NÍVEIS DE CALOR NO RIO DE JANEIRO: DESIGUALDADE TÉRMICA E O PROTOCOLO DE CALOR

HEAT LEVELS IN RIO DE JANEIRO AND THERMAL INEQUALITY

André Magno Neves [1]; Myrna Sophia dos Santos [2]; Natalia Barbosa Abdala [3]; André Lucas Oliveira dos Santos [4]; Pedro Marcelino da Silva de Sousa [5]; Carolina Hartmann Galeazzi [6].

[1]Graduando em Arquitetura e Urbanismo | andre.neves@fau.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil;
[2]Graduanda em Arquitetura e Urbanismo | myrna.aquino@fau.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil;
[3]Graduanda em Arquitetura e Urbanismo | natalia.abdala@fau.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil;
[4]Estudante do Ensino Médio | andrelosantos2009@gmail.com | CAp-UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil;
[5]Graduando em Arquitetura e Urbanismo | pedro.sousa@fau.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil;
[6]Doutora em Urbanismo | carolina.galeazzi@fau.ufrj.br | UFRJ | Rio de Janeiro, Brasil.

Resumo:
As intensas ondas de calor no Rio de Janeiro nos últimos anos têm deixado evidentes as desigualdades socioespaciais existentes na cidade. O presente estudo compara os índices de calor registrados pelas estações meteorológicas oficiais do sistema do Alerta Rio e por medições ao nível do pedestre, considerando características morfológicas e condições socioeconômicas dos pontos analisados. Foram coletados dados em nove bairros com diferentes características urbanas e indicadores sociais. Os resultados mostram que os índices de calor ao nível do pedestre são, de modo geral, mais altos do que os registrados pelas estações meteorológicas, com diferenças que chegam a 6 °C. Os bairros com maior arborização, como o Jardim Botânico, mostram-se com índices de calor mais baixos, mesmo em pontos pouco sombreados. A análise deixa clara a necessidade de aprimoramento dos protocolos oficiais de monitoramento térmico, especialmente no que diz respeito ao uso de dados mais próximos da experiência real da população. Além disso, os resultados apontam para uma relação clara entre variáveis socioespaciais e os níveis de calor sentidos no ambiente urbano, reforçando a importância de considerá-las no planejamento urbano.

Palavras-chave:
Índice de calor; Ondas de calor; Conforto térmico; Saúde; Planejamento urbano.

Abstract:
The intense heat waves in Rio de Janeiro in recent years have highlighted the city's existing socio-spatial inequalities. This study compares heat index values recorded by official meteorological stations of the Alerta Rio system with those measured at pedestrian level, taking into account the morphological and socioeconomic characteristics of the analyzed areas. Data were collected in nine neighborhoods with varying urban features and social indicators. The results show that pedestrian-level heat indices are generally higher than those recorded by meteorological stations, with differences reaching up to 6 °C. Neighborhoods with greater tree coverage, such as Jardim Botânico, recorded lower heat indices, even in less shaded areas. The analysis underscores the need to improve official thermal monitoring protocols, particularly by incorporating data that reflect the actual, on-the-ground experience of the population. Moreover, the findings reveal a clear relationship between socio-spatial variables and the intensity of heat experienced in the urban environment, reinforcing the importance of integrating these variables into urban planning strategies.

Keywords:
Heat index; Heat waves; Thermal comfort; Health; Urban planning.

1. INTRODUÇÃO

O Rio de Janeiro tem enfrentado uma intensa onda de calor, com temperaturas que ultrapassaram os 40°C. Em 17 de fevereiro de 2025, o bairro de Guaratiba registrou 43,8°C, a maior temperatura em uma década (Royo, 2025). O protocolo de calor, que utiliza a metodologia de cálculo do índice de calor para divulgar a sensação térmica, alcançou 54,9°C, colocando a cidade em alerta. Quando esse índice ultrapassa os 50°C, a situação é considerada extrema e traz sérios riscos à saúde da população. Em janeiro deste ano, cerca de 3.000 pessoas precisaram de atendimento médico devido às altas temperaturas, segundo o secretário municipal de Saúde, Daniel Soranz (Soranz, 2025).

O caso de exaustão térmica que resultou na morte de uma jovem durante um show de Taylor Swift, em 2023, motivou a Prefeitura do Rio a criar um protocolo de enfrentamento ao calor extremo, o que se pode considerar um grande avanço no planejamento de adaptação às mudanças climáticas e eventos extremos ligados ao calor. Este protocolo visa alertar a população sobre os riscos do calor intenso e definir ações para mitigar os danos à saúde. Para isso, é feito um cálculo de índice de calor a partir de dados de temperatura e umidade relativa do ar, medidos em sete bairros da cidade pelo Centro de Operações do Rio de Janeiro (COR), que tem a missão de monitorar informações sobre a cidade a partir de câmeras e sensores, entre elas dados meteorológicos, cujos registos em tempo real são divulgados pelo sítio *web* do Alerta Rio (Sistema Alerta Rio, 2024). A fórmula do Índice de Calor não leva em consideração a atuação do vento nem da radiação na sensação térmica, considerando uma pessoa localizada na sombra.

No entanto, as sete estações não representam a realidade de todos os 163 bairros cariocas e a influência da forma urbana e das ilhas de calor na intensificação dos dados coletados no nível das estações meteorológicas do COR, que ficam a 10 metros de distância do solo. Ainda, os bairros das estações são tomados como referência pela mídia, quando a maioria dos bairros não são apresentados por não possuírem estações meteorológicas e, portanto, não possuem dados diários que possam ser comparados.

Por conseguinte, o objetivo deste trabalho é discutir a aplicação do Protocolo de Calor da cidade através da comparação dos dados de índice de calor das estações meteorológicas e diferentes situações morfológicas no nível do pedestre. Inicialmente, o índice de calor no nível do pedestre foi comparado ao índice de calor calculado pela sua estação meteorológica em três bairros. Posteriormente, o foco foi direcionado para os bairros da Zona Norte, que corresponde à Área de Planejamento 3 (AP3), pois, conforme a análise de mapas de temperatura de superfície da cidade, há uma maior exposição de calor nesta região, além de possuir a maior parcela da população carioca e de constituir ambiente urbano de médio a alto adensamento construído.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. DESAFIOS PARA A SAÚDE E MEDIDAS DE PREVENÇÃO PARA A POPULAÇÃO

O ano de 2023 entrou para a história como o mais quente desde 1850, com ondas de calor intensas que bateram recordes globais de temperatura (Copernicus Climate Change Service, 2023). O calor continuou a surpreender em 2024, com os meses de abril, junho e agosto também registrando as maiores temperaturas já observadas (Copernicus Climate Change Service, 2024a, 2024b). No Rio de Janeiro, além das altas temperaturas no verão, o inverno de 2023 também foi marcado por temperaturas acima da média (Prefeitura do Rio, 2024). No dia 17 de fevereiro de 2025, a estação meteorológica de Guaratiba, na zona oeste, registrou máxima de 43,8°C de temperatura do ar. O índice de calor chegou a 54,9°C nesse bairro. Outros pontos da cidade, como Irajá e Jardim Botânico, também tiveram índices de calor elevados com 42,3°C e 41,6°C, respectivamente.

O Protocolo de Calor da Prefeitura do Rio estabelece cinco níveis de alerta, variando de "sem risco" a "risco extremo". O Nível 1 (NC1) é considerado normal, enquanto o Nível 2 (NC2) e Nível 3 (NC3) indicam a necessidade de atenção com os índices de calor entre 36°C e 40°C. Já o Nível 4 (NC4),

que foi ativado em Guaratiba, alerta para a presença de temperaturas entre 40°C e 44°C e exige adaptações na rotina da população. O Nível 5 (NC5), o mais crítico, é acionado quando as temperaturas superam os 44°C por pelo menos três dias consecutivos, recomendando até a interrupção de atividades de risco. No dia 17 de fevereiro, o NC4 foi ativado pela primeira vez, apesar do índice de calor indicar maior gravidade naquele bairro.

Com relação ao Índice de calor, NC2 e NC3 estão vinculados à necessidade de atenção redobrada (32°C a 42°C), em que câimbras e exaustão em função do calor são possíveis e podem evoluir para insolação em caso de exposição prolongada. Já NC4, por outro lado, vincula-se a uma situação de perigo, onde cãibras por calor e exaustão pelo calor são prováveis; insolação é provável com a continuação da exposição. Por último, NC5 corresponde a perigo (entre 41°C e 54°C), em que cãibras e exaustão são muito prováveis e perigo extremo (acima de 54°C), e em que a insolação é iminente (National Weather Service, 2025)

Segundo Floss e Barros (2022), o nosso hipotálamo, região cerebral que regula a temperatura do corpo, começa a colapsar quando as temperaturas do ar atingem níveis muito elevados. O estresse e exaustão por calor e a insolação ocorrem quando o calor sobrecarrega a resposta termorreguladora e a homeostase do corpo.Os fatores de risco para qualquer doença relacionada ao calor afetam com maior frequência crianças e idosos, pacientes acamados e estão relacionados aos sistemas de ventilação natural ou ar-condicionado inadequado ou inexistente, falta de acesso à água potável, moradias insalubres e ausência de condições de saneamento adequadas. Agricultores, atletas, bombeiros, trabalhadores da construção civil, varredores, pessoas em situação de rua ou com doença mental também são mais vulneráveis, por exercerem atividades que exigem exercícios físicos extenuantes em ambientes quentes e/ou úmidos ou viverem em condições degradadas (Gauer *et al.,* 2019).

O calor extremo pode ser particularmente perigoso para idosos, colocando-os em maior risco de insolação, quando o corpo aquece a temperaturas acima de 40°C, e morte. Ainda, estudos indicam que pessoas que vivem em áreas com temperaturas acima de 32°C por mais de 140 dias podem ter o DNA quimicamente modificado e ter seu envelhecimento biológico acelerado (Ravindranath, 2025).

A Prefeitura do Rio, ao declarar o Nível 4 de alerta, tomou medidas de precaução, como a abertura de 58 unidades de resfriamento, incluindo Naves do Conhecimento, parques municipais e vilas olímpicas. Além disso, a população foi orientada a aumentar a ingestão de líquidos, usar roupas leves e evitar a exposição direta ao sol durante os horários mais quentes. Porém, pergunta-se: o NC5 não foi acionado porque indicava interrupção de atividades de risco?

À medida que as ondas de calor aumentam ao redor do mundo, os governos e as organizações internacionais de saúde, como a Organização Mundial de Saúde, recomendam medidas universais para prevenção do estresse térmico: manter-se hidratado, evitar a exposição direta ao sol durante as horas de pico e limitar o esforço físico, especialmente durante o dia. No entanto, padrões de desigualdade e vulnerabilidade social impedem que muitos sigam essas simples recomendações, devido à exclusão social e deficiências na infraestrutura das cidades.

3. METODOLOGIA

As ondas de calor e a sua intensificação a partir das ilhas de calor são analisadas, neste trabalho, a partir de medições de temperatura e umidade relativa do ar, o cálculo de índice de calor, a comparação entre os dados e sua relação com o protocolo de calor. Foram selecionados quatro pontos de medição em cada bairro, com características morfológicas diferentes entre si: uma área aberta sem sombreamento, como um estacionamento ou grande via de circulação, denominado “espaço árido”; um parque ou outra área vegetada, denominado “espaço verde”; malha urbana característica do bairro em ponto sombreado; malha urbana característica do bairro não sombreada, conforme exemplifica a Figura 1 do bairro Irajá.

Primeiramente, os dados de três bairros que possuem estações meteorológicas foram levantados: Guaratiba (Zona Oeste, AP5), geralmente citado como “a pior sensação térmica”; Irajá (Zona Norte, AP3), que apresenta “temperaturas mais altas”; e Jardim Botânico (Zona Sul, AP2), que oferece “refúgio ao calor intenso”, segundo a mídia local. As medições em Guaratiba e Irajá foram feitas simultaneamente no dia 11 de novembro de 2024 enquanto, no Jardim Botânico, foram realizadas no dia 12 de dezembro do mesmo ano, nos mesmos horários. Posteriormente, medições entre os bairros localizados na Zona Norte foram realizadas, sendo eles: Bonsucesso, Madureira e Pavuna foram avaliados no dia 27 de março de 2025; Méier, Olaria e Vicente de Carvalho, medidos no dia 17 de abril de 2025.

A coleta de dados foi feita utilizando três aparelhos *dataloggers* (AK 174 e INS-1330), protegidos em abrigos feitos com tubos de PVC horizontal, conforme metodologia descrita em Souza (2016), e posicionados a uma altura média de 1,5 m do chão. Foram 4 medições, realizadas de 15 em 15 minutos a partir das 14hs, sendo 10 minutos de deslocamento e 5 minutos para estabilização do datalogger. Os dados foram comparados aos da estação meteorológica que também são medidos a cada 15 minutos. As medições foram realizadas no início da tarde, período do dia que geralmente apresenta temperaturas mais elevadas.

Após a medição, foi executado o cálculo de Índice de Calor segundo Steadman (1979), mesma metodologia adotada para os Níveis de Calor do Centro de Operações do Rio. Dessa maneira, os resultados foram comparados, de modo a analisar a influência da cobertura vegetal e da morfologia urbana local no entorno dos pontos de medição, através da sobreposição de informações como mapa de temperatura de superfície (2019), área vegetada, hidrografia e adensamento construtivo. Um resumo desta análise e a localização dos pontos são ilustrados na Figura 2.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1. O QUE DIZEM OS DADOS

As medições ao nível do pedestre, realizadas nos bairros de Guaratiba, Irajá e Jardim Botânico, apresentaram, em todos os casos, valores de Índice de Calor (IC) superiores aos registrados pelas respectivas estações meteorológicas locais no mesmo dia. Em Guaratiba, a maior diferença foi de 5,7 ºC: o IC medido em campo atingiu 32,3 ºC às 14h30, em um ponto da malha urbana sem sombra, enquanto, no mesmo momento, a estação meteorológica indicava 26,5 ºC. Situação semelhante ocorreu em Irajá, onde o IC máximo registrado foi de 35,0 ºC no ponto árido, em contraste com os 30,1 ºC da estação, uma diferença de aproximadamente 5 ºC. Ainda em Irajá, outros pontos do bairro apresentaram variações significativas, como na malha urbana sombreada, onde o IC foi de 30,3 ºC, ou seja, 4,7 ºC inferior ao do ponto árido, evidenciando a influência da morfologia urbana e da vegetação no conforto térmico ao nível do pedestre. No Jardim Botânico, a diferença foi menor: o IC ao nível do pedestre chegou a 28,6 ºC na malha urbana não sombreada, enquanto a estação meteorológica registrava 28,0 ºC às 15h00. A área arborizada apresentou o menor IC (26,8 ºC), 2 ºC abaixo do ponto mais crítico.

Em Irajá, as diferenças permaneceram entre 0,8°C e 3,3°C, dependendo da situação urbana. O índice de calor foi menor conforme as diferentes morfologias urbanas: o espaço árido teve o resultado mais elevado (35°C), seguido da praça (32,1°C) e depois da malha urbana não sombreada (30,3°C) e, por último, a área sombreada (30,1°C), conforme mostra a FIgura 1. A temperatura do ar foi diminuindo, mas a umidade do ar aumentou do espaço árido para a área mais densificada. Dois lugares de medição já se enquadrariam em “cuidado extremo”, se analisarmos os níveis de calor. O protocolo de calor da Prefeitura ainda não emitiria alerta considerando essas situações.

A estação meteorológica de Irajá se localiza no telhado de uma edificação bem próxima do local “árido”, primeiro ponto medido. Seus dados possuem influência deste local, e considerando também sua posição geográfica, possui uma das temperaturas mais altas entre as estações meteorológicas. No entanto, existem bairros que possuem situação geográfica mais desvantajosa por estar entre morros, como, por exemplo, Realengo, Bangu e Campo Grande, que se localizam entre Irajá e

Guaratiba, só que a sotavento das montanhas do Parque Estadual da Pedra Branca. Percebe-se igualmente, no gráfico da Figura 8, que os Índices de Calor das três estações meteorológicas estudadas ficam abaixo das medições no nível do pedestre nos diferentes bairros e, neste dia, o índice de calor da estação do Jardim Botânico ficou acima da estação de Guaratiba.

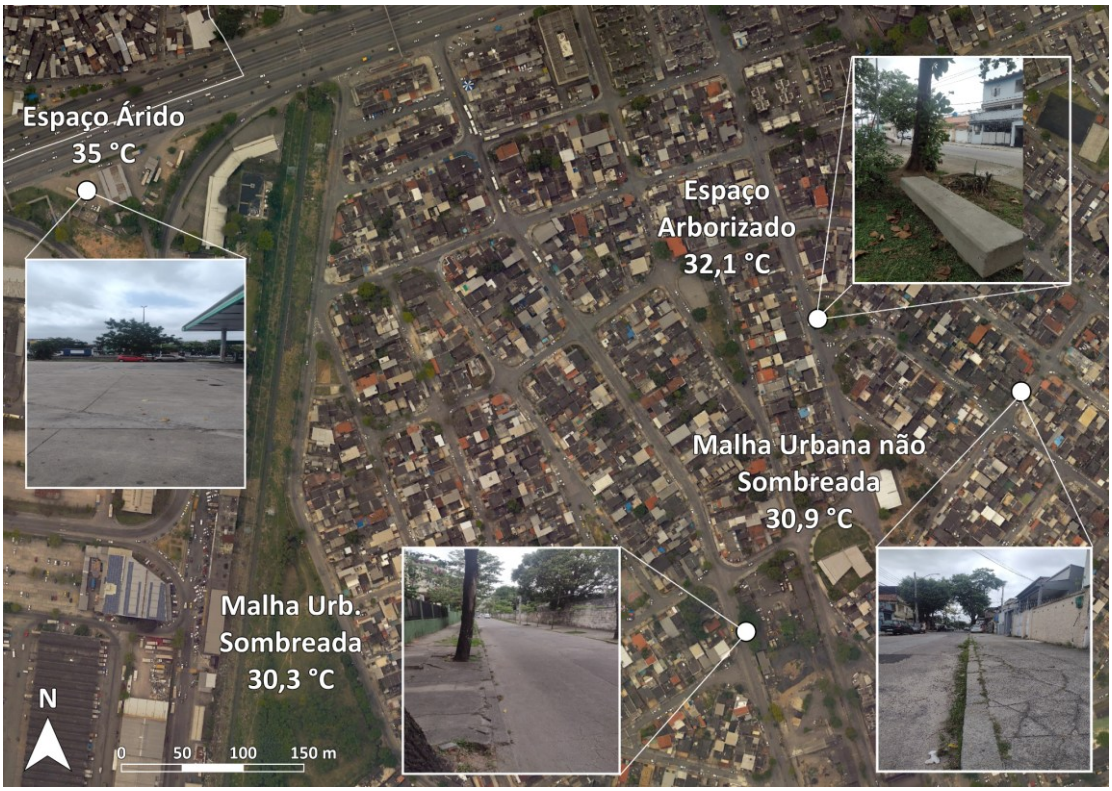


Figura 1: Malha urbana de Irajá e pontos mensurados. Fonte: autores (2025)

Os bairros de Bonsucesso, Madureira e Pavuna foram comparados com as estações meteorológicas mais próximas (São Cristóvão e Irajá), uma vez que não há estações localizadas nesses bairros. A Pavuna apresentou o maior Índice de Calor (IC) registrado entre todos os bairros analisados, com 39,1 ºC às 14h45, mesmo em área da malha urbana sombreada. A estação meteorológica de Irajá, situada a cerca de 5 km da Pavuna, registrava 36,6 ºC no mesmo horário. Bonsucesso e Madureira também apresentaram valores elevados nas medições em campo, de 36,3 ºC e 36,2 ºC, respectivamente. Em ambos os casos, os valores foram superiores aos registrados nos pontos sombreados da malha urbana, que apresentaram 35,7 ºC e 34,8 ºC. Esses dados reforçam a importância de se considerar as condições microclimáticas locais na avaliação da exposição da população ao calor extremo.

Em Vicente de Carvalho, Olaria e Méier, as medições revelaram novamente valores significativamente superiores aos observados nas estações meteorológicas mais próximas (São Cristóvão e Irajá). O maior IC foi registrado em Vicente de Carvalho, com 39,2 ºC às 15h00, em área da malha urbana não sombreada, representando uma diferença de 6 ºC em relação à estação de Irajá, localizada a 2,5 km do bairro, que indicava 33,2 ºC no mesmo horário. No Méier, o IC atingiu 37,2 ºC, enquanto em Olaria foi de 35,4 ºC, sendo, em ambos os casos, valores superiores aos registrados pelas estações meteorológicas mais próximas.

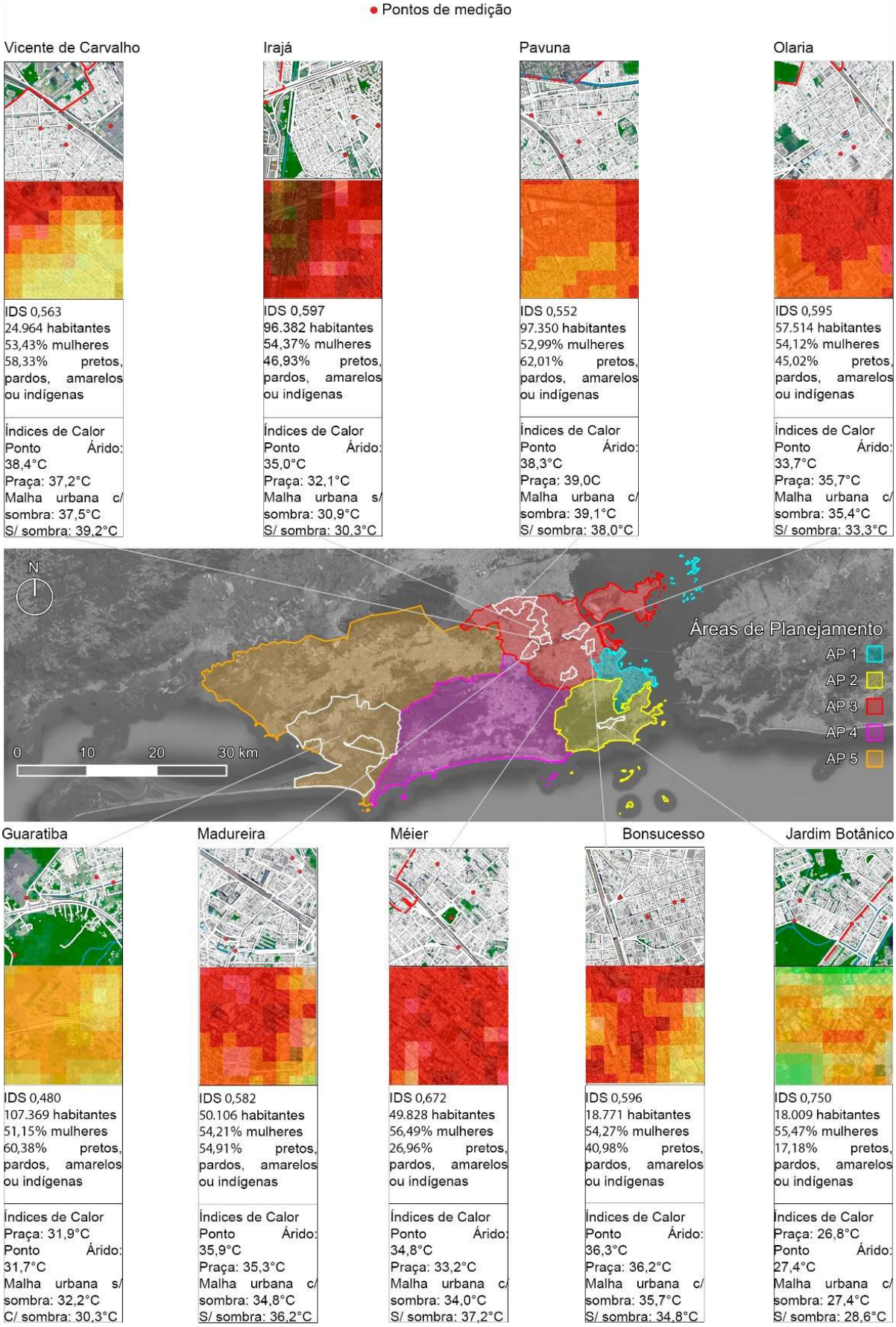


Figura 2: Localização dos bairros de medição e as diferentes áreas de planejamento (AP) da cidade do Rio de Janeiro. Fonte: autores (2025)

A análise dos resultados revela uma correlação entre os índices de calor mais elevados e os menores Índices de Desenvolvimento Social (IDS). Bairros como Guaratiba (IDS 0,480), Pavuna (0,552), Vicente de Carvalho (0,563), Madureira (0,582), Olaria (0,595), Bonsucesso (0,596) e Irajá (0,597) apresentam os menores IDS entre os analisados, todos abaixo de 0,600. O Méier, embora tenha apresentado um IDS mais elevado (0,672), também registrou índices de calor intensos nas medições em campo. Esses bairros, em sua maioria, caracterizam-se por alta densidade populacional, baixa arborização e grande presença de áreas impermeabilizadas, revestidas de concreto e asfalto — fatores que contribuem diretamente para o acúmulo de calor nos espaços públicos, intensificando o desconforto térmico ao nível do pedestre. São, ainda, bairros com maior percentual de população preta, parda, amarela e indígena; no caso de Guaratiba, mais de 60% da população se autodeclara não branca.

Em contraste com esses bairros, o Jardim Botânico, com IDS de 0,750 e presença significativa de áreas verdes, além da proximidade com a Floresta da Tijuca, apresentou os menores índices de calor medidos, mesmo nos pontos menos arborizados, e a menor diferença entre as medições em campo e os registros da estação meteorológica. Esses dados evidenciam como a vulnerabilidade ao calor extremo está intimamente ligada a desigualdades socioespaciais e raciais, confirmando o que já foi apontado por outros estudos (Duflo, 2024; Mazzone, 2024). Além disso, as discrepâncias observadas entre os valores registrados ao nível do pedestre e aqueles indicados pelas estações meteorológicas reforçam a subnotificação presente no atual protocolo de monitoramento do calor, o que pode levar à subestimação significativa da exposição real da população — sobretudo nas áreas periféricas e com menor infraestrutura.

Índice de calor	Umidade relativa do ar (%)															
Temperatura (°C)	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
42°C	45	47	50	54	57											
41°C	43	45	48	51	54	58										
40°C	41	43	46	48	51	55	59									
39°C	39	41	43	46	49	52	55	59								
38°C	38	39	41	43	46	49	52	55	59							
37°C	36	38	39	41	43	46	48	51	55	58	62					
36°C	35	36	38	39	41	43	45	48	51	54	58	61				
35°C	34	35	36	37	39	41	43	45	48	50	53	57	60			
34°C	32	33	34	35	37	38	40	42	44	47	49	52	55	58	62	
33°C	31	32	33	34	35	36	38	39	41	43	46	48	51	54	57	60
32°C	30	31	31	32	33	34	36	37	39	40	42	44	47	49	51	54
31°C	29	30	30	31	32	33	34	35	36	38	39	41	43	45	47	49
30°C	28	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	38	39	41	42	44
29°C	28	28	28	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	37	39	40
28°C	27	27	27	28	28	28	29	29	30	31	31	32	33	34	35	36
27°C	26	26	27	27	27	27	28	28	28	29	29	30	30	31	32	33
26°C	25	25	26	26	26	26	27	27	27	27	27	28	28	28	28	28
25°C	24	24	24	25	25	25	25	25	25	25	25	26	26	26	26	26
24°C	23	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24	25	25	25	25	25

BM, PM, VCM, OM, MaM, MeM, IM, GM, JBM, IE, JBE, GE

Legenda
- Normal
- Atenção
- Atenção redobrada
- Perigo
- Perigo extremo

BM - Bonsucesso Medição
GM - Guaratiba Medição
GE - Guaratiba Estação
IM - Irajá Medição
IE - Irajá Estação
JBM - Jardim Botânico Medição
JBE - Jardim Botânico Estação
MeM - Madureira Medição
MeM - Méier Medição
OM - Olaria Medição
PM - Pavuna Medição
VCM - Vicente de Carvalho Medição

Figura 3: Distribuição dos maiores Índices de calor medidos nos diferentes bairros e de suas respectivas estações meteorológicas. Fonte: autores (2025)

Na Figura 3, pode-se observar a relação entre a temperatura e a umidade relativa do ar e seus níveis de periculosidade à saúde, considerando pessoas localizadas na sombra. Outro fator que não é considerado é o metabolismo dos indivíduos, responsável pela produção interna de calor no corpo dependendo da atividade exercida. As medições realizadas nos meses de novembro, dezembro, março e abril não estavam em situação de onda de calor, e já relacionavam níveis de atenção e de atenção redobrada nos diferentes pontos medidos no nível do pedestre. Nestes dias, o protocolo considerou situações normais ao analisar os dados das estações meteorológicas, mas na percepção do pedestre os níveis de calor alcançariam NC2 e NC3.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Enquanto bairros como o Jardim Botânico, geralmente localizados na Zona Sul e situados a barlavento do maciço da Tijuca, se destacam pela presença de áreas verdes e, consequentemente, temperaturas mais amenas, bairros da Zona Norte, como Irajá, estão a sotavento do mesmo maciço e enfrentam um cenário marcado por pouca arborização, o que agrava os efeitos das altas temperaturas. A carência de infraestrutura urbana e o acesso limitado à sombra e à água potável dificultam a adaptação da população durante ondas de calor. A escassez de áreas sombreadas, a baixa ventilação natural em ambientes urbanos densamente construídos e, ainda mais criticamente, dentro de residências com poucas aberturas, somada à precariedade do transporte público, intensificam as dificuldades enfrentadas, sobretudo pelas comunidades mais vulneráveis.

A predominância de superfícies impermeáveis, como concreto e asfalto, e a exposição direta das edificações ao sol nas áreas periféricas demandam uma abordagem mais estratégica. Enfrentar o calor extremo requer investimento em praças, parques, arborização urbana e climatização de espaços públicos, como escolas e meios de transporte. A expansão do saneamento básico e a oferta contínua de água potável também são fundamentais para proteger a saúde da população em períodos de calor intenso.

Com o aumento da frequência e intensidade das ondas de calor, torna-se essencial que as cidades adotem medidas mais eficazes de adaptação e prevenção, levando em conta as desigualdades sociais que limitam o acesso a condições adequadas de conforto térmico. Isso inclui a melhoria da infraestrutura urbana, o fortalecimento da capacidade de resposta dos serviços públicos durante eventos climáticos extremos. Medidas de adaptação climática e campanhas de conscientização sobre os riscos do calor extremo são urgentes.

A cidade precisa repensar seu planejamento urbano para que a população, especialmente nas áreas mais vulneráveis, possa circular por vias sombreadas e ter acesso a locais de alívio térmico. Isso implica igualmente em complexificar o levantamento de dados e o cálculo do índice de conforto térmico, como a Temperatura Fisiológica Equivalente (PET) e o Índice Climático Térmico Universal (UTCI) por exemplo, que consideram outras variáveis importantes para o conforto térmico como a radiação solar e ventilação.

O protocolo da Prefeitura do Rio tem papel importante na conscientização da população sobre as ondas de calor e nas orientações de curto prazo para prevenir agravos à saúde e óbitos relacionados ao calor extremo. No entanto, é fundamental que haja investimentos que garantam, em todas as regiões da cidade, adaptação dos diferentes bairros frente às condições climáticas cada vez mais severas a longo prazo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COPERNICUS CLIMATE CHANGE SERVICE (C3S). **2023 is the hottest year on record, with global temperatures close to the 1.5°C limit**. Copernicus, 2024. Disponível em: https://climate.copernicus.eu/copernicus-2023-hottest-year-record. Acesso em: 11 jun. 2024.

COPERNICUS CLIMATE CHANGE SERVICE (C3S). **Global temperature record streak continues – April 2024 was the hottest on record**. Copernicus, 7 maio 2024. Disponível em: https://climate.copernicus.eu/copernicus-global-temperature-record-streak-continues-april-2024-was-hottest-record. Acesso em: 11 jul. 2024.

COPERNICUS CLIMATE CHANGE SERVICE (C3S). **June 2024 marks 12th month of global temperature reaching 1.5°C above pre-industrial**. Copernicus, 4 jul. 2024. Disponível em: https://climate.copernicus.eu/copernicus-june-2024-marks-12th-month-global-temperature-reaching-15degc-above-pre-industrial. Acesso em: 11 jul. 2024.

DATA RIO. **Índice de Desenvolvimento Social (IDS) por Áreas de Planejamento (AP), Regiões de Planejamento (RP), Regiões Administrativas (RA), Bairros e Favelas do Município do Rio de Janeiro - 2010**. Disponível em: https://www.data.rio/documents/fa85ddc76a524380ad7fc60e3006ee97/about. Acesso em: 28 jan. 2025.

GALLAGHER, James. **O que é exaustão térmica, causa da morte de fã em show da Taylor Swift**. BBC News. 27 dezembro de 2023. Acesso em: 24 out. 2024.

GAUER, Robert; MEYERS, Bryce K. **Heat-Related Illnesses.** Carolina do Norte: Womack Army Medical Center, 2019. Disponível em: www.aafp.org/afp. Acesso em 21 mai. 2025.

GUAL, Juan Royo. **Río de Janeiro bate el récord de calor en una década: 44 grados y sin tregua a la vista**. El País, 19 fev. 2025. Disponível em: https://elpais.com/america/2025-02-19/rio-de-janeirobate-el-record-de-calor-en-una-decada-44-grados-y-sin-tregua-a-la-vista.html. Acesso em: 20 fev. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010.** Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: https://censo2010.ibge.gov.br. Acesso em: 29 jan. 2025.

JACINTHO, Caio; CYPRESTE, Judite; CATANDI, Patrícia. **Rio teve segundo inverno mais quente do ano.** 06 outubro 2023. Disponível em: https://www.dados.rio/post/setembro-deste-ano-foi-o-mais-quente-na-serie-historica. Acesso em: 11 jul. 2024.

MAZZONE, Antonella; DE CIAN, Enrica; DE PAULA, Elias; FERREIRA, Andreia; KHOSLA, Radhika. **Understanding thermal justice and systemic cooling poverty from the margins: intersectional perspectives from Rio de Janeiro**. *Local Environment*, v. 29, n. 8, p. 1026–1043, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1080/13549839.2024.2345610. Acesso em: 09 dez. 2024.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE METEOROLOGIA (OMM). **Guia de Instrumentos e Métodos de Observação Volume I – Medição de Variáveis Meteorológicas**. Genebra: OMM, 2023.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **Plano Diretor de Arborização Urbana**. 2015. Disponível em: https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4683370/4190252/PDAU.pdf. Acesso em: 27 out. 2024.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **Prefeitura detalha protocolo de enfrentamento ao calor extremo**. 2024. Disponível em: https://prefeitura.rio/saude/prefeitura-detalha-protocolo-de-enfrentamento-ao-calor-extremo/. Acesso em: 05 de dez. 2024.

SESC SÃO PAULO. **Palestra: Adaptação climática, Justiça climática, com Esther Duflo**. YouTube, 26 jun. 2024. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=rJr1BZlGqUU. Acesso em: 24 out. 2024.

SISTEMA ALERTA RIO. **Informações sobre o Sistema de Alerta de Chuvas da Prefeitura do Rio de Janeiro.** Disponível em: http://www.sistema-alerta-rio.com.br/institucional/quem-somos/. Acesso em: 24 out. 2024.

SISTEMA MUNICIPAL DE INFORMAÇÕES URBANAS (SIURB). **Censo Demográfico 2022 - População e domicílios por Bairros, RAs e APs.** Disponível em: https://siurb.rio/portal/apps/dashboards/3016a4ca511f478cb75e6cc512cbf4f4. Acesso em: 28 jan. 2025.

VALIN JR, Marcos de Oliveira; SANTOS, Flávia Maria de Moura; RIBEIRO, Karyn Ferreira Antunes; NOGUEIRA, Marta Cristina de Jesus Albuquerque; NOGUEIRA, José de Souza. **Análise da relação entre abrigos meteorológicos alternativos para pontos fixos e o comportamento de variáveis termo-higrométricas.** *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 18, p. 157-179, jul. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/305399207. Acesso em: 12 dez. 2024.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido com apoio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica.