

AO AR LIVRE E À PRÓPRIA SORTE: avaliação termohigrométrica e morfológica de espaços abertos vegetados em Fortaleza (Ceará)

OUT IN THE OPEN AND ON THEIR OWN: thermohygrometric and morphological assessment of vegetated urban spaces in Fortaleza (Ceará)

Junno Sales Albuquerque Rodrigues¹

RESUMO

Esta pesquisa realiza um estudo de caso sobre as condições de variabilidade termohigrométrica e o conforto térmico em dois espaços verdes urbanos de Fortaleza: uma horta urbana no bairro Lagoa Redonda e um terreno vegetado incidental no Instituto de Educação Física e Esportes da UFC. A análise envolveu a morfologia do entorno, o uso atual e parâmetros microclimáticos obtidos por sensoriamento remoto e medição em campo. Foram utilizadas imagens dos índices SAVI (Vegetação Ajustado do Solo) e TST (Temperatura da Superfície Terrestre), dados do satélite GOES 10, imagens de satélite e dados da plataforma “Fortaleza em Mapas”. Também foram coletados dados horários de temperatura do ar e umidade relativa, aplicando-se o índice de calor. Os resultados apontam que ambos os espaços apresentam uso informal, sem articulação com políticas públicas ambientais. O espaço incidental caracteriza-se como verde residual em área de alta densidade urbana, enquanto a horta compõe um corredor verde em zona de baixa densidade. A vegetação densa ao redor da horta atuou como regulador microclimático, estabilizando a umidade e reduzindo as amplitudes térmicas. Já a vegetação esparsa e o solo impermeável do espaço incidental intensificaram o desconforto térmico e higrométrico.

Palavras-chave: Variabilidade térmica, Conforto térmico; Sustentabilidade urbana; Planejamento ambiental urbano.

ABSTRACT

This case study analyzes thermohygrometric variability and thermal comfort in two green urban spaces in Fortaleza: an urban garden in Lagoa Redonda and an incidental vegetated plot at the UFC's Institute of Physical Education and Sports. The research examines surrounding morphology, land use, and microclimatic parameters obtained through remote sensing and field data. SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index) and LST (Land Surface Temperature), GOES 10 satellite data, and the “Fortaleza em Mapas” platform were used. Hourly air temperature and relative humidity data were collected and analyzed using the heat index. Results show that both sites are informally used and disconnected from environmental policies. The incidental space is a residual green area in a high-density zone, while the garden is part of a green corridor in a low-density area. Dense native vegetation around the garden served as a thermal and humidity regulator, stabilizing moisture and reducing heat peaks. In contrast, the incidental site's sparse vegetation and impermeable ground intensified thermal and hygrometric discomfort.

Keywords: Thermal variability, Thermal comfort; Urban sustainability; Urban environmental planning.

¹ Graduanda de Licenciatura em Geografia na Universidade Federal do Ceará (UFC) e membra voluntária do Laboratório de Climatologia e Estudos Ambientais da Universidade Federal do Ceará (CLIMAS).

Data de Submissão: 23/07/2025.

Data de aprovação: 05/08/2025.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o rápido crescimento das cidades e da população mundial alterou de forma significativa o balanço energético da superfície urbana. A substituição das coberturas naturais por superfícies artificiais e a emissão de calor antropogênico elevaram drasticamente as temperaturas locais (Landsberg, 1981; Oke, 1987), comprometendo a habitabilidade e o conforto térmico ao ar livre das cidades, como apontam Willbanks e Kates (1999) e Brown et al. (2015).

O possível caminho para a resolução desta crise pode estar na requalificação dos espaços que Stanley et al. (2012) define como a totalidade dos ambientes não edificadas, isto é, os Espaços Abertos Urbanos (EAUs). Os autores do estudo organizam os EAUs em dois grandes conjuntos de formas físico-ecológicas (verdes e cinzas) com base em sua cobertura, e sete tipos de espaços abertos segundo suas funções sociais.

Os espaços verdes englobam qualquer área ou estrutura vegetada, corpos d'água ou formações geológicas dentro de áreas urbanas. Já os espaços cinzas correspondem a espaços mais voltados ao uso cívico, como praças urbanas, mercados, áreas pavimentadas ou com paisagismo rígido (feitas de materiais como pedra, tijolo, madeira e concreto).

Do ponto de vista funcional, os sete tipos são: (1) áreas de produção de alimentos, como hortas e quintais produtivos; (2) parques e jardins, voltados ao lazer, contemplação ou exibição estética; (3) espaços recreativos, como campos de esporte e áreas de exercício; (4) praças, geralmente pavimentadas, que funcionam como locais de encontro, comércio e manifestações; (5) ruas, não apenas como vias de circulação, mas também como espaços sociais e econômicos; (6) instalações de transporte, como estacionamento, portos e terminais, onde há movimentação de pessoas e mercadorias; e (7) espaços incidentais, áreas residuais ou marginais que, apesar de não planejadas para usos específicos, podem ser apropriadas socialmente.

Esses tipos de espaços reforçam a proposta de Cruz (2019) sobre o estudo de áreas verdes e áreas livres, que destaca a necessidade de ir além de abordagens generalizantes e de incentivar pesquisas que avaliem o conforto térmico, associando-o às características qualitativas de cada local, com um foco em unidades menores.

No que tange ao calor, os principais receptores do calor urbano são os “espaços cinzas”. Esses EAUs tendem a reforçar o padrão de aquecimento urbano, apresentando altas temperaturas em razão de sua baixa capacidade de resfriamento, da predominância de superfícies impermeáveis, do uso de materiais escuros e da escassez de vegetação (Gartland, 2010).

Por outro lado, EAUs verdes oferecem melhorias na saúde, fortalecimento do convívio social, além de impactos positivos psicológicos e ambientais (Woolley, 2003). Dado que, eles estão ligados a melhores condições biometeorológicas, sombreamento, variedade de tipos de plantas, solo permeável e presença de água (Gill, 2006; Klemm et al., 2015; Uchida et al., 2009; Wong, 2008). Essas condições não surgem por acaso, mas resultam da forma como os espaços são projetados, geridos e utilizados, em conexão com as diferentes morfologias urbanas associadas, influenciando diretamente os padrões térmicos em microescala (Thompson, 2002; Qaid et al., 2016).

Em Fortaleza, alcançar plenamente essas condições é algo desigual. Parte dos EAUs verdes tem sido beneficiada por políticas de preservação que promovem ilhas de frescor, como exemplifica o Parque do Cocó (Lima Júnior, Ribeiro, Amorim, 2024; Lima Júnior, Gomes e Zanella, 2024). Outro projeto é o Parque Linear Raquel de Queiroz, feito com o objetivo de

preservar o patrimônio natural e paisagístico e assegurar o equilíbrio entre o espaço natural e o construído (Fortaleza, 2014). Ambos inseridos na Zona de Preservação Ambiental (ZPA) segundo o Plano Diretor Participativo de Fortaleza - PDP (Fortaleza, 2009).

Contudo, além dos setores formalmente protegidos, Fortaleza apresenta fragmentos de vegetação residual inseridos na Macrozona Urbana do PDP (Fortaleza, 2009). Esses espaços têm sido alvo de atenção pontual por meio de algumas Operações Urbanas Consorciadas (OUCs) em maioria na área leste da cidade (ver Anexo II), a exemplo das intervenções no Riacho Maceió (Fortaleza, 2000), Papicu (Fortaleza, 2011b), Dunas do Cocó (Fortaleza, 2004) e Sítio Tunga (Fortaleza, 2011a).

Ainda assim, o PDP sofreu o que Capasso e Pequeno (2021, p. 782) chamam de “falência seletiva”, onde permanece “a continuidade da exclusão territorial da população pobre, a redução paulatina de áreas de proteção ambiental e a ampliação do estoque imobiliário urbano subutilizado”. Atualmente, Fortaleza acumula demandas significativas por qualificação ambiental, a começar pelo incremento da arborização urbana, ainda marcada por índices insuficientes (Sampaio, 2019).

Por sua vez, espaços vegetados vazios, como era o caso do Parque Raquel de Queiroz (Fortaleza, 2020), mesmo oferecendo boas condições de conforto térmico e estando inseridos por toda a cidade (ver Anexo I), costumam ser subutilizados e acabam reforçando a sensação de insegurança pública (Nascimento, 2024).

No caso das hortas urbanas, a frágil implementação de programas como o Fortaleza 2040 e o Plano de Agricultura Urbana tem resultado em ações de efetividade ainda desigual. Muitos desses espaços permanecem desassistidos, desconsiderando-se, assim, seus impactos positivos nos aspectos ambiental, social e econômico (Santos, 2022; Fortaleza, 2024a).

Dessa forma, acredita-se que os EAUs verdes sejam fundamentais para a melhoria das condições microclimáticas urbanas, atuando como pontos estratégicos na mitigação dos efeitos do aquecimento urbano sobre a população. Mas, sua efetividade está diretamente relacionada à morfologia urbana e, por sua vez, às maneiras em como são gerenciados.

Assim, se utilizando de estudo de caso, o artigo buscou analisar a configuração do entorno, uso atual e parâmetros de variabilidade termohigrométrica e conforto térmico de dois EAUs verdes: uma horta urbana no bairro Lagoa Redonda e um terreno vegetado incidental localizado no Instituto de Educação Física e Esportes da Universidade Federal do Ceará.

Para alcançar esse objetivo, estão a seguir quatro etapas: avaliar os padrões de cobertura do solo do ponto e seu entorno e a função atual desses EAUs e; investigar a influência das condições climáticas, inclusive sistemas meteorológicos e ventilação; calcular índice de calor nesses espaços; e comparar como os elementos da ventilação, cobertura do solo, interagem nas condições microclimáticas observadas.

2. ÁREA DE ESTUDO

Fortaleza é a capital do estado do Ceará e faz parte da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF). Faz fronteira ao Norte com o Oceano Atlântico, ao Sul com Maracanaú, Pacatuba, Itaitinga e Eusébio, a Leste com Eusébio, Aquiraz e o Oceano Atlântico, e a Oeste com Caucaia e Maracanaú.

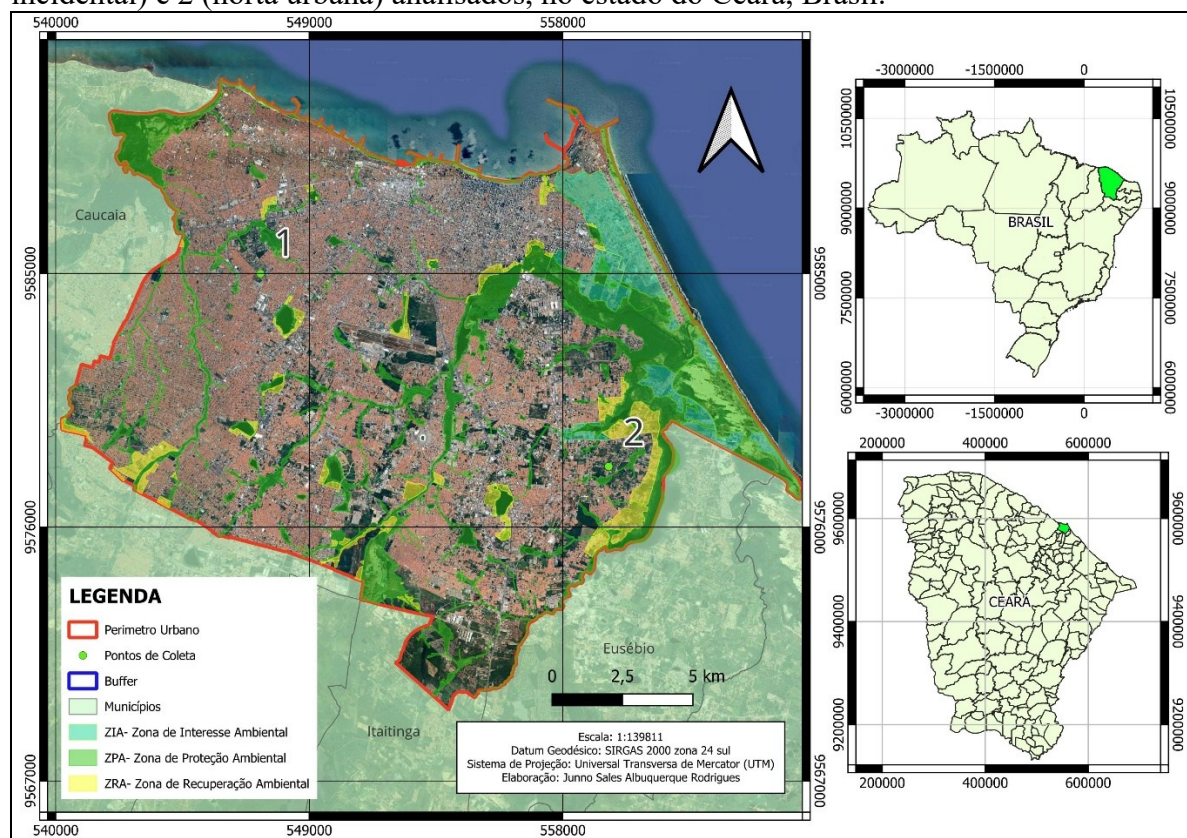
Está localizada na costa da Região Nordeste do Brasil, inserida em uma zona de clima tropical quente sub úmido, conforme classificação do IPECE (2017) e FUNCEME (2019), além de “Subúmido Úmido” segundo o índice de aridez do IPECE (2019).

A variabilidade climática da cidade é a precipitação, que define o tipo climático da região (Mendonça e Danni-Oliveira; 2007). O período chuvoso ocorre entre janeiro e maio, com média anual de precipitação de 1.130 mm (FUNCEME, 2017). A cidade experimenta

níveis elevados de umidade relativa do ar e é influenciada por ventos tanto em escala regional quanto local.

De acordo com a prévia do censo demográfico do ano de 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população do município de Fortaleza é de 2.428.678, sendo o município mais populoso da região nordeste e o 4º mais populoso do país. Segundo o IBGE, Fortaleza é a capital brasileira com a maior densidade demográfica do país, registrando em 2022 uma média de 7.775,43 habitantes por km² em uma área total de 312,35 km².

Figura 1 - Localização da cidade de Fortaleza, com a delimitação das Zonas da Macrozona Ambiental do Plano Diretor de 2009, além dos Pontos de Coleta de Dados (PCD) 1 (espaço incidental) e 2 (horta urbana) analisados, no estado do Ceará, Brasil.



Fonte: IBGE, 2021; Fortaleza, 2021, Fortaleza em Mapas. Elaboração: a autora (2025).

Esse expressivo contingente populacional resulta de processos migratórios históricos ocorridos no estado do Ceará, especialmente a partir da década de 1980, quando se intensificou a migração do campo para a cidade de Fortaleza, tendência que se manteve ao longo dos anos 1990 (Costa, 2007).

Em paralelo a esse processo, o município foi perdendo sua cobertura vegetal, que de acordo com Costa (2022), é o elemento mais modificado nesse período. Atualmente, Fortaleza apresenta 100% de seu território classificado como urbano, com ocupação predominante por edificações e lotes em praticamente toda a sua extensão, excetuando-se zonas de proteção ambiental e vazios urbanos.

Deste modo, o município enfrenta desafios históricos na provisão de espaços verdes, com distribuição desigual e concentração em regiões menos adensadas. Sobre esse fator, Costa (2022) mostra que bairros centrais e da região oeste e sudoeste possuem os menores índices de cobertura vegetal, enquanto a presença do Parque do Cocó influencia positivamente a região leste e sudeste.

Costa também observa que mesmo em bairros como Pici e Lagoa Redonda, que apresentam boa cobertura arbórea, muitas áreas verdes não são espaços públicos acessíveis para lazer, sendo a distância média até praças públicas de 650 metros, limitando seu uso pela população (Ver Anexos III e IV).

Convergindo com essa visão, Ferreira, Monteiro e Paula (2019) sustentaram que o adensamento populacional reduz não apenas a quantidade, mas também a conectividade entre os fragmentos verdes. Sampaio (2019) confirma essa disparidade ao comparar bairros como Salinas (com Índice de Vegetação Melhorado (EVI) de 0,564) e Cais do Porto (EVI 0,067), além de revelar que 18 bairros possuem praças sem qualquer predominância de vegetação.

Noutro plano, as hortas urbanas enfrentam desafios estruturais que comprometem sua sustentabilidade. Segundo Santos (2023), com base no Censo Agropecuário (2017), esses espaços produtivos sofrem maior pressão em terras ocupadas, emprestadas ou arrendadas do que em propriedades agrícolas próprias, revelando a precariedade jurídica que afeta os produtores urbanos. Essa fragilidade se agrava pela falta de políticas de apoio técnico e financeiro.

A insustentabilidade das práticas agrícolas em muitas hortas urbanas é outro obstáculo crítico. Estudos de campo na porção sudeste da cidade, citados por Santos (2023), identificaram que a maioria dos espaços analisados apresentava baixo desempenho agroecológico, com uso de agrotóxicos que ameaçam a qualidade do solo e dos recursos hídricos. Essas práticas não apenas degradam o meio ambiente, como também comprometem a viabilidade produtiva a longo prazo.

3. PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

Monteiro et al. (2023) apontam que a caracterização climática de espaços abertos é mais complexa devido à grande variedade de parâmetros envolvidos, como temperatura, umidade, velocidade e direção dos ventos, nebulosidade, condições meteorológicas e pressão atmosférica.

Nesse contexto, foi realizada uma caracterização atmosférica regional considerando os sistemas atmosféricos atuantes, a cobertura de nuvens e as condições predominantes durante o mês o no dia das medições (24 de maio de 2025), com base nos bancos de dados do INPE, FUNCEME e INMET.

Adotamos a metodologia de Pontos de Coleta de Dados (PCD), onde serão instalados sensores para medir a temperatura e a umidade do local analisado. Além disso, será utilizado um buffer de 400 m para avaliar a influência da morfologia urbana nas medições realizadas em campo, como ponto central dos PCDs. Optou-se por esse raio considerando o tempo médio de deslocamento a pé em áreas urbanas (~5 minutos), valor recomendado por diretrizes de acessibilidade e qualidade de vida urbana, conforme o UN-Habitat (2020).

Para a coleta de dados in situ, foram selecionados dois EAUs verdes (ver figura 1) com perfis distintos de uso, um sendo espaço vazio e outro uma horta urbana, representando regiões com maior e menor nível de urbanização, respectivamente. A seleção também considerou critérios como segurança e acessibilidade. O acesso ao segundo espaço foi viabilizado por meio de articulação com o Núcleo de Pesquisa e Extensão em Geografia da Alimentação (NUPEGA).

A caracterização da ventilação nos raios de estudo foi realizada a partir de dados modelados do Global Wind Atlas (GWA), referentes às alturas de 10 m e 100 m, os mais refinados de resolução espacial na plataforma, com base na série histórica de 2008 a 2017. Os dados do GWA foram filtrados para os entornos correspondentes aos buffers de estudo. Esses dados fazem parte de um conjunto estimado por meio de generalização, denominado “local wind climates” nas documentações da plataforma. As tabelas e gráficos extraídos do site estão

apresentados nas figuras 9 e 10 seguir. Não foi possível encontrar dados observados de vento na atmosfera inferior.

Os dados de altura das edificações utilizados neste estudo foram obtidos junto à base cartográfica da Prefeitura de Fortaleza. A visualização tridimensional foi elaborada pela autora, por meio do software QGIS, utilizando o complemento “Qgis2threejs”, que permite a renderização de modelos em 3D a partir de dados vetoriais.

Também foram utilizadas imagens de satélite do google satélite, interpretadas visualmente para identificar padrões de cobertura do solo relevantes, como ambientes vegetados, superfícies impermeabilizadas e zonas expostas. Os padrões encontrados serão comparados com os dados do SAVI e TST.

Para calcular os índices SAVI e TST foram utilizadas imagens de satélite do Landsat 8 e ao software QGIS versão 3.40.7 na sua calculadora raster. As bandas 4 (vermelho) e 5 (infravermelho próximo) foram empregadas no cálculo do SAVI, com fator de correção “L” em 0.5, com o objetivo de minimizar a interferência do solo exposto na análise da vegetação. O cálculo do SAVI é efetuado através da Equação:

$$SAVI = (NIR+RED+L)/(NIR-RED) \times (1+L)$$

Onde:

SAVI é o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo;

NIR é o valor de reflectância da banda do infravermelho próximo (banda 5 do Landsat 8

RED é o valor de reflectância da banda do vermelho (banda 4 do Landsat 8);

L é o fator de correção do solo, adotado como 0,5 para áreas com vegetação esparsa

Já a banda 10 foi utilizada para estimar a TST, a partir da emissão térmica da superfície. Posteriormente, os dados foram interpretados visualmente para identificar padrões de cobertura do solo relevantes, como ambientes vegetados, superfícies impermeabilizadas e zonas expostas e sua resposta térmica. O cálculo da TST é efetuado através da Equação:

$$L\lambda = ML \cdot Q_{cal} + AL - 273.15$$

Onde:

$L\lambda$ = Radiância espectral ($W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$)

ML = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda

Q_{cal} = Valor quantizado e calibrado do pixel em nível de cinza (DN) da banda 10

AL = Fator aditivo de redimensionamento da banda (0.1000)

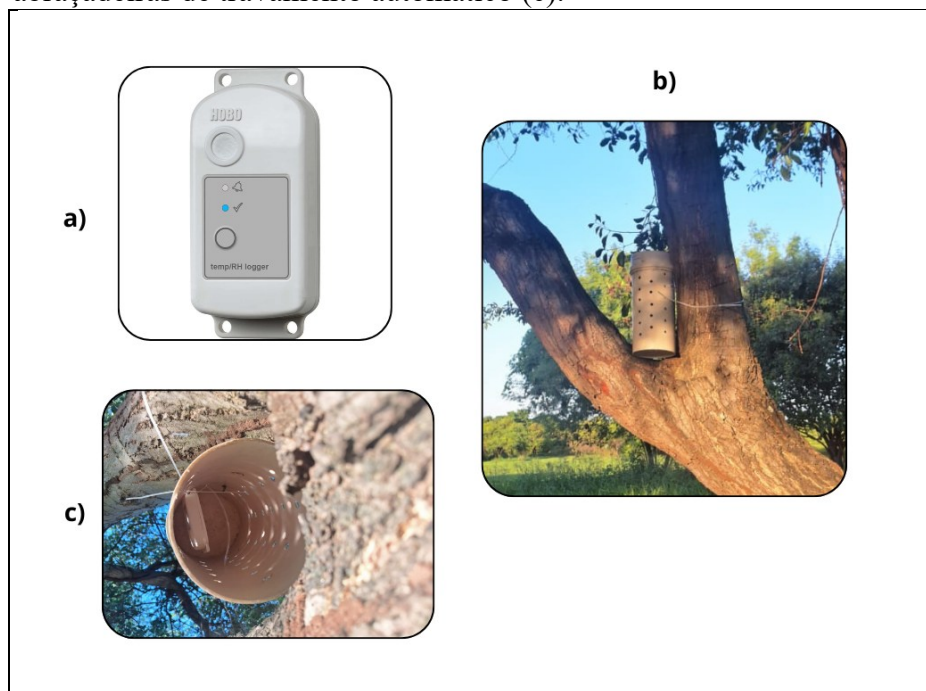
273.15 = Subtração do valor em Kelvin para converter em Celsius.

Para contornar a falta de imagens de 2025 no Landsat 8 e Google Satélite, foram utilizadas as opções disponíveis no período análogo. No caso do Landsat, foram utilizadas imagens de junho de 2024, preservando a coerência sazonal. Complementarmente, foram interpretadas imagens do Google Satélite referentes a julho de 2024.

O trabalho de campo foi realizado em dois dias (23 e 24 de maio/2025): no primeiro, foram feitas observações in situ e a instalação dos equipamentos; no segundo, procedeu-se à coleta dos dados. A coleta de dados foi realizada abrangendo a variação termo-higrométrica ao longo do período diurno. Para a coleta, os sensores foram configurados para registrar informações a cada 1 hora, com início às 6h e fim às 18h. As informações foram analisadas no Excel, com o uso de tabelas e gráficos.

Os equipamentos adotados para as medições são dois termo-higrômetros HOB0 MX2301A (ver figura 3), cada um equipado com sensores de temperatura e umidade integrados, além de uma memória interna para armazenamento de dados. Esses dispositivos foram escolhidos por sua disponibilidade e precisão, com uma margem de erro de $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$, conforme informações do fabricante, Onset.

Figura 3 – termo-higrômetros HOB0 MX2301A (a), abrigos de Policloreto de Vinila perfurados (b) e visão da instalação final com abraçadeiras de travamento automático (c).



Fonte: A autora, 2025.

De forma a assegurar a precisão das medições em ambientes externos, foi necessário utilizar abrigos que protegessem os sensores da radiação solar direta, vento e chuva, fatores que podem distorcer os resultados. Optou-se por abrigos de Policloreto de Vinila (PVC) perfurados, ambos confeccionados e disponibilizados pelo Laboratório de Climatologia e Estudos Ambientais da UFC. Estes abrigos, constituídos por tubos de PVC branco com furos na parte superior e inferior, permitem a circulação de ar e reduzem o efeito de aquecimento solar direto, além de protegerem contra a chuva e ventos fortes (Fialho e Celestino, 2017). Esses abrigos foram instalados a uma altura de 1,80 metros do solo.

Nesta pesquisa foi utilizado o Índice de Calor (IC). O IC foi desenvolvido pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), e é derivado de cálculos de regressão do balanço térmico humano e utiliza a temperatura do ar e a umidade relativa para determinar o nível de risco do calor à saúde e segurança pública. Esse índice foi calculado virtualmente por meio do site “Heat Index Calculator” da NOAA, segundo a fórmula, e interpretado à luz da adaptação dos intervalos de conforto para Fortaleza-CE (Pétalas, 2015) apresentados na figura 2.

$$\begin{aligned} \text{IC} = & 16,923 + [(1,85212 \times 10^{-1}) \times t_a] + (5,37941 \times \text{UR}) - [(1,00254 \times 10^{-1}) \times t_a \times \text{UR}] + \\ & [(9,41695 \times 10^{-3}) \times t_a^2] + [(7,28898 \times 10^{-3}) \times \text{UR}^2] + [(3,45372 \times 10^{-4}) \times t_a^2 \times \text{UR}] - \\ & [(8,14971 \times 10^{-4}) \times t_a \times \text{UR}^2] + [(1,02102 \times 10^{-5}) \times t_a^2 \times \text{UR}^2] - [(3,8646 \times 10^{-5}) \times t_a^3] + \\ & [(2,91583 \times 10^{-5}) \times \text{UR}^3] + [(1,42721 \times 10^{-6}) \times t_a^3 \times \text{UR}] + [(1,97483 \times 10^{-7}) \times t_a \times \text{UR}^3] - \end{aligned}$$

$$[(2,18429 \times 10^{-8}) \times ta^3 \times UR^2] + [(8,43296 \times 10^{-10}) \times ta^2 \times UR^3] - [(4,81975 \times 10^{-11}) \times ta^3 \times UR^3] \quad (1)$$

Onde:
 IC é o Índice de Calor
 UR é a umidade relativa do ar (%)
 ta é a temperatura de bulbo seco do ar

Figura 2- Classificação do Índice de Calor (IC) adaptada por Pétalas (2015) para Fortaleza-CE.

FAIXA DE CONFORTO	INDICE DE CALOR
DESCONFORTO (CALOR)	> 32,1°C
CONFORTÁVEL	29,3°C – 32,1°C
NÃO DESIGNADO	< 29,3°C

Fonte: A autora (2025), adaptado de Pétalas (2015, p. 152)

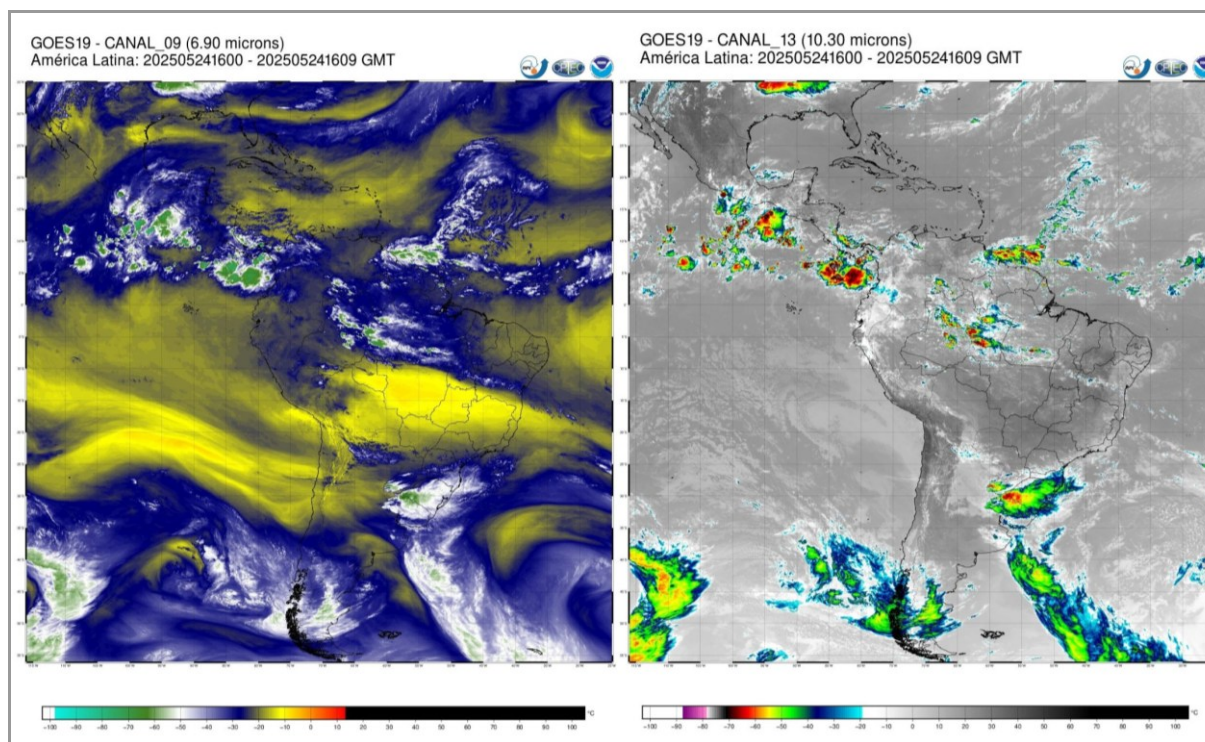
4. RESULTADOS

4.1 Caracterização Atmosférica Regional

As medições foram realizadas entre os dias 23 e 24 de maio de 2025, período que marca o final da quadra chuvosa em Fortaleza. A Figura 4 retrata uma dinâmica sazonal atípica dos sistemas atmosféricos atuantes na região Nordeste ao longo de 2025. Em maio, a análise da imagem do Canal 9 revela que grande parte do Nordeste brasileiro se encontrava sob a influência de ar relativamente úmido em altitude, indicado pelas tonalidades azuladas e amareladas predominantes na região.

Esse padrão atmosférico é atípico do final da quadra chuvosa e reflete a precoce desconfiguração dos fluxos úmidos associados à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que nestas datas já se encontrava mais ativa sobre o norte da Amazônia e o Atlântico equatorial. No entanto, no litoral norte do Nordeste e em áreas isoladas do sertão, observa-se a presença de borrões azulados, sinalizando uma certa concentração de umidade residual em níveis médios, possivelmente associada a instabilidades locais ou à borda sul da ZCIT.

Figura 4- Imagens do canal 9 (sensível ao vapor d’água na troposfera média) e 13 (infravermelho térmico) do Satélite GOES-19 na Região Nordeste no dia 24 de maio.



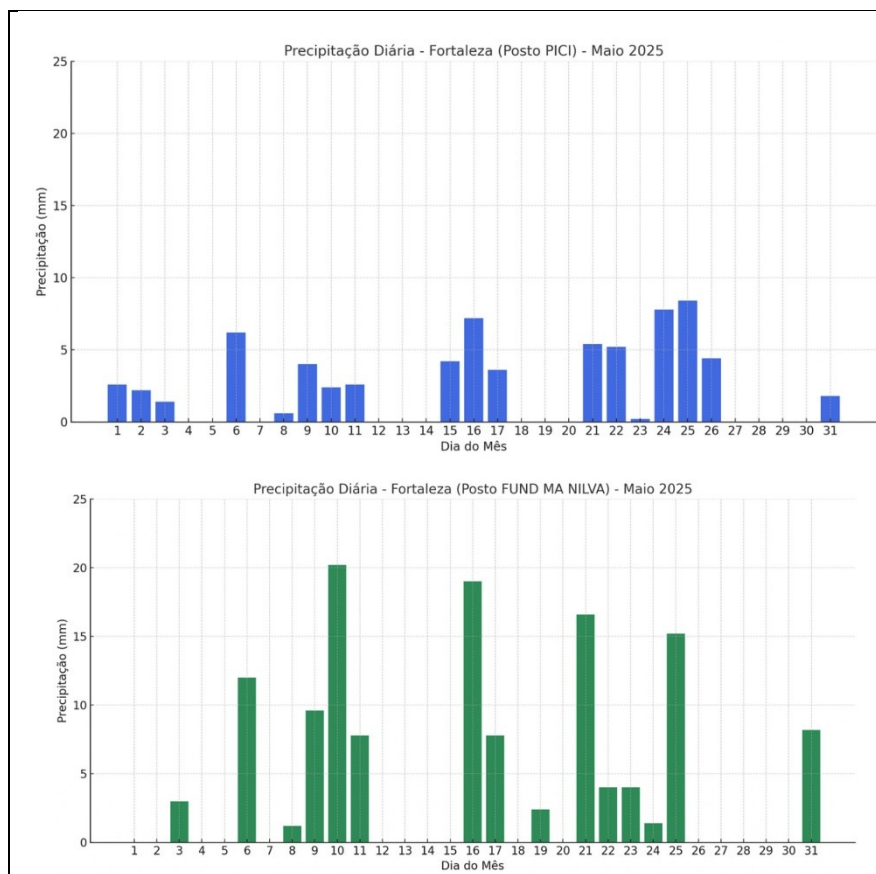
Fonte: Dados do GOES-19 via Banco de Dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Complementando, a imagem do Canal 13 (Figura 4) mostra uma ausência generalizada de núcleos convectivos profundos sobre o Nordeste, evidenciada pelo predomínio de tons cinza-claro, típicos de céu limpo. Apenas em pontos do oeste do Maranhão há sinais de chuva isolada. Já a faixa de nebulosidade ao sul da Bahia está associada a uma frente sobre o Atlântico, que favorece o aumento temporário da cobertura de nuvens e a ocorrência de chuvas fracas a moderadas na faixa litorânea, mas sem indicativos de forte atividade convectiva.

A conjugação dos dois canais indica que a atmosfera sobre o Ceará se encontrava, em sua maior parte, pouco favorável ao desenvolvimento de convecção profunda, refletindo a transição para a estação seca, mas com possibilidade de chuva moderada dado o transporte de umidade.

No caso específico de Fortaleza, essa configuração atmosférica é compatível com a ocorrência de chuvas isoladas, passageiras e intensas, favorecidas por fatores locais, como a brisa marítima e a proximidade com o oceano Atlântico (Funceme, 2025). Dados do posto pluviométrico do Pici (próximo ao PCD 1) mostram 7,8 mm no dia 24, enquanto que no posto da Fundação Maria Nilva Alves (próximo ao PCD 2), as chuvas foram de 1,4mm no mesmo dia. No total acumulado do mês, o posto da Fundação, por outro lado, registrou a maior precipitação, com 132,40 mm, em contraste com os 70 mm observados no Posto Pici (Figura 5).

Figura 5 - Gráficos de Precipitação Diária no Posto PICI e Fundação Maria Nilva Alves - Fortaleza (maio de 2025)



Fonte: Calendário de Chuvas – Funceme (2025). Elaboração: A autora (2025).

4.2 Caracterização do Buffer dos PCDS

Os dois Pontos de Coleta de Dados (PCDs) selecionados para este estudo localizam-se em diferentes zonas de Fortaleza e representam formas distintas de configuração e cobertura do espaço urbano.

O primeiro PCD está situado no Instituto de Educação Física e Esportes (IEFES) da Universidade Federal do Ceará (UFC), no bairro Pici. Trata-se de um espaço incidental localizado entre ruas de blocos institucionais, instalações esportivas e ruas da comunidade João Paulo I. A configuração é resultado do traçado interno do campus, com vegetação de tabuleiro costeiro, conforme IPECE (2019), e sem infraestrutura destinada ao uso paisagístico ou comunitário (ver figura 6).

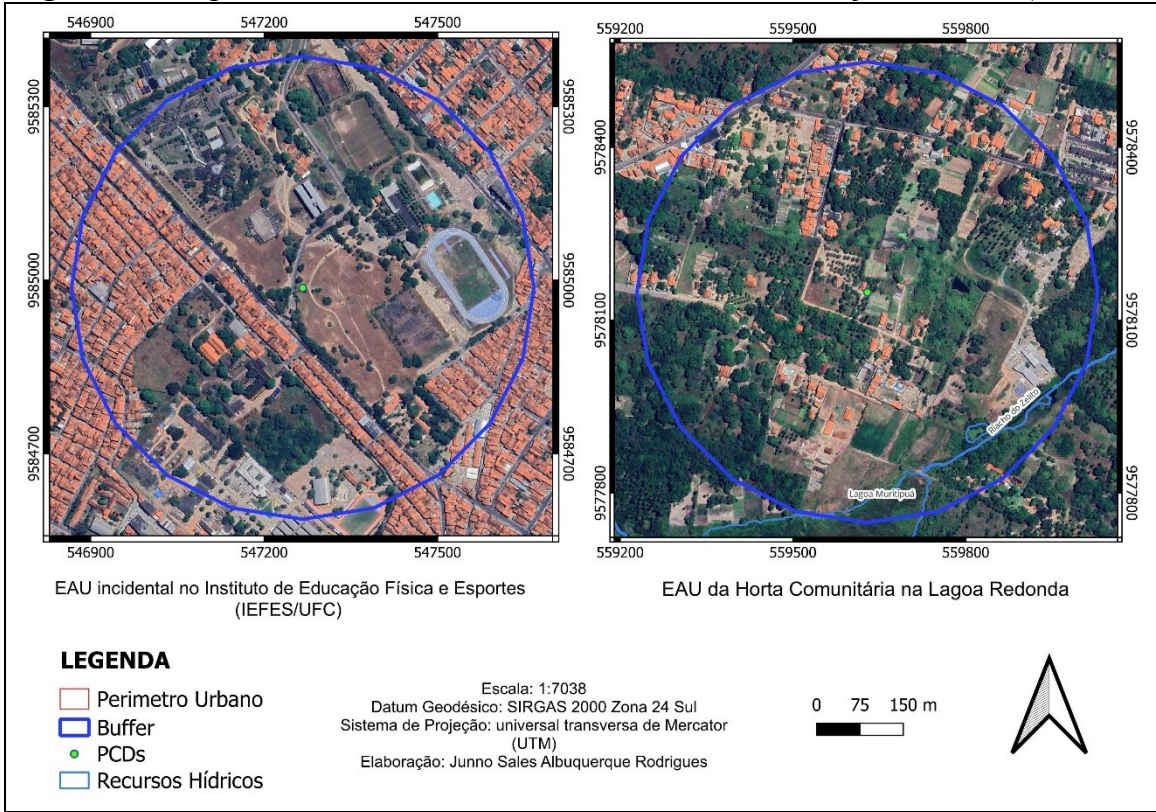
Há circulação frequente de moradores da Comunidade João Paulo I, estudantes e servidores da Universidade, seja a pé ou de carro. O local está situado nas proximidades da rua Pernambuco, margeada por casas de alvenaria geminadas ao longo de seu percurso (ver figura 7). Integra os ambientes vegetadas institucionais da Universidade Federal do Ceará (UFC), estando inserido em um contexto urbano consolidado e densamente ocupado.

O segundo PCD está situado no bairro Lagoa Redonda, em um terreno privado de agricultura urbana, próximo à Lagoa da Muritipuí, da APP da Lagoa da Precabura, ao Parque Urbano da Lagoa Redonda e inserido na microbacia B5.5 do Rio Cocó.

No buffer existem hortas comunitárias e familiares, geridas pelos moradores locais. O terreno apresenta cobertura vegetal manejada, com canteiros organizados para cultivo (Figura 6), além de cercas, muros baixos e vias internas construídas pelos próprios moradores, que delimitam os espaços e orientam a circulação dentro do entorno e do ponto. Observa-se ainda a existência de setores em pousio.

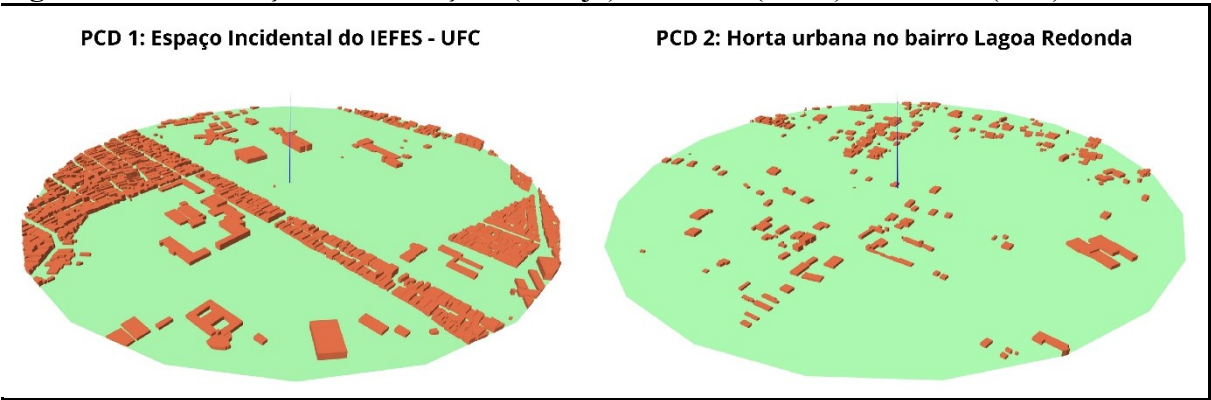
No entorno da propriedade, a urbanização é incipiente, com vegetação de tabuleiro costeiro incidental em abundância (IPECE, 2019). As casas ainda estão relativamente afastadas entre si, o arruamento é incompleto e a infraestrutura urbana se mostra em estágio inicial (Figuras 6 e 7). Na horta, o acesso ao local é restrito aos participantes da iniciativa e colaboradores externos autorizados, porém não aberto ao público em geral. Esses elementos conferem ao local uma organização funcional singular, distinta de uso urbano formal, e alinhada às práticas cotidianas da comunidade.

Figura 6 - Imagem de satélite dos Buffers dos PCDs - Fortaleza (julho de 2024)



Fonte: Google Satélite (2025). Elaboração: a autora

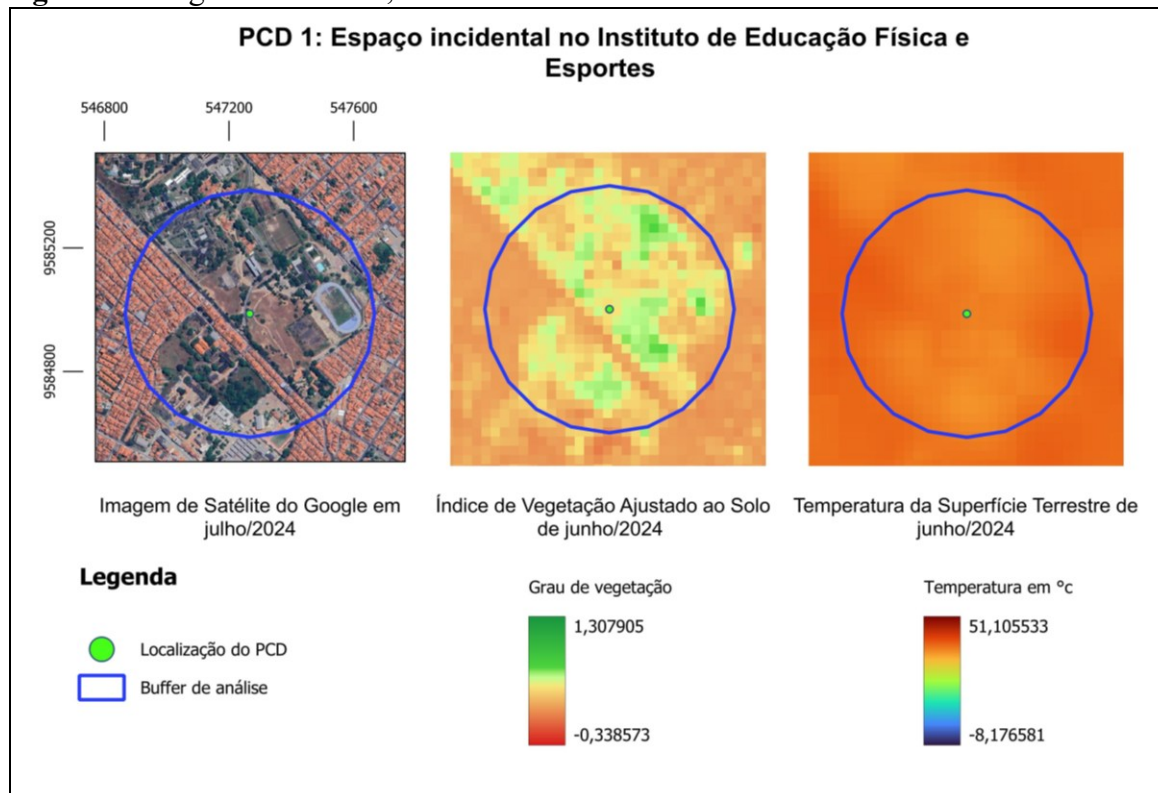
Figura 7- Concentração de edificações (laranja) no buffer (verde) dos PCDs (azul).



Fonte: Fortaleza em Mapas Elaboração: A autora (2025).

Nas figuras 8 e 9 a seguir, são apresentadas as imagens de satélite e os indicadores SAVI e TST, extraídos do ano de 2024. Os dados da cena foram captados no dia 13 de junho, às 9h45 da manhã no horário de Brasília (UTC-3).

Figura 8- Imagem de Satélite, SAVI e TST do Buffer do PCD 1



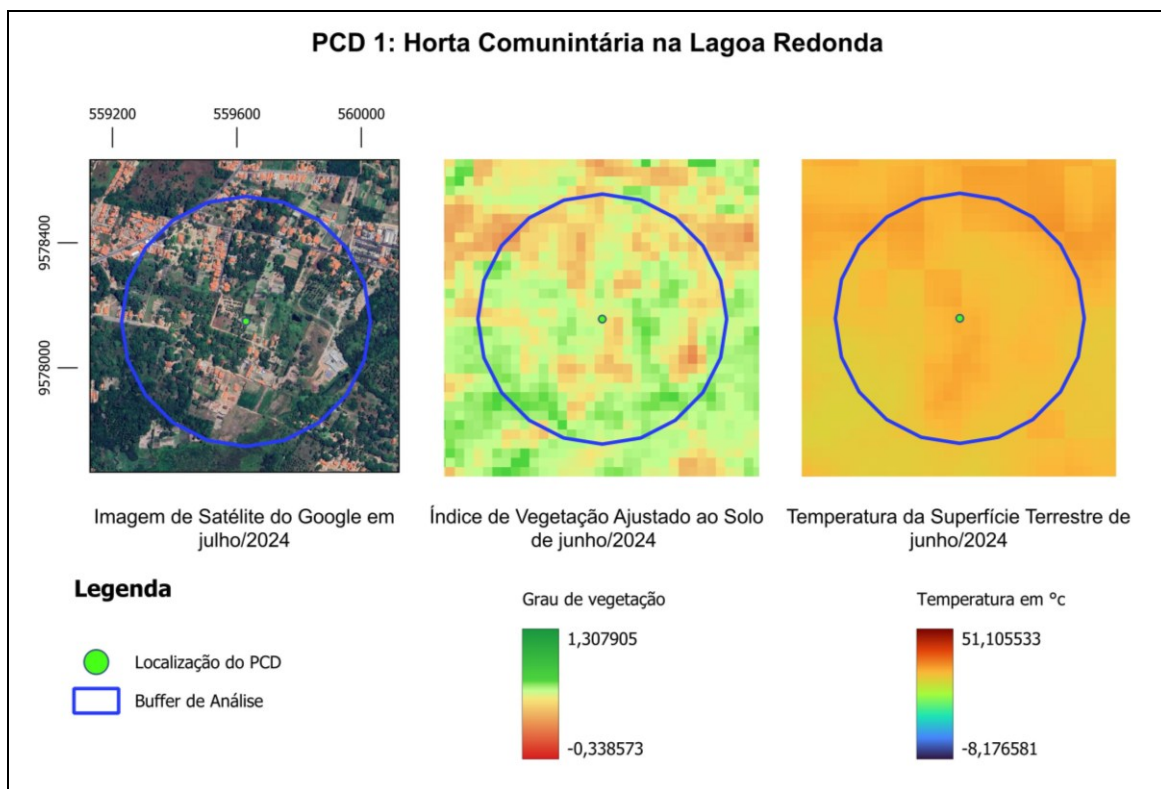
Fonte: Landsat 8. Elaboração: A autora (2025).

O PCD 1 está localizado em um entorno onde o SAVI apresenta valores próximos de zero (indicados em laranja) o que reflete a presença esparsa de vegetação, com algumas árvores de porte médio e uma estrada asfaltada nas proximidades. Os pixels em vermelho, localizadas fora do campus, correspondem a zonas mais urbanizadas, com maior adensamento e predominância de superfícies impermeáveis, indicando escassez de cobertura vegetal. Dentro do campus, tanto os setores institucionais quanto a Comunidade João Paulo I também apresentam baixos índices de vegetação.

Nos demais setores do buffer, observam-se valores mais elevados de SAVI, indicando maior presença de vegetação, sobretudo gramíneas e árvores médias. Vegetações mais extensas, compostas principalmente por gramíneas, tendem a gerar valores altos do índice devido à sua homogeneidade e maior extensão superficial nos pixels. Em contrapartida, árvores de médio a grande porte, quando juntas, geralmente resultam em valores muito altos, justamente pelo tamanho, quando isoladas, esse efeito é atenuado.

No que se refere à TST, os resultados indicam baixa variação térmica, o que é coerente com a inserção do entorno em uma matriz urbana consolidada. A resolução espacial de 100 metros também contribui para a suavização de contrastes locais. Ainda assim, pequenas variações podem ser observadas: pixels em tons amarelados se destacam em meio ao padrão alaranjado predominante, sugerindo a atuação pontual de elementos vegetados na mitigação térmica local.

Figura 9- Imagem de Satélite, SAVI e TST do Buffer do PCD 2



Fonte: Landsat 8. Elaboração: A autora (2025).

Em relação ao PCD 2 (Figura 9), o SAVI confirma a presença de uma cobertura vegetal diversificada, que inclui desde setores de plantio até árvores de grande porte, remanescentes de vegetação original, gramíneas e plantas de pequeno porte. Essa variedade se expressa na predominância de tons esverdeados no buffer analisado, variando dos mais claros aos mais escuros. Por outro lado, os tons amarelados estão em partes de hortas, e alaranjados e avermelhados concentram-se em locais com maior presença de construções e solo exposto, impermeabilizado, caracterizando as zonas mais alteradas do terreno.

Como a imagem de satélite utilizada corresponde ao mês de julho, observa-se que parte das gramíneas e árvores de maior porte ainda mantinha forte presença, o que sugere resiliência à sazonalidade das chuvas (PCD 2). Esse comportamento pode estar relacionado à presença do Riacho do Zelito e da Lagoa Muritupá a sudeste, cuja continuidade espacial e densidade favorecem a retenção de umidade. Os pontos das hortas presentes no terreno, por serem irrigadas, também contribuem para o aumento dos valores do índice, mantendo a vegetação presente por meio da produção agrícola e não exposta.

Em relação à Temperatura da Superfície Terrestre (TST), observa-se um efeito claro de moderação térmica nos ambientes vegetados, evidenciado pela predominância de tons amarelo claro, indicativos de temperaturas mais amenas. Nas regiões com cobertura vegetal mais densa, esse efeito suaviza até mesmo a resposta radiométrica de superfícies alteradas, como aquelas associadas à ocupação esparsa. A proximidade com o Riacho do Zelito também contribui para a formação de um corredor mais ameno. Em contrapartida, apenas alguns pontos isolados exibem tons mais escuros de laranja, associados à escassez de vegetação e presença de solo exposto. Essa relação negativa entre SAVI e TST é corroborada por Liu et al. (2021).

4.3 Dinâmica de ventos

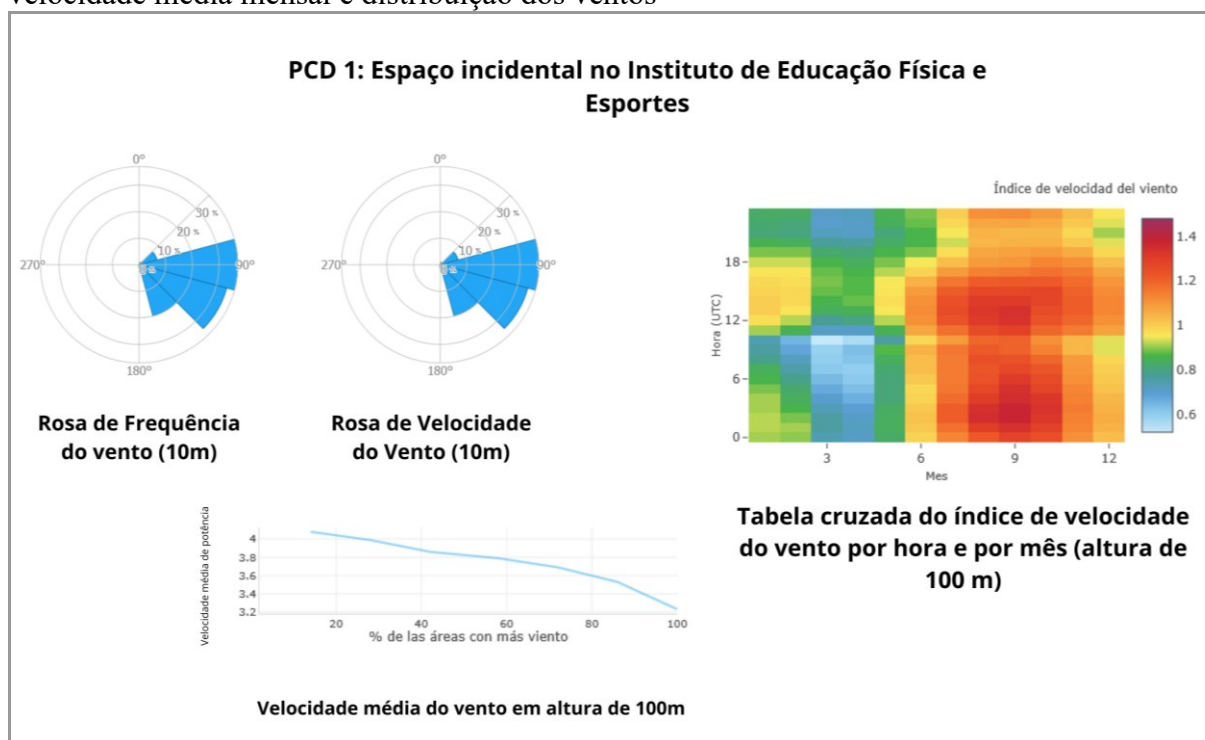
No espaço incidental, as rosas dos ventos foram modeladas para a altura de 10 metros. Observou-se que a frequência dos ventos é maior nos setores leste e sudeste, com menor

ocorrência, mas ainda relevante, nos setores nordeste e sul-sudeste. Em termos de velocidade, os ventos mais intensos ocorrem predominantemente na direção leste, seguidos pelo sudeste, e em menor intensidade pelo sul-sudeste e nordeste (Figura 10).

A velocidade média registrada foi de 4,08 m/s, com uma distribuição relativamente homogênea no entorno do buffer. O valor máximo (4,08 m/s) está concentrado em 14% das áreas mais ventosas, enquanto o valor mínimo (3,23 m/s) corresponde a cerca de 20% do entorno da área analisada.

Em relação à variação temporal, o gráfico indica que o mês de maio representa o limite superior do período mais ventilado do ano, iniciando a transição entre os meses de ventos mais fracos e os de maior intensidade. Ao longo do dia, nota-se que os ventos ganham força no período da tarde, com velocidades mínimas observadas nas primeiras horas da manhã e à noite.

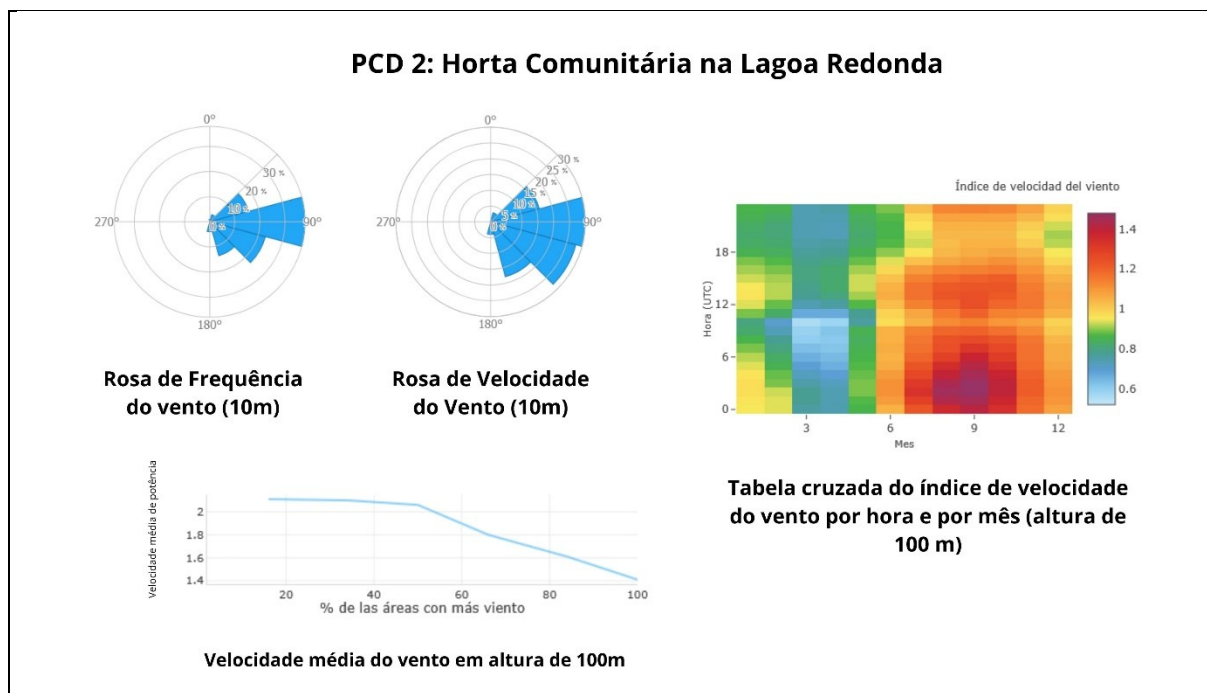
Figura 10 - resumo dos padrões eólicos locais do Buffer do PCD 1: direção predominante, velocidade média mensal e distribuição dos ventos



Fonte: Global Wind Atlas

Na horta urbana (Figura 11), as rosas dos ventos a 10 metros indicam maior frequência de ventos no setor leste, com registros também consistentes nos setores sudeste, nordeste e sul-sudeste. No que se refere à velocidade nessa altura, os ventos mais intensos também ocorrem majoritariamente na direção leste, seguidos por sudeste, sul-sudeste e nordeste.

Figura 11- resumo dos padrões eólicos locais do Buffer do PCD 2: direção predominante, velocidade média mensal e distribuição dos ventos



Fonte: Global Wind Atlas

Já a velocidade média do vento, obtida a 100 metros de altura, revela um potencial eólico relativamente baixo no entorno. A variação espacial dentro do buffer mostra que o valor máximo (2,11 m/s) está presente em aproximadamente 16% do entorno analisado, enquanto o valor mínimo (1,61 m/s) corresponde a cerca de 40% do espaço. Esse padrão sugere um regime de ventos moderado, com predominância de velocidades mais baixas.

Quanto aos padrões temporais, a 100 metros, observa-se que o mês de maio marca a transição mencionada anteriormente. Durante boa parte do ano, os ventos mantêm velocidades relativamente mais baixas. A variação diária indica picos de intensidade no início da manhã e no período da tarde, ambos de curta duração, enquanto os momentos de menor velocidade coincidem com o meio-dia e a noite.

Contudo, é importante destacar, primeiro, que a acurácia do modelo tende a ser maior em regiões com relevo suave e cobertura homogênea, onde o fluxo de vento se mantém mais estável e previsível. No caso de Fortaleza, a topografia relativamente plana favorece a aderência do modelo.

Em segundo lugar, destaca-se o papel da rugosidade superficial na modulação do vento próximo à superfície. A velocidade do vento a 2 metros do solo é significativamente influenciada pela aspereza das superfícies subjacentes, que varia de acordo com as características da cobertura do solo, como observa Oke et al (2017).

No PCD 1, localizado em uma região densamente urbanizada, a presença de edificações e obstáculos verticais resulta em alta rugosidade, o que pode levar a superestimar a velocidade do vento nas modelagens. Uma vez que os dados de entrada são obtidos a 10 metros do solo, e o fluxo de ar desacelera intensamente ao se aproximar da superfície, formando um perfil de vento comprimido e turbulento que compromete a precisão da estimativa ao nível do pedestre (1–2 m).

Por sua vez, o PCD 2 está inserido em uma região com menor rugosidade média, dominada por coberturas como gramíneas e corpos d'água, mas com presença pontual de vegetação mais densa e zonas cultivadas. Essa heterogeneidade estrutural pode também gerar distorções na modelagem, ainda que por mecanismos distintos. Os dados detalhados encontram-se na Figura 12.

Figura 12– Valores de rugosidade relacionados com tipos de caracterização espacial fornecidos no Global Wind Atlas e descrição de imagens de satélite dos PCDs

Tipo de Cobertura Identificado	Categoria (tabela original)	Rugosidade (m)	Presente em PCD
Áreas urbanizadas/adensadas	Built-up	0.5	PCD1; PCD2
Gramineas	Grassland	0.03	PCD1; PCD2
Árvores de médio a grande porte	Open forest, unknown type	Baseado na altura das árvores	PCD2
Solo exposto	Bare / sparse vegetation	0.005	PCD2
Horta irrigada	Cropland	0.1	PCD2
Vegetação ciliar (ex: margem do riacho)	Herbaceous wetland ou Open forest	0.1 ou variável	PCD2
Riacho (água permanente)	Permanent water bodies	0.0	PCD2

Fonte: Global Wind Atlas; A Autora (2025).

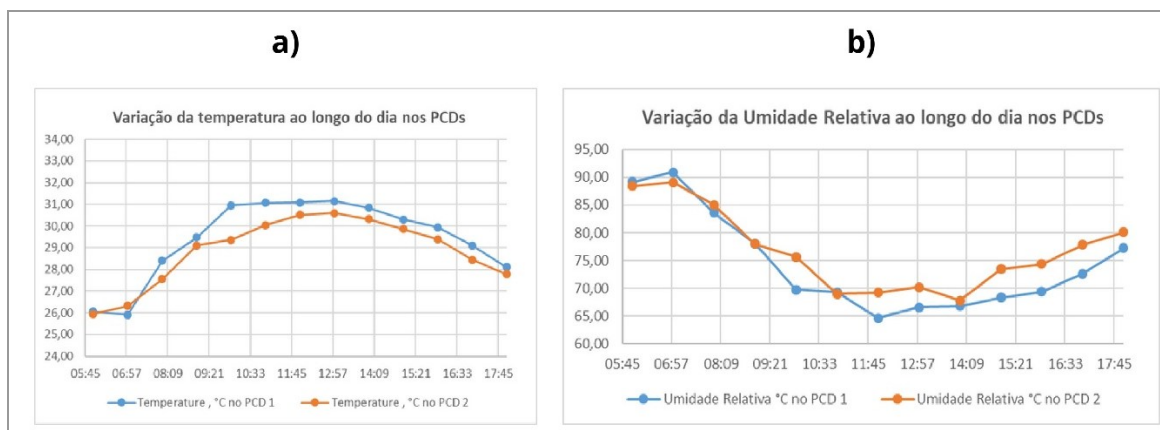
4.4 Avaliação dos dados microclimáticos e de conforto térmico

Um dos primeiros aspectos observados diz respeito à variação da temperatura do ar ao longo do dia (Figura 13a). De forma geral, os perfis térmicos dos pontos de coleta, tanto no PCD 1 quanto no PCD 2, apresentaram curvas similares, ou seja, passando pela mesma variação brusca urbana diurna.

A principal divergência térmica ocorreu no período da manhã, especialmente entre 7h30 e 11h, quando a temperatura no ponto do PCD 1 foi cerca de 1 a 2°C superior à registrada no PCD 2. Durante a tarde, as diferenças se reduziram, mantendo-se próximas de até 1°C. Ainda assim, o ambiente da horta registrou temperaturas ligeiramente mais amenas ao longo do período observado.

Com relação à umidade relativa do ar (Figura 13b), também se verificou uma tendência similar nas curvas diárias, embora com níveis (na ordem de 10% a mais) consistentemente mais altos na horta ao longo de todo o dia, principalmente às 10h, 12h, 15h e 16h. Os valores se aproximaram apenas nas primeiras horas da manhã (com ~90%), quando o ponto do PCD 1 registrou umidade elevada, e 14h da tarde (~67%), com menor umidade nos dois. No geral, os dois espaços apresentaram patamares altos de umidade, o que indica um contexto climático urbano com elevada carga de vapor d'água.

Figura 13– Perfil térmico e higrométrico diário nos dois espaços verdes analisados



Fonte: A autora (2025).

Essas variações apontam que, mesmo sendo EAUs verdes, suas respostas microclimáticas diferem. O PCD 1, por exemplo, apresentou menor estabilidade nos níveis de umidade e temperaturas ligeiramente mais elevadas em momentos críticos do dia, configurando-se como um ambiente mais desfavorável em termos de conforto térmico em relação ao PCD 2 (Figura 14).

Os resultados do Índice de Calor, conforme os níveis de conforto e desconforto térmico, foram coerentes com os extremos de temperatura e umidade observados. Como mostrado na Figura 14a, o desconforto térmico no PCD 1 foi predominante entre 8h e 17h, com o índice alcançando 37,6° às 13h e retornando ao nível de conforto apenas às 18h.

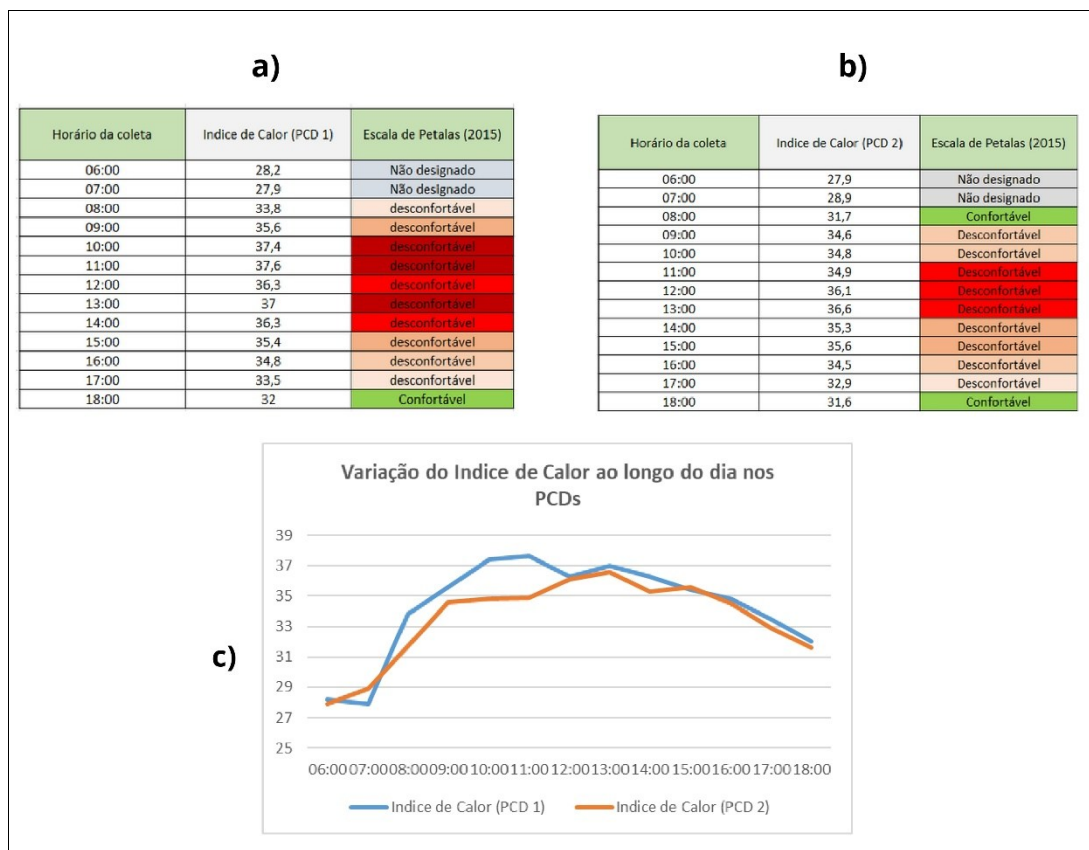
No PCD 2 (Figura 14b) o desconforto térmico teve início com uma hora de atraso, às 9h, com pico de 36,6° durante 12h e 13h, até a temperatura diminuiu até às 17h, retornando ao nível de conforto às 18h, de forma similar ao PCD 1.

No gráfico da Figura 14c, observa-se que o desconforto térmico foi mais intenso no PCD 1 durante o período da manhã, o que se relaciona à combinação de temperatura e umidade elevadas. Já no PCD 2, embora a umidade também fosse alta, a temperatura mais baixa contribuiu para um nível de desconforto levemente menor. Sendo assim, ambos os espaços apresentaram desconforto térmico em graus e tempos distintos, de modo que nenhum teve desempenho climático de “conforto” desde 9h até 17h.

No PCD 2 (Figura 14b) o desconforto térmico teve início com uma hora de atraso, às 9h, com pico de 36,6° durante 12h e 13h, até a temperatura diminuiu até às 17h, retornando ao nível de conforto às 18h, de forma similar ao PCD 1

No gráfico da Figura 14c, observa-se que o desconforto térmico foi mais intenso no PCD 1 durante o período da manhã, o que se relaciona à combinação de temperatura e umidade elevadas. Já no PCD 2, embora a umidade também fosse alta, a temperatura mais baixa contribuiu para um nível de desconforto levemente menor. Sendo assim, ambos os espaços apresentaram desconforto térmico em graus e tempos distintos, de modo que nenhum teve desempenho climático de “conforto” desde 9h até 17h.

Figura 14 – Variação do conforto e desconforto térmico nos PCDs 1 (s) e 2 (b), acompanhada do gráfico comparativo (c). A gradação de cores no a e b indica a intensidade das temperaturas.



Fonte: A autora (2025)

4.5 Discussão

Juntos, os resultados indicam que a vegetação nativa densa (PCD 2) atuou como regulador térmico-higrométrico: manteve umidade estável após chuva fraca, reduziu a amplitude térmica e atenuou desconforto térmico. Já a impermeabilização e vegetação de baixo porte (PCD 1) intensificou o desconforto, com elevação acentuada das temperaturas e flutuação nos índices de umidade relativa.

A análise integrada dos dados com o Mapeamento Climático Urbano de Fortaleza (Lima Júnior; Zanella, 2024) confirma como os PCDs representam unidade menores do contexto climático mais amplo da cidade. O mapeamento, voltado para o planejamento da cidade de Fortaleza, combina dados de uso e cobertura do solo, temperatura de superfície da Terra (Landsat 8) e velocidade do vento (GWA), com o objetivo de identificar áreas climáticas homogêneas com orientação ao planejamento urbano.

O PCD 1, localizado em zona de alta carga térmica e cobertura vegetal moderada, exige intervenções específicas para melhorar seu desempenho ambiental. A ampliação da vegetação arbórea se faz necessária para proporcionar maior sombreamento e evapotranspiração, reduzindo os picos de temperatura.

Em contraste, o PCD 2 situa-se em região de baixa densidade construtiva e significativa cobertura vegetal, o qual o mapeamento recomenda a preservação, a manutenção e a melhoria de seus elementos naturais. O caminho para seguir essa recomendação está no contexto dos desafios apontados por Santos (2022), de riscos de insegurança fundiária e práticas agrícolas insustentáveis quando não há políticas de apoio estruturadas.

Sua consolidação como espaço produtivo, através da implementação de hortas agroecológicas, depende do cumprimento das diretrizes do Plano Fortaleza 2040. Se não, este

espaço verde que emergiu de maneira espontânea, à margem de ações coordenadas pelo poder público, pode sumir.

Por fim, observa-se que os resultados positivos obtidos no PCD 2 estão diretamente relacionados à baixa intensidade de urbanização em seu entorno. Esse padrão é coerente com a localização na zona leste-sul da cidade (Costa, 2022), onde ainda se concentram ambientes verdes em regiões menos adensadas, favorecendo melhores condições microclimáticas.

Em contraste, o PCD 1 apresentou resultados menos satisfatórios, por estar situado em um espaço subutilizado da universidade, cercado por infraestrutura cinza, pouco sombreamento e com escassas intervenções que favoreçam o conforto térmico, em um contexto já marcado pela escassez de áreas verdes (Sampaio, 2019).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, a investigação dos padrões térmicos e higrométricos nos pontos de coleta associados às diferentes morfologias urbanas revelou resultados contrastantes. Os dois locais permanecem sem gestão adequada, algumas com condições mais favoráveis que outras, o que resulta em um quadro diverso de conforto térmico.

Os PCDs analisados refletem diferentes desafios de espaços vegetados em Fortaleza, onde a cobertura vegetal abundante ou incipiente, presença de água e superfícies artificiais criam dinâmicas microclimáticas distintas (Gill, 2006). Enquanto o PCD 1, situado em região altamente urbanizada, sofre com os efeitos da rugosidade superficial e da baixa cobertura arbórea, que intensificam o calor, o PCD 2 demonstra como ambientes e regiões com vegetação densa e corpos d'água podem atenuar esses problemas.

Os resultados sugerem que a mera existência de vegetação não assegura, por si só, a melhoria das condições microclimáticas. Aspectos como arranjo espacial e densidade de árvores revelam-se igualmente determinantes, particularmente em cidades de clima tropical úmido como Fortaleza, onde os padrões térmicos estressantes (Pétalas, 2015) são intensificados pela urbanização.

Compete ao poder público, portanto, sondar esses parâmetros qualitativos como diretrizes obrigatórias nas políticas de requalificação urbana. Enquanto o espaço incidental do PCD 1 requer medidas mais voltadas para a requalificação ambiental do entorno, a horta urbana do PCD 2 oferece a oportunidade para iniciativas que integram conservação ambiental com geração de renda e fortalecimento comunitário existente.

Ambas as abordagens, quando implementadas, podem contribuir significativamente para a construção de uma cidade onde os espaços verdes cumprem múltiplas funções ecológicas e sobretudo, sociais.

Não obstante aos elementos discutidos nesse artigo, é importante ressaltar que este estudo analisou apenas dois casos específicos, em um único dia. Portanto, são necessárias pesquisas adicionais que articulem esses três aspectos em um número maior de áreas verdes da cidade, ao longo de períodos mais extensos.

As chuvas registradas no período analisado, decorrentes da sazonalidade, possivelmente também influenciaram os resultados do estudo. Dessa forma, pesquisas complementares são necessárias para elucidar as condições de conforto em diferentes épocas do ano.

REFERENCIAS

BROWN, R. D.; VANOS, J.; KENNY, N.; et al. Designing urban parks that ameliorate the effects of climate change. *Landscape and Urban Planning*, v. 138, n. 3, p. 118–131, 2015.

CAPASSO, M. M.; PEQUENO, Renato. A falência seletiva do Plano Diretor de Fortaleza. Cadernos Metr pole, São Paulo, v. 23, n. 51, p. 763-786, maio/ago. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2021-5114>.

COSTA, M. C. L. Fortaleza: expansão urbana e organização do espaço. In: Ceará: um novo olhar geográfico. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007, p. 51 100. Disponível em: <<https://www.observatoriodasmetrolopes.net.br/ceara-um-novo-olhar-geografico>. Acesso em: out. 2024.

COSTA, M. L. F. Quanto sobra de verde em uma metrópole? Um estudo sobre a cobertura vegetal e corredores ecológicos em Fortaleza, Ceará. 2022. 91 f. TCC (Monografia Graduação em Ciências Ambientais)   Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

CRUZ, A. M. L. da. Análise da cobertura vegetal, das áreas verdes e dos espaços livres de Fortaleza - Ceará. 2019. 91 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

FERREIRA, C. DE C. M.; MONTEIRO A.; PAULA, I. F. M. DE.  reas verdes e desigualdades sociais em um município de médio porte no Brasil. Caderno de Geografia, v. 29, n. 56, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2019v29n56p221>.

FIALHO, E. S.; CELESTINO, E. J. Abrigos termo-higrométricos de policloreto de vinila. Entre-Lugar, Dourados, MS, v. 8, n. 16, 2017.

FORTALEZA. Lei n  8.503, de 26 de dezembro de 2000. Estabelece diretrizes para a realização da Operação Urbana Consorciada Parque Foz Riacho Maceió. Fortaleza: Câmara Municipal, 2000.

FORTALEZA. Lei n  8.915, de 23 de dezembro de 2004. Estabelece diretrizes para a realização da Operação Urbana Consorciada na área que indica, prevendo mecanismos para sua implantação, e dá outras providências. Fortaleza: Câmara Municipal, 2004.

FORTALEZA. Lei Complementar n. 62 de 2 de fevereiro de 2009. Plano Diretor Participativo. Diário Oficial do Município. Fortaleza, CE, ano LVI, n. 14.020.

FORTALEZA. Lei n  9.778, de 24 de maio de 2011. Estabelece diretrizes para a realização da Operação Urbana Consorciada Sítio Tunga. Diário Oficial do Município de Fortaleza, Fortaleza, 2011. Gabinete da Prefeitura.

FORTALEZA. Lei n  9.857, de 22 de dezembro de 2011. Estabelece diretrizes para a realização da Operação Urbana Consorciada Lagoa do Papicu, Fortaleza, Câmara Municipal, 2011.

FORTALEZA. Decreto n  13.292, de 14 de janeiro de 2014. Dispõe sobre a criação do Parque Linear Raquel de Queiroz. Fortaleza: Prefeitura Municipal, 2014.

FORTALEZA. Hortas Sociais incentivam agricultura urbana e combatem insegurança alimentar. Prefeitura Municipal de Fortaleza, 17 out. 2024. Disponível em:

<https://www.fortaleza.ce.gov.br/noticias/hortas-sociais-incentivam-agricultura-urbana-e-combatem-inseguranca-alimentar>.

FORTALEZA. Prefeitura de Fortaleza faz 96 mil plantios em 2024, superando o ano anterior. Prefeitura Municipal de Fortaleza, 16 dez. 2024. Disponível em: <https://www.fortaleza.ce.gov.br/noticias/prefeitura-de-fortaleza-faz-96-mil-plantios-em-2024-superando-o-ano-anterior>.

GARTLAND, L. Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

GILL, S. Climate change and urban greenspace. 2006. Thesis (PhD) – The University of Manchester, Manchester, 2006.

Índices de aridez do Estado do Ceará. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Disponível em: http://www.funceme.br/?page_id=5826.

IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará . Perfil Municipal 2017 - Fortaleza. 1. ed. Fortaleza: [s.n.], 2018. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Fortaleza_2017.pdf.

JENDRITZKY, G. ; MAAROUF, A.; FIALA, D. ; et al. An update on the development of a universal thermal climate index. In: Conference Of Biometeorological Aerobiology. Kansas: [s.n.], 2002, p. 129–133.

KLEMM, W. et al. Psychological and physical impact of urban green spaces on outdoor thermal comfort during summertime in the Netherlands. *Building and Environment*, v. 83, p. 120-128, 2015.

LANDSBERG, H. E. The urban climate. New York ; London: Academic Pr, 1981.

LIMA JUNIOR, A. F.; GOMES, F. I. B. P.; ZANELLA, M. E. The Heat Index (HI) in the city of Fortaleza, Ceará. *Sociedade & Natureza*, v. 37, n. 1, 2024. DOI: 10.14393/SN-v37-2025-73091. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/73091>.

LIMA JÚNIOR, A. F; RIBEIRO, I.; AMORIM, J. H. Parques urbanos e ilhas de frescor: a importância do Parque do Cocó para o conforto térmico na cidade de Fortaleza/CE. *Geo UERJ*, n. 45, 2024. DOI: 10.12957/geouerj.2024.80373. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/geouerj/article/view/80373>.

LIMA JUNIOR, A. F.; ZANELLA, M. E. Mapeamento Climático Urbano Como Instrumento Para A Gestão E Planejamento Urbano De Fortaleza. *Caminhos de Geografia, Uberlândia*, v. 25, n. 102, p. 309–327, 2024. DOI: 10.14393/RCG2510273902. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/73902>.

LIU, Y.; HUANG, X.; YANG, Q.; CAO, Y. The turning point between urban vegetation and artificial surfaces for their competitive effect on land surface temperature. *Journal of Cleaner Production*, [S.l.], v. 292, p. 126034, 10 abr. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126034>. Acesso em: 20 jul. 2025.

MENDONÇA F. ; I. M., DANNI-OLIVEIRA. Climatologia noções básicas e climas do Brasil. [s.l.]: São Paulo; Oficina De Textos, 2007.

MONTEIRO, J. B.; SOUZA, A. C.; SILVA, F. J. M.; PAIVA, F. I. C. Conforto térmico humano em parques urbanos e praças públicas de Sobral-CE: uma análise sazonal microclimática. Geoconexões, Natal, v. 1, n. 15, 2023.

NASCIMENTO, T. ‘Vazios urbanos’ em Fortaleza aumentam sensação de insegurança, degradam e segregam territórios. Diário do Nordeste, 10 jul. 2024. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/ceara/vazios-urbanos-em-fortaleza-aumentam-sensacao-de-inseguranca-degradam-e-segregam-territorios-1.3456789>.

OKE, T R. Boundary layer climates. London: Routledge, 1987.

OKE, T. R.; MILLS, G.; CHRISTEN, A.; VOOGT, J. A. Urban Climates. Cambridge: Cambridge University Press, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781139016476>.

PETALAS, K. V. Estudo da sensação térmica e definição de limites de conforto para espaços abertos na cidade de Fortaleza, CE. 2015. 272 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

QAID, A. Q. et al. Urban heat island and thermal comfort in micro-scale: A study in a tropical planned city. Energy and Buildings, v. 133, p. 577–595, 2016. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.10.006.

SANTOS, L. G. F. dos. Agricultura urbana e agroecologia: investigação no setor sudeste de Fortaleza (CE). 2023. 64 f. Monografia (Licenciatura em Geografia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

SAMPAIO, L. X. Verde para que (m) te quero: análise da relação entre fatores socioeconômicos e a distribuição espacial de praças nos bairros de Fortaleza. 2019. 90 f. Monografia (Graduação em Ciências Ambientais) – Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

STANLEY, B. W. et al. Urban open spaces in historical perspective: a transdisciplinary typology and analysis. Urban Geography, v. 33, n. 8, p. 1089-1117, 2012. Disponível em: http://0.0.0.0:8080/UG_33_8_1089-1117_1.pdf.

THOMPSON, C. Ward. Urban open space in the 21st century. Landscape and Urban Planning, Amsterdam, v. 60, n. 2, p. 59-72, 30 jul. 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00059-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00059-2).

UCHIDA, M. et al. Field measurements on turbulent flowfield and thermal environment in and around biotope with pond and green space. In: Proceedings of the 7th International Conference on Urban Climate, Yokohama, 2009.

UN-HABITAT. Public Space Site-Specific Assessment: Guidelines to Achieve Quality Public Spaces at Neighbourhood Level. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme, 2020. 88 p.

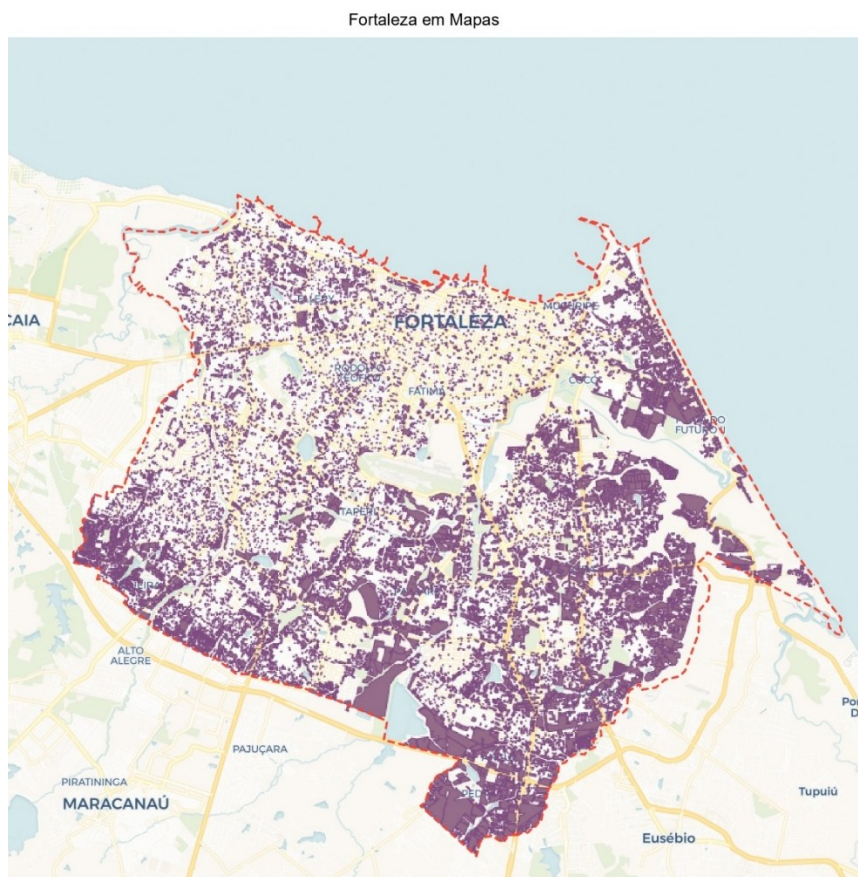
WILBANKS, T. J. ; KATES, R. W. Global Change in Local Places: How Scale Matters. Climatic Change, v. 43, p. 601–628, 1999.

WOOLLEY, H. Urban open spaces. 1. ed. London: Taylor & Francis, 2003. eBook. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780203402146>.

WONG, E. Reducing urban heat islands: compendium of strategies green roofs. Climate Protection Partnership Division in the U.S. Environmental Protection Agency's Office of Atmospheric Programs, Melbourne, 2008.

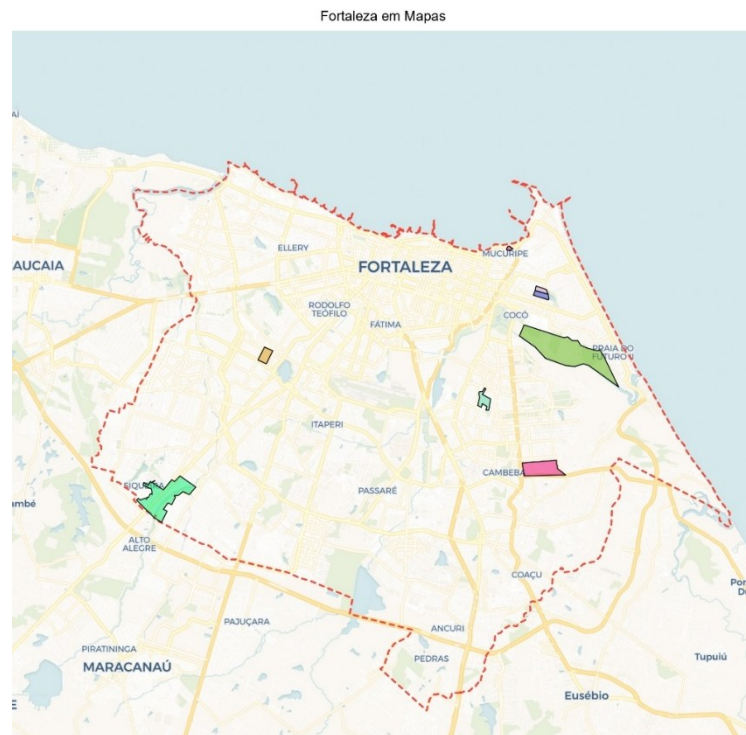
ANEXOS

ANEXO I – Captura da Plataforma “Fortaleza em Mapas” exibindo a presença de “Vazios Urbanos” em 2018.



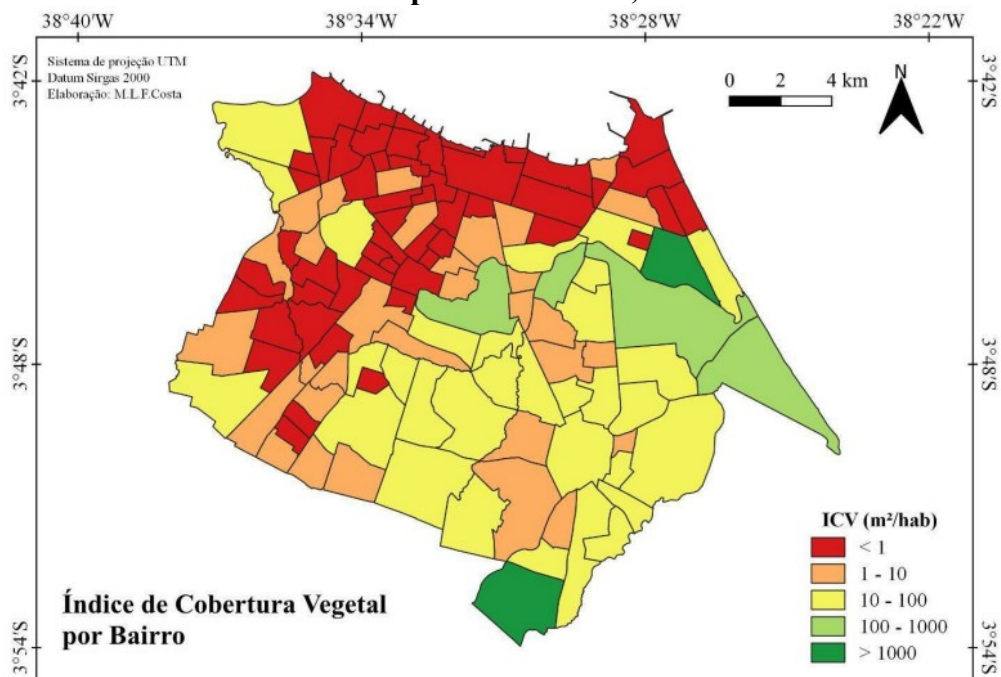
Fonte: IPLANFOR, com base em dados da SEFIN (2016) e da SEUMA (2018).

ANEXO II – Captura da Plataforma “Fortaleza em Mapas” exibindo a presença de “Operação Urbana Consorciada” até 2023.



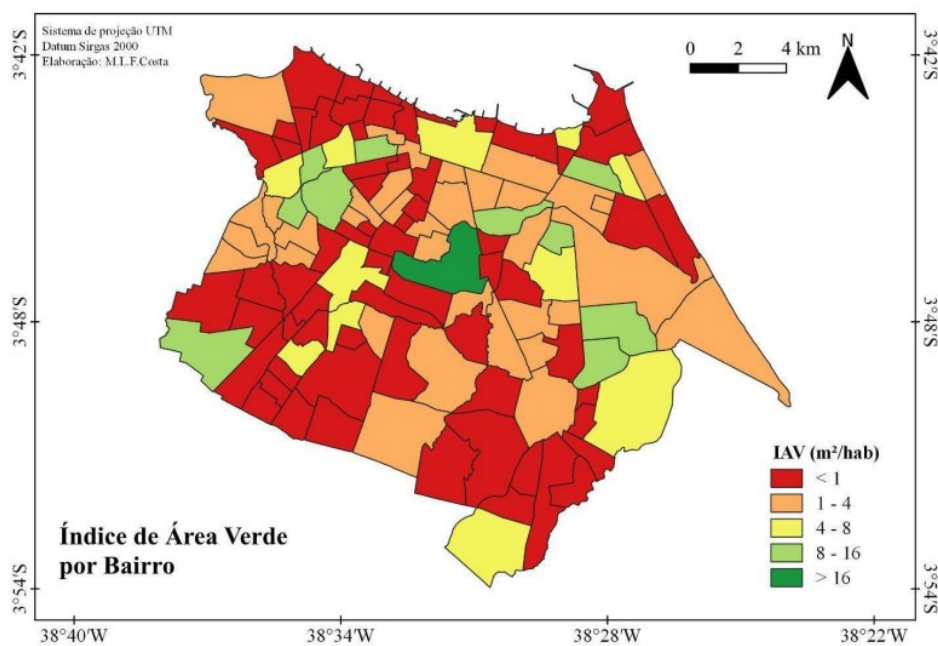
Fonte: SEUMA, 2022.

ANEXO III – Mapa com a distribuição do Índice de Cobertura Vegetal no município de Fortaleza, CE



Fonte: Costa, 2022.

ANEXO IV – Mapa com a distribuição do Índice de Área Verde por bairro no município de Fortaleza, CE.



Fonte: Costa, 2022

AGRADECIMENTOS

Este trabalho surgiu e se desenvolveu graças à contribuição generosa de diversos professores e colegas dos Laboratórios de Climatologia e Estudos Ambientais (CLIMAS), Planejamento Urbano e Regional (LAPUR), Estudos Agrários e Territoriais (LEATE), Geoeecologia da Paisagem e Planejamento Ambiental (LAGEPLAN) e Pedologia, Análise Ambiental e Desertificação (LAPED). Foi com as ideias e a energia desses profissionais que nasceu a vontade de criar um projeto interdisciplinar, na tentativa de unir as diversas temáticas da Geografia.

Agradeço também à Universidade Federal Praça Milton Santos pela reflexão sobre tantos temas improváveis. As conversas e debates foram um convite para sair do lugar-comum, revelando que o verdadeiro propósito não está em adotar ideias prontas, mas em se dispor a embarcar, mesmo que com a mente solta, quase nas nuvens, rumo ao desconhecido e ao inesperado.

À Residência Universitária do Pici, que me acolheu, merece também meu reconhecimento. Ali, todos somos estudantes em busca de sonhos e projetos de vida que só se concretizam graças ao apoio, à acolhida, e até aos amigos inesperados que surgem, desde os cafés, os jantares, em nossos quartos. E mesmo com os desafios estruturais que a acompanham, a Residência é, sem dúvida, um lar para muitos de nós.

Não posso deixar de mencionar o PET Geografia UFC, pela bolsa estável e pelas diversas atividades que me proporcionaram ao longo de anos. Foram anos de muito trabalho, com algumas dores de cabeça, mas também de grandes aprendizados, novas experiências e amizades que ficaram.

Por fim, minha gratidão à Viky Santana e Moacir Saboia, cujas presenças marcaram todos esses outros locais. Moacir, que sempre me pareceu uma voz da experiência, e Viky, com sua energia incansável, foram fundamentais para um reflorescimento da minha pessoa. Minha admiração por ambos é enorme. Juntas, somos 'As Resistentes', amo vocês.