aos elementos climáticos, que representam os valores relativos a cada tipo de clima, citam-se a temperatura, a umidade do ar, as precipitações e o movimento do ar [3].

Ainda podem ser citados a pressão atmosférica e os fenômenos meteorológicos monitorados e medidos por longos períodos, como elementos que influenciam o clima de um lugar, da 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 [4].

O conforto térmico dos usuários depende de grandezas físicas tais como: a temperatura do ar, as temperaturas das superfícies, a temperatura radiante média, a umidade do ar e a velocidade do vento. Todas essas grandezas são relacionadas e

diretamente influenciadas pela concepção arquitetônica: orientação, disposição, dimensões, materiais, entre outros que compõem o ambiente urbano [5].

Recife situa-se em clima tropical litorâneo quente e úmido, cujas características principais são: baixa amplitude térmica (diária e sazonal), valores altos de temperatura do ar e de umidade relativa do ar durante o ano inteiro, duas estações bem definidas: uma estação chuvosa, com altos volumes pluviométricos, e uma estação seca, ambas com pouca variação de temperaturas entre si.

O objetivo geral desta pesquisa foi estudar áreas representativas sob o ponto de vista da morfologia e das dinâmicas urbanas em Recife/PE, a partir de elementos climáticos. Como objetivos específicos: construir base referencial sobre climas, microclimas e atuação de diversos elementos climáticos em Recife; realizar medições de variáveis climáticas no bairro das Graças; simular cenários a partir dos comportamentos térmicos dos recintos urbanos, com uso da ferramenta computacional Envi-Met [6] versão 4.1 propor diretrizes que contribuam com o planejamento urbano.

METODOLOGIA

Delimitados os objetivos, foram utilizados procedimentos com abordagens quantitativa e qualitativa.

1. Revisão de literatura - visando à compreensão do objeto teórico, foram usadas referências como [7], [3] e [4]. Referências acerca do programa computacional utilizado também foram consultadas.

Buscando a compreensão do objeto empírico, usando como bases o referencial teórico, foram realizadas a coleta e a produção de dados, a partir de:

2. Observação direta - as visitas realizadas ao local foram organizadas em função do dia da semana, horários, variações do tempo atmosférico, locais de medição e dados a serem coletados. Foram feitos registros fotográficos dos elementos que conformam o espaço urbano imediato aos pontos de medição.

3. Medições - foram realizadas medições referentes às variáveis climáticas: temperatura do ar, umidade relativa do ar e direção e velocidade dos ventos, nos pontos selecionados. Em uma primeira etapa, em setembro de 2018, no período de equinócio de primavera, realizou-se uma atualização da pesquisa desenvolvida pelo Laboratório de Conforto Ambiental - Lacam UFPE, em 1998, acerca da diversidade microclimática na cidade do Recife. Foram adotados 10 pontos distintos na cidade, localizados em diferentes bairros, para medições de variáveis térmicas em duas manhãs e em duas tardes. A partir da sistematização dos dados coletados e da comparação com os valores de referência disponibilizados pela Estação Meteorológica de Observação de Superfície Convencional, do Instituto Nacional de Meteorologia/Inmet [8], localizada no Curado, foi possível identificar a presença de microclimas em determinados recintos urbanos e analisar suas modificações no decorrer do tempo, relacionando-as às modificações ocorridas com as transformações do espaço urbano.

Após a fase de medições gerais (em 10 pontos da cidade), em uma segunda etapa, foi selecionado um bairro representativo de Recife, em termos formais, de uso e ocupação – bairro das Graças, apresentado de forma mais detalhada nesta pesquisa. Foram definidos nove pontos de medições no bairro, levando em consideração suas características físicas (morfologia, usos, tipologia, presença de vegetação arbórea, fluxo de veículos e pessoas). Ocorreram duas baterias de medições das variáveis climáticas temperatura do ar, umidade relativa do ar e direção e velocidade dos ventos em cada um dos nove pontos, em torno das 09h, e à proximidade das 15h, atentando para o comportamento dos elementos climáticos em função das diversas

características do ambiente imediato. Salienta-se que todas as medições foram realizadas no período próximo ao equinócio, quando os dias e as noites têm a mesma duração de tempo e os elementos climáticos têm comportamento próximo às médias anuais. Os instrumentos termo-higrômetros foram protegidos por sombrinhas que impedem a radiação direta no aparelho, e anemômetros digitais, posicionados à altura aproximada de 1,50m do chão, afastados do corpo e de qualquer outro obstáculo, a essa mesma distância. Para a anotação da direção dos ventos predominantes, foi utilizada uma bússola.

Após a realização das medições, foram sistematizados os dados obtidos em planilhas Excel.

4. Simulações - Através do programa computacional Envi-Met versão 4.1, considerando os dados obtidos nas medições, foram realizadas simulações de desempenho térmico, especificamente a temperatura do ar e a umidade relativa do ar, de recintos no bairro das Graças. Utilizando um mapa-base obtido através do Google Earth, foi possível realizar a caracterização dos recintos urbanos em três dimensões (x,y,z), quanto ao tipo de revestimento do solo, morfologia urbana, altura dos edifícios e tipos de vegetação. Buscando evidenciar o impacto das especificidades do ambiente construído sobre o comportamento dessas variáveis, foram realizadas simulações de possíveis alterações nas características do espaço urbano, como acréscimo ou retirada de vegetação arbórea e mudança nos materiais de pavimentação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

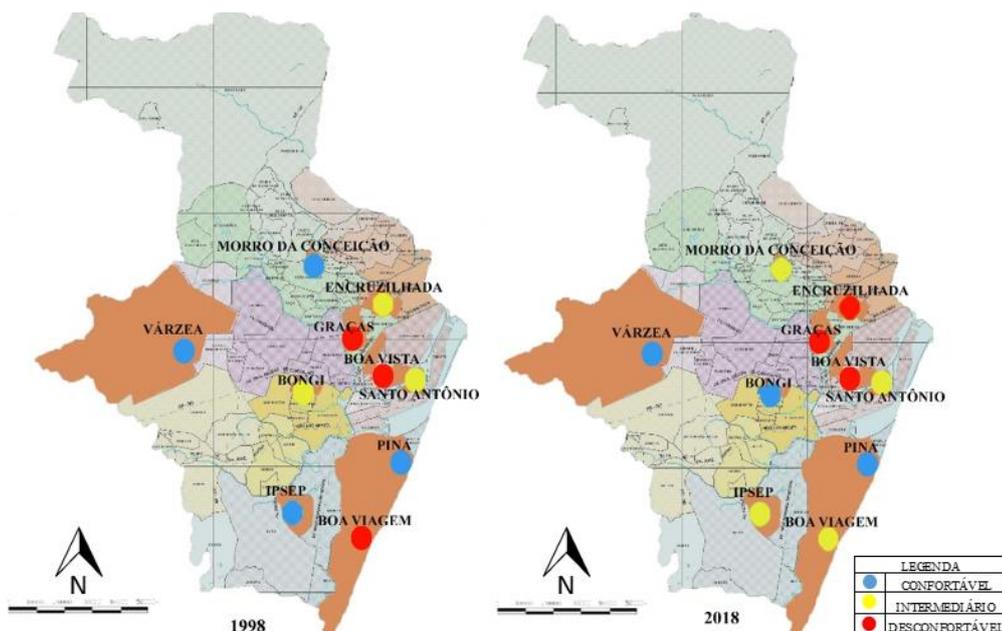
Foram comparados valores de duas pesquisas realizadas pelo Laboratório de Conforto Ambiental da UFPE (Quadro 1 e Figura 1). A primeira, realizada em 1998, analisou os diversos microclimas nos recintos urbanos do Recife, tendo como base a utilização de medições de variáveis climáticas e a análise da influência dos elementos que conformam o espaço urbano sobre essas variáveis. Passados 20 anos desde a primeira pesquisa, observar as mudanças ocorridas no tecido urbano da cidade e os seus impactos sobre os elementos climáticos é de grande importância para o embasamento das novas gestões do planejamento urbano e o estabelecimento de diretrizes que considerem nos projetos arquitetônicos e urbanos conceitos de conforto ambiental.

Quadro 1 – Média dos elementos climáticos em Recife, em setembro de 1998 e setembro de 2018

MÉDIA DE ELEMENTOS CLIMÁTICOS AMBIENTAIS EM RECIFE -			
LOCAL	SETEMBRO DE 1998	SETEMBRO DE 2018	COMPARAÇÃO ENTRE SETEMBRO DE 1998 E SETEMBRO 2018
	ELEMENTOS CLIMÁTICOS AMBIENTAIS	ELEMENTOS CLIMÁTICOS AMBIENTAIS	
(Pontos Específicos)	Acúmulo de calor (°C)	Acúmulo de calor (°C)	Diferença em valores absolutos
	Em relação à Estação Met. Convencional	Em relação à Estação Met. Convencional	
Pina	-1,4	-0,6	0,8
Boa Viagem	0,9	0,8	-0,1
Ipsep	0,1	0,3	0,2
Bongi	-0,1	-0,9	0,8
Várzea	-0,5	-0,7	0,2
Santo Antônio	-0,1	0,8	0,9
Boa Vista	0,4	1,2	0,8
Graças	0,6	1,4	0,8
Encruzilhada	0,5	1,1	0,6
Morro da Conceição	-0,6	0,8	1,4

Fonte: Elaborado por Lucas Silva, 2019

Figura 1 – A diversidade microclimática da Cidade do Recife, em 1998 e 2018



Fonte: Prefeitura do Recife. Elaborado por Lucas Silva, 2019

Salienta-se que a Estação Meteorológica Convencional se localiza em zona afastada das manchas urbanas, apresentando valores de temperatura, umidade relativa, direção e velocidade dos ventos, mais próximos ao natural. Os valores de acúmulo de calor são obtidos a partir da diferença entre os valores registrados na Estação Convencional e os valores coletados pelas medições em campo. Essa diferença ocorre devido aos fatores climáticos antrópicos, que modificam o ambiente e o comportamento dos elementos climáticos.

Ao analisar os dados, é perceptível um aumento geral nas temperaturas em quase todos os bairros analisados. Em 1998, apenas cinco bairros apresentavam acúmulo de calor em relação à Estação Meteorológica Convencional – Boa Viagem, Ipsep, Boa Vista, Graças e Encruzilhada, com Boa Viagem apresentando o aumento mais significativo, de 0,9°C. Já em 2018, sete recintos urbanos apresentaram médias de temperatura do ar acima do valor registrado na Estação Convencional, tendo, contudo, os bairros de Boa Viagem, Bongi e Várzea, diminuído seus valores em comparação com os de 1998, algo que pode ser consequência de variações locais ocorridas nos recintos analisados, tais como, aumento de vegetação na Praça do Bongi e a canalização de ventos em Boa Viagem. O aumento das médias de temperatura constatado nos bairros explica-se pelo aumento da densidade construída, pela diminuição do afastamento entre as edificações, pela diminuição de arborização urbana e pelo aumento dos fluxos viários intensificando-se o acúmulo de calor.

O processo de adensamento construtivo e a intensificação das atividades antrópicas contribuíram para o aumento das médias de temperatura em bairros como Encruzilhada e Pina, que viram seus horizontes serem obstruídos por torres nas últimas décadas, principalmente, na orla oceânica do bairro do Pina. A utilização de materiais pouco resilientes ao alto grau de insolação e ainda a pouca quantidade de arborização nos espaços livres, também agravaram o aumento no acúmulo de calor, especialmente no

bairro de Santo Antônio, que apresentou o maior aumento das médias de temperatura em relação a 1998, alcançando 0,9°C de diferença.

As medições das variáveis climáticas ocorreram nos períodos manhã e tarde, aproximadamente às 09h e às 15h, entre os meses de abril e maio de 2019, para cada um dos nove pontos selecionados, no bairro das Graças, em função da diversidade.

O bairro das Graças (Figura 2 e Quadro 2) apresentou temperatura do ar média de 32°C, tendo 1,9°C de acúmulo de calor quando comparado aos valores da Estação Meteorológica Convencional (30,1°C). O ponto de medição que apresentou a menor média de temperatura do ar no bairro localizou-se na Praça do Entroncamento, com 31°C. Esta praça é caracterizada pela presença agrupada de diversos indivíduos arbóreos de médio e de grande porte, alto percentual de solo natural e uma fonte no seu interior, especificidades essas que contribuíram para a temperatura do ar relativamente menor e o percentual de umidade relativa do ar maior que os demais pontos do bairro, indicando a relação de inversabilidade entre essas duas variáveis.

Figura 2 – Localização dos pontos de medição no bairro das Graças (A); Praça do Entroncamento (B); Avenida Rui Barbosa (C)



Fonte: A: ESIG. Elaborado por Lucas Silva, 2019; B e C: Google StreetView, acesso em: fevereiro de 2019

Quadro 2 – Média dos valores de elementos climáticos ambientais no bairro das Graças, Recife/PE - abril de 2019.

ELEMENTOS CLIMÁTICOS NO BAIRRO DAS GRAÇAS, RECIFE - ABRIL 2019						
Pontos	Local	Umidade Relativa (%)	Velocidade do vento (m/s)	Direção do vento (°)	Temperatura do ar (°C)	Acúmulo de Calor (°C)
1	Praça do Entroncamento	69,8	0,5	E	31,0	0,9
2	Cruzamento Av. Cons Rosa e Silva X R. da Hora	65,3	0,4	S	32,4	2,3
3	Cruzamento Av. Cons Rosa e Silva X R. do Espinheiro	66,3	0,8	S	31,8	1,7
4	Cruzamento Cons Av. Rosa e Silva X R. Amélia	66,0	1,0	NE	32,1	2,0
5	Cruzamento R. Amélia X R. Adalberto Camargo	64,8	0,7	NO	32,5	2,4
6	Cruzamento R. Amélia X Av. Rui Barbosa	67,6	0,7	NO	31,9	1,8
7	Cruzamento Av. Rui Barbosa X R. das Graças	69,1	0,5	SO	31,2	1,1
8	Cruzamento Av. Rui Barbosa X R. Conf. do Equador	62,7	0,5	S	33,5	3,4
9	Cruzamento Av. Rui Barbosa X R. das Creoulas	65,7	0,7	SO	32,2	2,1
Estação Convencional		75,5	1,3	N	30,1	

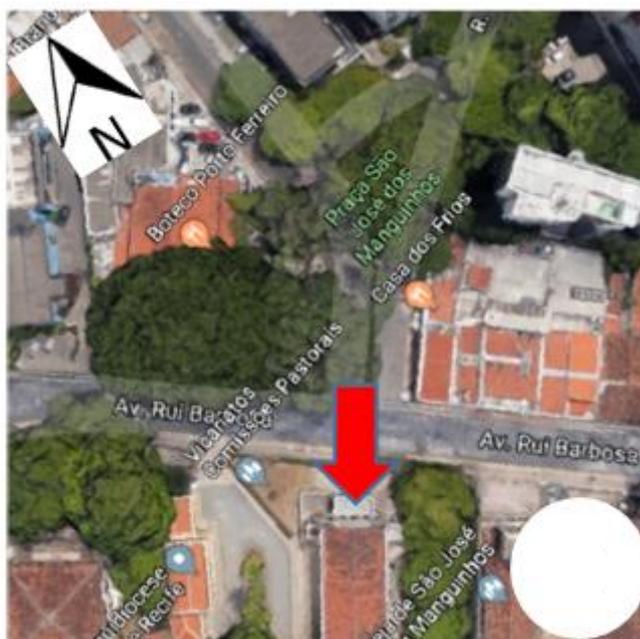
Fonte: Quadro elaborado por Lucas Silva, 2019

O ponto que registrou a maior média de temperatura do ar no bairro localizou-se no cruzamento da Avenida Rui Barbosa com a Rua Confederação do Equador. Chegando aos 33,5°C, ou seja, 3,4°C de acúmulo de calor, em comparação com a Estação Meteorológica Convencional do Inmet. Nesse ponto, registrou-se a menor média da umidade relativa do ar (62,7%) e a segunda menor média da velocidade dos ventos (0,5 m/s) do recorte, indicando a relação de inversabilidade entre as variáveis temperatura do ar e umidade relativa do ar, e temperatura do ar e velocidade dos ventos dominantes. A Avenida Rui Barbosa, caracteriza-se por possuir um grande fluxo de automóveis, pavimentação asfáltica, pouca quantidade de arborização, além disso, o ponto está cercado por prédios altos, de até 11 pavimentos. Ressalta-se a existência de massa arbórea na área limítrofe, se encontrando, porém, na parte interna dos lotes, não gerando sombreamento nas calçadas.

A partir dos dados obtidos por meio das medições, foram feitas simulações para avaliar a influência de fatores climáticos antrópicos sobre a formação de microclimas nos recintos estudados, visando ao diagnóstico de suas características, tanto positivas quanto negativas, para, a partir disso, subsidiar diretrizes que contribuam com o planejamento urbano e que assegure a sensação de bem-estar dos usuários. Para a realização das simulações, utilizou-se o programa Envi-Met, em sua versão 4.1 Lite, gratuita. Foram criados mapas que simularam o desempenho das variáveis temperatura do ar e umidade relativa do ar. Os mapas criados abarcaram as áreas limítrofes ao ponto de medição mais significativo no bairro, do ponto de vista do desconforto térmico, o cruzamento da Avenida Rui Barbosa com a Rua Confederação do Equador (Figura 3). Para a construção dos mapas foram inseridos os dados coletados nas medições, além de informações sobre as edificações, vegetação e tipo de solo. Informações relativas às edificações, como altura e revestimentos, não foram modificadas, tendo em vista as dificuldades em alterar um tecido urbano já consolidado.

Para a espacialização dos recintos estudados, foi criada uma malha de 49(x) x 49(y) pontos sobre a base dos mapas, que preencham 2m(x) x 2m (y) cada um. Na vertical, a malha possui 39 pontos equidistantes, com 3m cada, representando, aproximadamente, a altura de um pavimento das edificações. Essas medidas adotadas na realização das simulações se deram devido às limitações da versão gratuita do programa Envi-Met, que permite apenas malhas de 50x50x40.

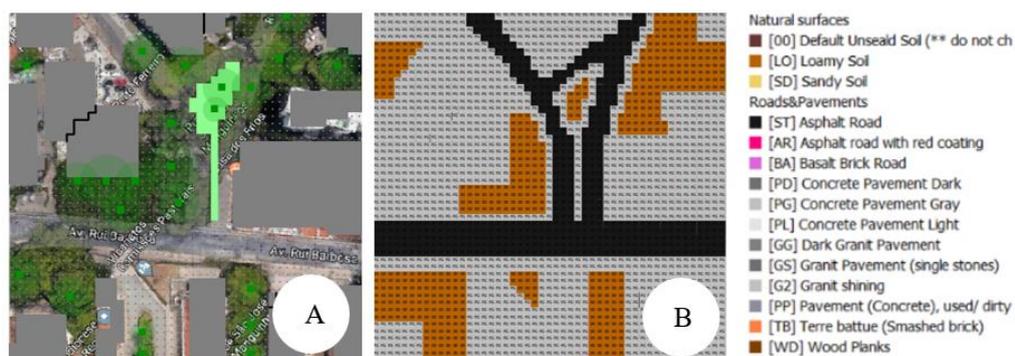
Figura 3 – Localização do ponto de medição no recorte para simulações de desempenho térmico, nas Graças



Fonte: Google Maps. Elaborado por Lucas Silva, 2019

No mapa de conformação real do recinto, foram inseridas as informações sobre a altura dos edifícios, que variava de 3 a 33m, indivíduos arbóreos de médio e grande porte concentrados, principalmente, no interior dos lotes, e as superfícies do solo que variaram em solo natural, concreto e asfalto (Figura 4).

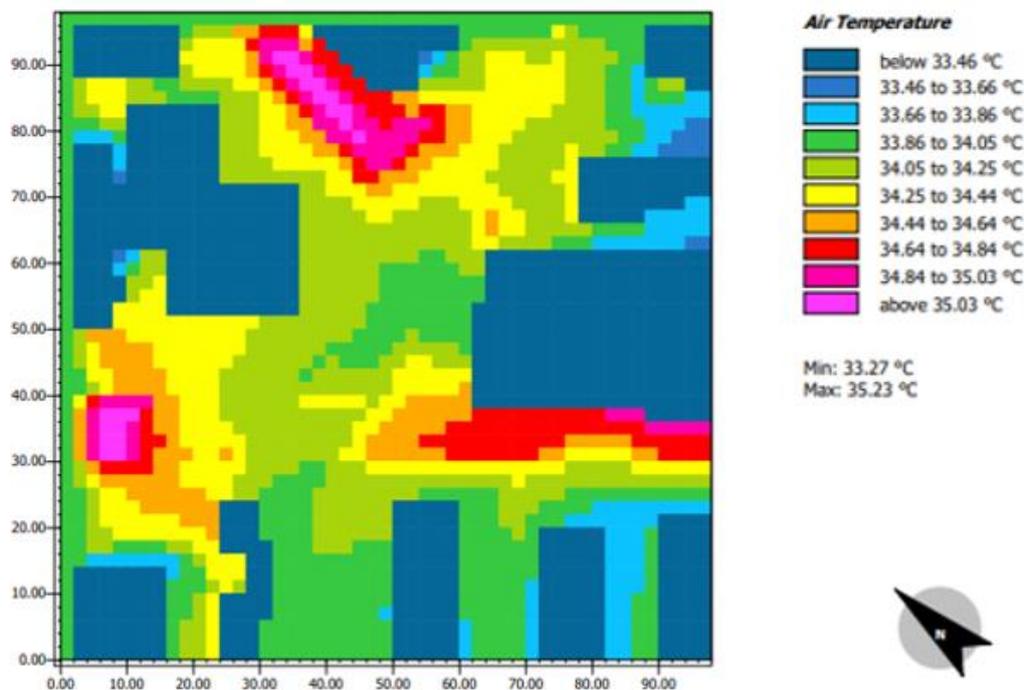
Figura 4 – Caracterização do recinto urbano real das Graças quanto a edificações, vegetação (A) e tipo de solo (B)



Fonte: Envi-Met. Elaborados por Lucas Silva, 2019

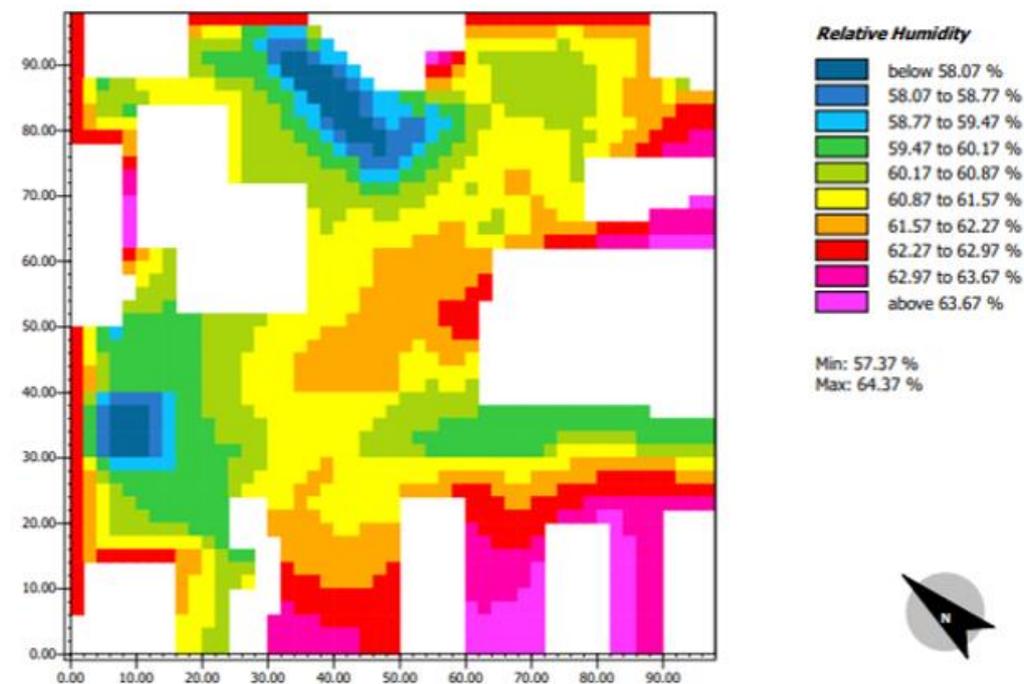
Os resultados obtidos através da simulação de temperatura do ar e umidade relativa do ar, a uma altura de 1,5m, a partir dos dados coletados nas medições no trecho do bairro das Graças, geraram os mapas a seguir (Figuras 5 e 6). Eles representam o desempenho térmico no recinto no dia 08 de abril de 2019, às 15h.

Figura 5 – Simulação de temperatura do ar em condições reais de trecho das Graças, às 15h, do dia 08 de abril de 2019



Fonte: Envi-Met. Elaborado por Lucas Silva, 2019

Figura 6 – Simulação de umidade relativa do ar em condições reais de trecho das Graças, às 15h, do dia 11 de abril de 2019.



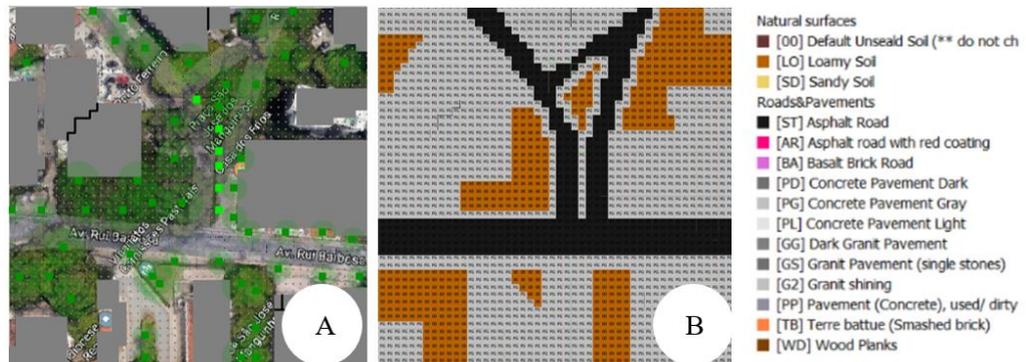
Fonte: Envi-Met. Elaborado por Lucas Silva, 2019

Na Figura 5, é perceptível a concentração das temperaturas mais elevadas em trechos da Avenida Rui Barbosa e nas imediações de um dos maiores prédios da área, que atua barrando o fluxo dos ventos. A falta de arborização nas ruas também influencia as altas

temperaturas apresentadas nos trechos. Quanto à umidade relativa do ar (Figura 6), os menores valores são encontrados no decorrer da via e no trecho do mapa, onde foram registradas as maiores temperaturas. É notório, também, a concentração dos altos percentuais de umidade no interior dos lotes, decorrente da presença de indivíduos arbóreos e das áreas de solo natural.

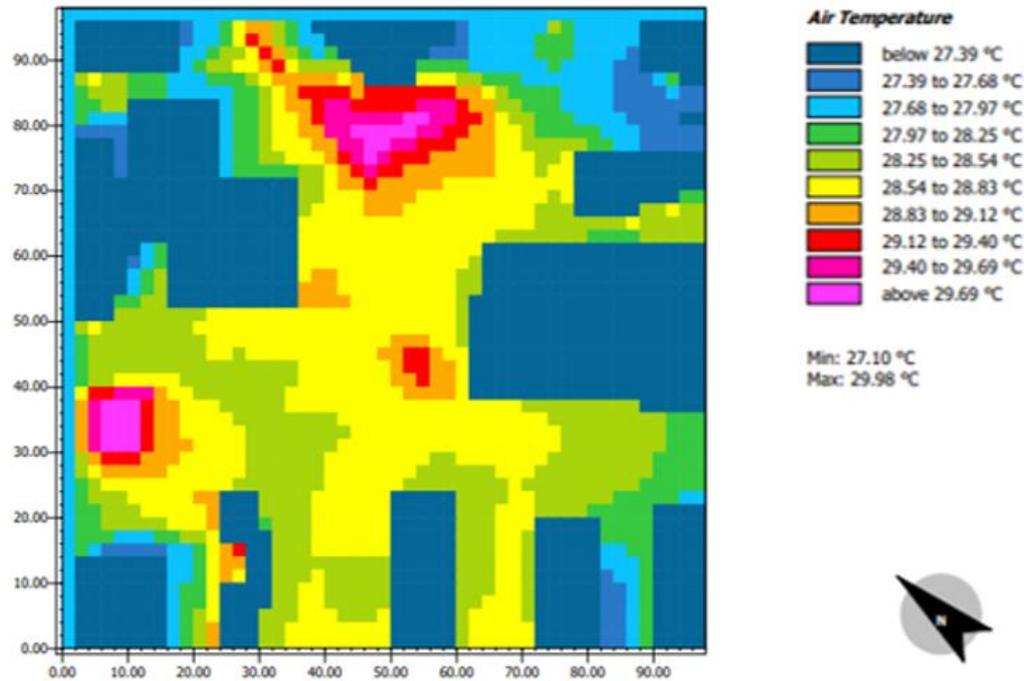
Para a simulação do comportamento dos elementos climáticos em função de alterações no espaço físico, foram adicionados indivíduos arbóreos nas calçadas e nos lotes, mantendo, entretanto, a caracterização da superfície do solo sem alterações (Figura 7). Os dados inseridos no programa Envi-Met foram o período de duração da simulação e os dados das medições coletados *in loco*, variando apenas quanto à presença de nova massa vegetal no recinto. Foram gerados, assim, dois mapas de desempenho térmico, um de temperatura do ar (Figura 8) e outro de umidade relativa do ar (Figura 9).

Figura 7 – Caracterização do recinto urbano modificado das Graças quanto às edificações e vegetação (A) e ao tipo de solo (B)



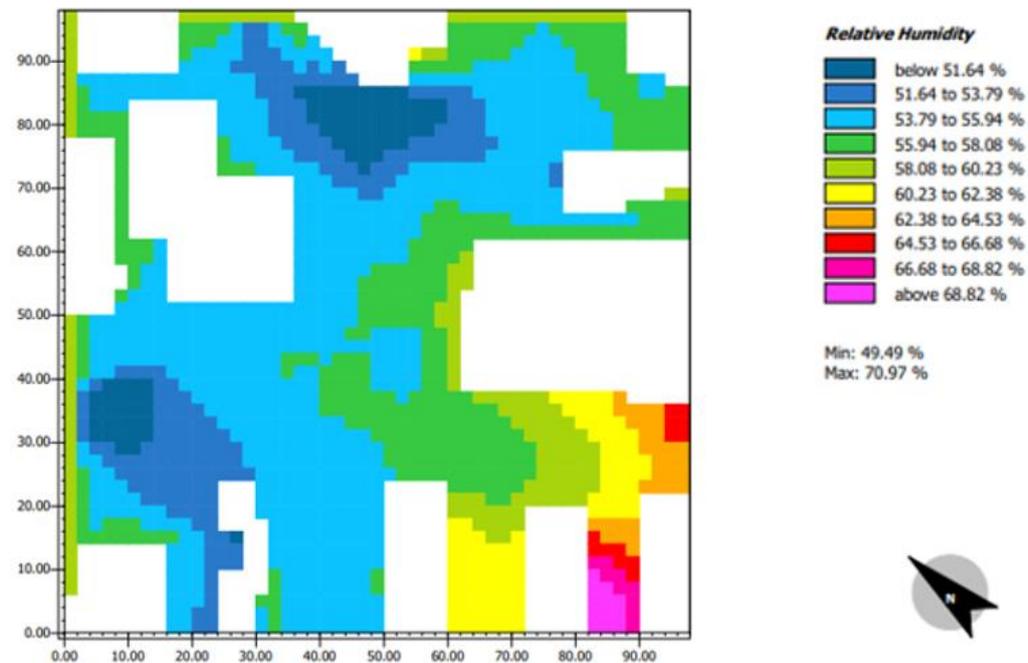
Fonte: Envi-Met. Elaborados por Lucas Silva, 2019

Figura 8 – Simulação de temperatura do ar com o acréscimo de vegetação em trecho das Graças, às 15h, do dia 08 de abril de 2019



Fonte: Envi-Met. Elaborado por Lucas Silva, 2019

Figura 9 – Simulação de umidade relativa do ar com o acréscimo de vegetação em trecho das Graças, às 15h, do dia 08 de abril de 2019

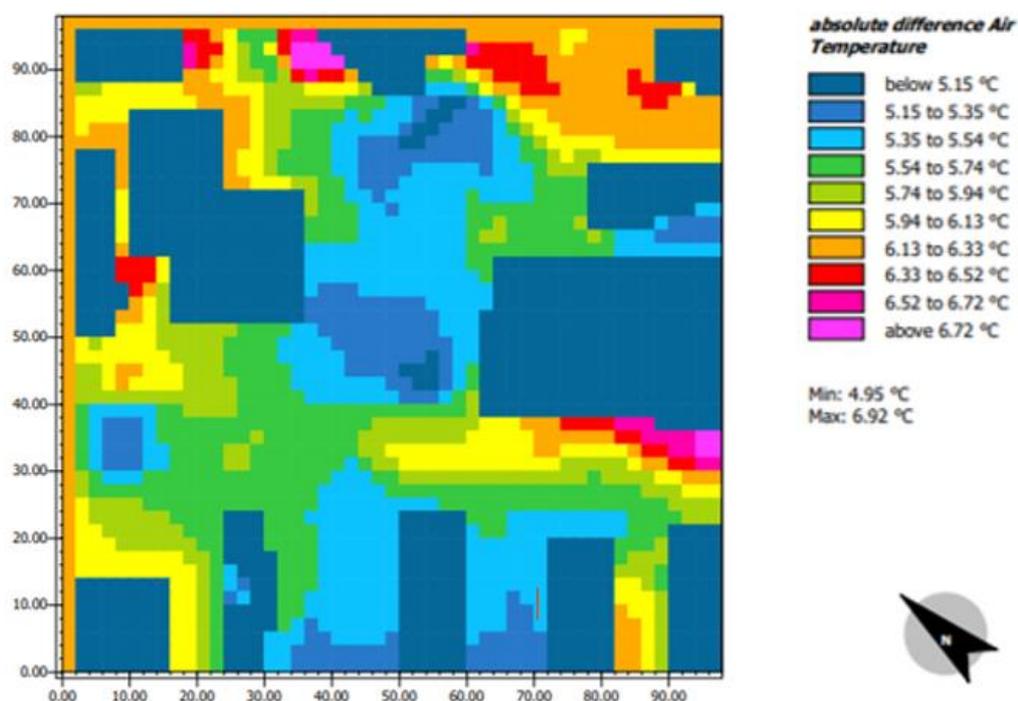


Fonte: Envi-Met. Elaborado por Lucas Silva, 2019

Pode-se observar, na Figura 8, a diminuição da temperatura do recinto com o acréscimo de vegetação arbórea, alcançando 29,69°C, ante os 35,03°C do mapa sem modificações. As mais altas temperaturas registradas na simulação continuam nos trechos correspondentes à Avenida Rui Barbosa, e a nordeste, numa área onde o

adensamento construtivo dificulta o fluxo de ventos e que, à hora da realização da simulação, não recebe sombreamento efetivo. Os resultados obtidos ressaltam um aumento na distribuição da umidade relativa do ar pela área, devido ao acréscimo da quantidade de vegetação arbórea. Os locais que apresentam os menores percentuais de umidade são, como já salientado, os que registraram a maior temperatura do ar. A consequência das modificações propostas para o recinto também é visível no mapa que compara a simulação real com a que contém o acréscimo de indivíduos (Figura 10). O mapa mostra uma diminuição de temperatura do ar, em valor absoluto, com alcance superior a 6,72°C em partes do recinto entre as duas simulações.

Figura 10 – Comparação entre a simulação de temperatura do ar em condições reais das Graças e com o acréscimo de vegetação, às 15h, do dia 08 de abril de 2019



Fonte: Envi-Met. Elaborado por Lucas Silva, 2019

CONCLUSÃO

Esse estudo constatou, em duas etapas, a importância da realização de pesquisas acerca da influência da morfologia urbana sobre os elementos climáticos na conformação de microclimas. Na etapa de medições das variáveis, que ocorreu em dez bairros pela cidade, foi possível constatar modificações decorrentes do processo de urbanização no comportamento dos elementos climáticos. O aumento do acúmulo de calor em bairros como o das Graças, que registrou 3,4°C de acúmulo em relação à estação Meteorológica Convencional, exemplifica o impacto que a morfologia urbana e as ações antrópicas têm sobre o aumento das temperaturas.

O acúmulo de calor foi constatado em sete dos dez pontos de medição (primeira fase da pesquisa), tendo os bairros de Encruzilhada, Boa Vista e Graças apresentado os maiores valores. Nesses bairros, o processo de urbanização caracterizado pela alta densidade construída, com pouco afastamento entre as edificações, verticalização e

pela pouca quantidade de arborização na maior parte das ruas contribuíram diretamente com o aumento das temperaturas e consequente acúmulo de calor. Com a realização das simulações, em recorte do bairro das Graças, foi possível salientar a relação entre os elementos climáticos e a conformação do espaço, tendo como base os resultados distintos obtidos a partir das mudanças propostas para a área. Adicionar vegetação no recorte das Graças, por exemplo, acarretou numa diminuição significativa da temperatura do ar, alcançando valores absolutos superiores a 6,72°C. Apesar do aumento dos valores da umidade relativa do ar apresentados no recorte, o ganho em função do efetivo sombreamento contribui consideravelmente com a promoção da sensação de conforto térmico, considerando-se que uma das premissas de se obter conforto termo ambiental em Recife é o sombreamento. Os resultados obtidos contribuem com a avaliação dos impactos das alterações no ambiente físico, considerando que as cidades estão em constante transformação. Esses resultados servem de base para traçar diretrizes para a gestão e o planejamento urbano e arquitetônico, a exemplo de arborização efetiva, aumento de área superficial de solo natural, minimização de materiais absorventes nas fachadas e nos muros, visando à qualidade dos espaços, de modo a contribuir com as sensações de bem-estar dos usuários sob o viés do conforto termo ambiental.

REFERÊNCIAS

- [1] ONU MEIO AMBIENTE. **ONU confirma que 2023 bate recorde de temperatura global** | As Nações Unidas no Brasil. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/257750-onu-confirma-que-2023-bate-recorde-de-temperatura-global#:~:text=A%20Organiza>>. Acesso em: 5 jul. 2024.
- [2] NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. ONU-Habitat: **População mundial será 68% urbana até 2050**. 16 mai. 2018. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/188520-onu-habitat-populacao-mundial-sera-68-urbana-ate-2050#:~:text=No%20ritmo%20atual%2C%20a%20estimativa,crescer%20para%2068%25%20at%C3%A9%202050>. Acesso em: 05 ago. 2024.
- [3] ROMERO, Marta. **Arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: UnB, 2001.
- [4] HERZOG, Cecília Poacow. **Cidades para todos: (re)aprendendo a conviver com a natureza**. Rio de Janeiro: Mauad x: Inverde, 2013.
- [5] FREITAS, Ruskin. **Entre mitos e limites: as possibilidades do adensamento construtivo face à qualidade no ambiente construído**. Recife: Ed. Da UFPE, 2008.
- [6] KATZSCHENER, L.; CHAO, R. Department of Architecture, CUHK – **Urban Climatic Map and Standards for Wind Environment** – Working Paper 1A: Draft Urban Climatic Analysis Map, 2009.
- [7] Sítio visitado: www.envi-met.com/
- [8] Sítio visitado: <https://portal.inmet.gov.br/>