



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Tecnologia
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL
– MESTRADO/DOCTORADO –
–

**INTERAÇÕES ENTRE MORFOLOGIA URBANA, CONDIÇÕES
TÉRMICAS E RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE NO AMBIENTE DE
TRABALHO REMOTO RESIDENCIAL EM ÁREAS
CARACTERIZADAS COMO ILHAS DE CALOR
(JOÃO PESSOA – PB)**

Por

Flávia Brandão Ramalho de Brito

*Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal da
Paraíba para obtenção do grau de Doutora*

João Pessoa – Paraíba

2026



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Tecnologia
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL
– MESTRADO/DOCTORADO –

**INTERAÇÕES ENTRE MORFOLOGIA URBANA, CONDIÇÕES
TÉRMICAS E RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE NO AMBIENTE DE
TRABALHO REMOTO RESIDENCIAL EM ÁREAS
CARACTERIZADAS COMO ILHAS DE CALOR
(JOÃO PESSOA – PB)**

Tese de doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Doutora.

Flávia Brandão Ramalho de Brito

Orientador: Prof. Dr. Luiz Bueno da Silva

João Pessoa – Paraíba

2026

AGRADECIMENTOS

A realização desta tese representa a concretização de um percurso marcado por desafios, aprendizados e amadurecimento pessoal e profissional. Nada disso teria sido possível sem o apoio, a presença e o carinho de pessoas fundamentais ao longo dessa caminhada.

Agradeço, em primeiro lugar, à minha filha, Cecília, que, mesmo tão pequena, foi minha maior fonte de motivação, força e sentido. Sua existência iluminou meus dias mais difíceis e me ensinou, diariamente, sobre amor, resiliência e esperança.

Ao meu companheiro, Fillipe, pelo amor, parceria, paciência e incentivo incondicional. Seu apoio foi essencial para que eu pudesse seguir em frente, mesmo nos momentos de maior cansaço e insegurança.

Aos meus pais, Mércia e Flávio, por todo o amor, dedicação, valores e suporte ao longo da vida. Sou profundamente grata por cada ensinamento, por cada palavra de encorajamento e por acreditarem em mim mesmo quando eu mesma duvidei.

Às minhas irmãs, Sylvia Fernanda e Marina, pela amizade, pelo carinho constante e pela presença que sempre me fortaleceu. Ter vocês ao meu lado tornaram essa jornada mais leve.

Ao meu orientador, Professor Dr. Luiz Bueno da Silva, pela confiança, disponibilidade, orientação cuidadosa e pelas valiosas contribuições acadêmicas que foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Análise do Trabalho (LAT), Erivaldo, Josiane, Carmem, Aryelle, Adriana e demais, pelo convívio, pelas trocas de conhecimento, pelo apoio mútuo e pelo ambiente colaborativo que tanto contribuiu para minha formação científica.

Aos amigos do meu ambiente de trabalho na Seção de Compras da Pró Reitoria de Administração, e às minhas amigas, que, de diferentes formas, estiveram presentes ao longo dessa trajetória, oferecendo apoio, escuta, incentivo e momentos de leveza nos períodos mais intensos.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que este percurso se tornasse realidade. Esta tese é resultado não apenas de esforço individual, mas de uma rede de afetos, parcerias e aprendizados que levarei comigo por toda a vida.

Muito obrigada.

RESUMO

A consolidação do trabalho remoto no período pós-pandemia intensificou o uso das residências como ambientes permanentes de trabalho, ampliando a relevância das condições ambientais internas para a saúde, o conforto e o desempenho ocupacional. Nesse contexto, esta tese analisa, de forma integrada, a influência da morfologia urbana sobre as condições térmicas internas e os níveis de radiação não ionizante (RNI) de extrema baixa frequência em ambientes de trabalho remoto residenciais (ATRRs) situados em áreas caracterizadas como ilhas de calor urbana no município de João Pessoa, Paraíba. O estudo contemplou 50 ATRRs, nos quais foram realizadas medições *in loco* das variáveis térmicas (temperatura do ar, temperatura de globo, temperatura radiante média, temperatura operativa, umidade relativa e velocidade do ar) e dos níveis de RNI, associadas à análise de indicadores morfológicos urbanos do entorno, tais como densidade construída, verticalização, rugosidade urbana, vegetação e fator de visão do céu (FVC). Os resultados indicaram que a totalidade dos ATRRs apresentou temperaturas superiores aos limites recomendados por normas internacionais de conforto térmico, evidenciando condições recorrentes de desconforto térmico. Observou-se também que em toda amostra, os níveis de RNI excederam valores de referência adotados em estudos epidemiológicos de precaução, especialmente em ATRRs localizados próximos a infraestruturas elétricas urbanas e em contextos de maior complexidade morfológica. A aplicação de modelos de aprendizado de máquina, especialmente o algoritmo *Random Forest*, demonstrou elevado desempenho preditivo para a temperatura operativa e para a RNI, evidenciando relações não lineares entre as métricas morfológicas e as condições ambientais internas. A análise de importância das variáveis confirmou o papel central da forma urbana na modulação simultânea do ambiente térmico e da exposição à RNI em ATRRs. Em complemento, a aplicação da análise de clusters permitiu identificar tipologias morfológicas urbanas distintas, associadas a padrões diferenciados de conforto térmico e exposição à RNI. Os agrupamentos evidenciaram que os ATRRs não constituem um conjunto homogêneo, mas um mosaico ambiental, no qual diferentes configurações urbanas resultam em respostas térmicas e de RNI específicas.

PALAVRAS-CHAVE: Morfologia urbana; conforto térmico; radiação não ionizante; ambientes internos; trabalho remoto; ilhas de calor.

ABSTRACT

The consolidation of remote work in the post-pandemic period has intensified the use of dwellings as permanent work environments, increasing the relevance of indoor environmental conditions for health, comfort, and occupational performance. In this context, this doctoral thesis analyzes, in an integrated manner, the influence of urban morphology on indoor thermal conditions and extremely low-frequency non-ionizing radiation (NIR) levels in residential remote work environments (RRWEs) located in areas characterized as urban heat islands in the municipality of João Pessoa, Paraíba, Brazil. The study comprised 50 RRWEs, in which in situ measurements of thermal variables (air temperature, globe temperature, mean radiant temperature, operative temperature, relative humidity, and air velocity) and NIR levels were conducted, combined with an analysis of surrounding urban morphological indicators, such as built density, building verticalization, urban roughness, vegetation, and sky view factor (SVF).

The results indicated that all RRWEs exhibited temperatures above the limits recommended by international thermal comfort standards, evidencing recurrent conditions of thermal discomfort. It was also observed that, across the entire sample, NIR levels exceeded precautionary reference values adopted in epidemiological studies, particularly in RRWEs located near urban electrical infrastructure and within contexts of greater morphological complexity. The application of machine learning models, especially the Random Forest algorithm, demonstrated high predictive performance for operative temperature and NIR, revealing non-linear relationships between morphological metrics and indoor environmental conditions. Variable importance analysis confirmed the central role of urban form in the simultaneous modulation of the thermal environment and NIR exposure in RRWEs. In addition, cluster analysis enabled the identification of distinct urban morphological typologies associated with differentiated patterns of thermal comfort and NIR exposure. These groupings demonstrated that RRWEs do not constitute a homogeneous set, but rather an environmental mosaic in which different urban configurations result in specific thermal and NIR responses.

KEYWORDS: Urban morphology; thermal comfort; non-ionizing radiation; indoor environments; remote work; heat islands.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1.	Estrutura do trabalho.....	12
1.2.	Contextualização do tema.....	13
1.3.	Problemática e justificativa.....	14
1.4.	Objetivos.....	19
1.4.1	Objetivo geral.....	19
1.4.2	Objetivos específicos.....	19
1.5.	Hipóteses.....	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1.	O trabalho remoto no período pós - pandemia.....	21
2.2.	Condições de conforto em postos de trabalho remoto.....	25
2.3.	Conforto térmico.....	27
2.3.1	Variáveis térmicas do conforto térmico.....	30
2.3.1.1	Temperaturas do ar, de globo, radiante média e operativa(°C)	30
2.3.1.2	Velocidade do ar (m/s)	33
2.3.1.3	Umidade relativa (%)	34
2.4.	Ilhas de Calor.....	35
2.5.	Escalas meteorológicas.....	40
2.6.	Morfologia Urbana.....	43
2.6.1	Indicadores morfológicos.....	47
2.7.	Radiação não ionizante em ambientes de trabalho remoto.....	56
2.8.	Aprendizado de máquina (<i>Machine Learning</i> - ML)	61
2.8.1.	Algoritmos de Aprendizado de máquina (AM)	64
2.8.2.	Métricas de avaliação de desempenho	67
3	REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	70
3.1.	Critérios de elegibilidade e inelegibilidade.....	74
3.2.	Resultados da revisão sistemática e discussão.....	75
3.2.1	Visão geral dos artigos.....	76
3.2.2	Análise do conteúdo dos artigos.....	79
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	87
4.1	Natureza e classificação da pesquisa.....	86
4.2.	Caracterização da amostra e da área de estudo.....	87
4.3.	Panorama geral dos processos metodológicos.....	90
4.4.	Questionários Individuais e percepções térmicas.....	92
4.5.	Medições das variáveis térmicas.....	93
4.6.	Mensuração da radiação não ionizante.....	94
4.7.	Análise e mapeamento morfológico urbano do entorno dos ATRRs.....	96
4.7.1	Cálculo dos indicadores morfológicos urbanos.....	97
4.8.	Tratamento dos dados.....	101
4.9.	Considerações éticas.....	104
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	106
5.1.	Caracterização da amostra e resposta dos questionários.....	105
5.2.	Variáveis térmicas e condições climáticas externas.....	115

5.3. Radiação não ionizante.....	129
5.4. Indicadores morfológicos.....	137
5.4.1. Densidade, Verticalização e Rugosidade: O Cenário de Tambaú.....	142
5.4.2 Mapas de calor dos indicadores morfológicos.....	143
5.4.3. Interação entre Morfologia Urbana e Microclima Interno nos ATRR.....	152
5.5. Relação entre os indicadores morfológicos e as condições internas ambientais.....	155
5.6. Desempenho dos Modelos <i>Random Forest</i> em Diferentes Configurações Morfológicas Urbanas.....	163
5.7. Avaliação das Hipóteses e Integração dos Resultados.....	170
6. CONCLUSÃO.....	173
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	176
ANEXO 1.....	207
ANEXO 2.....	216
ANEXO 3.....	218
ANEXO 4.....	227
ANEXO 5.....	233
ANEXO 6.....	236
ANEXO 7.....	242
ANEXO 8.....	250

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Variabilidade espacial da temperatura de superfície (LST) para os anos de 2013 (A), 2016 (B), 2019 (C) e 2022 (D)	39
Figura 2 - Escalas climáticas.....	41
Figura 3 -Espectro eletromagnético.....	56
Figura 4 -Probabilidade acumulada da exposição residencial a campos magnéticos em países europeus.....	59
Figura 5- Etapas da construção de um modelo preditivo em Machine Learning.....	62
Figura 6- PRISMA - Diagrama de fluxo.....	75
Figura 7: Análise de rede de palavras-chave.....	79
Figura 8 - Distribuição dos ambientes de trabalho remoto residenciais selecionados.....	87
Figura 9 - Localização do município de João Pessoa – PB.....	88
Figura 10 - Variabilidade espacial do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para os anos de 2013 (A), 2016 (B), 2019 (C) e 2022 (D).....	89
Figura 11- Fluxograma das etapas do processo metodológico.....	91
Figura 12 – Estação Microclimática TGD-400.....	93
Figura 13 – Spectran NF- 5035.....	95
Figura 14: Representação da localização dos pontos de obtenção das fotos em 2 ATRRs	99
Figura 15- Edição de imagens no GIMP e representação do resultado do recorte da área de céu...100	
Figura 16 - Importação da imagem e tratamento do contraste para obtenção dos valores estimados do FVC.....	100
Figura 17- Distância ATRR18 e transformador de energia elétrica.....	134
Figura 18 - Mapa de calor de densidade de kernel da densidade construída na área de estudo.....	143
Figura 19 - Mapa de calor de densidade de kernel da taxa de ocupação na área de estudo...144	
Figura 20 - Mapa de calor de densidade de kernel da verticalidade na área de estudo.....	145
Figura 21 - Representação de dois extremos da variação de altura das edificações ao redor de 2 ATRRs (ATRR 22- no bairro de Valentina e ATRR 15- bairro de tambaú)	146
Figura 22 - Mapa de calor de densidade de kernel da rugosidade na área de estudo.....	147
Figura 23 - Mapa de calor de densidade de kernel do prospecto na área de estudo.....	148
Figura 24 - Mapa de calor de densidade de kernel da vegetação na área de estudo.....	149

Figura 25 - Mapa de calor de densidade de kernel do fator de visão do céu na área de estudo.....	151
Figura 26 - Fotos olho de peixe dos ATRRs com menor e maior FVC.....	152
Figura 27 -Melhores modelos de predição para Temperatura operativa (Top).....	157
Figura 28 -Melhores modelos de predição para Radiação não ionizante (RNI).....	157
Figura 29 - Importância das Variáveis preditoras do modelo via SHAP para Top.....	159
Figura 30 - Importância das Variáveis preditoras do modelo via SHAP para RNI.....	160
Figura 31 – Grau de importância (por cluster) das métricas da morfologia urbana na Top.....	169
Figura 32 – Grau de importância (por cluster) das métricas da morfologia urbana na RNI.....	170

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- combinações de busca da revisão sistemática.....	72
Tabela 2- artigos rejeitados e selecionados por base de dados.....	73
Tabela 3: Número de citações, área de pesquisa e periódico por artigo.....	75
Tabela 4: Características da amostra.....	106
Tabela 5: Médias e desvios padrões relativos às variáveis térmicas nos ATRRs e condições climáticas externas.....	116
Tabela 6: Valores obtidos da radiação não ionizante nos ATRRs estudados.....	129
Tabela 7: Quadro resumo indicadores morfológicos urbanos.....	138
Tabela 8: classificação rugosidade e Fator de visão do céu)	153
Tabela 9: Comparativo das métricas de desempenho obtidas para os modelos da variável resposta Temperatura operativa.....	156
Tabela 10: Comparativo das métricas de desempenho obtidas para os modelos da variável resposta RNI.....	156
Tabela 11: Síntese das tendências médias globais observadas nos valores SHAP dos indicadores morfológicos sobre as variáveis internas.....	158
Tabela 12: Medidas descritivas, MANOVA e ANOVA de um fator para métricas urbanas por clusters.....	164
Tabela 13 – Métricas de ajuste pelo método cross-validation com 10 folds.....	166
Tabela 14 – Grau de importância das métricas de morfologia urbana por grupo.....	167

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

AM – Aprendizado de máquina

ANSI - American National Standards Institute – USA

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers

ATRR - Ambientes de trabalho remoto residenciais

CENELEC - European Committee for Electrotechnical Standardization

CEP - Comitê de Ética em Pesquisas

CLT- Consolidação das leis do trabalho

ELF - EMF- Extremely Low Frequency eletromagnetic field

FVC – Fator de visão do céu

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICNIRP - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers – USA

IEC - International Electrotechnical Comission

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia

ISO- American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers

JCR - Journal Citation Report

OIT- Organização Internacional do Trabalho

OMS- Organização Mundial da Saúde

ONU- Organizações das Nações Unidas

PRISMA - Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis

RF – Radiofrequência

RMs- Regiões metropolitanas

RNI- Radiação não ionizante

SIG - Sistema de Informações Geográficas

TIC – Tecnologia de Informação e comunicação

TR – Trabalho remoto

UBL - Urban Boundary Layer

UCL- Urban Canopy Layer

UR – Umidade relativa

UV- Ultravioleta

WHO - WORLD Health Organization

WoS- Web of Science

1. INTRODUÇÃO

1.1 Estrutura do trabalho

Esta tese está estruturada em 6 capítulos, em que o primeiro consiste nesta introdução, onde apresenta-se a contextualização do tema, bem como a problemática, justificativa para realização do trabalho e a questão de pesquisa. Neste capítulo também é apresentado os objetivos e hipóteses.

O capítulo 2 abrange o referencial teórico, cuja fundamentação objetiva o fornecimento de suporte ao problema suscitado nesta pesquisa, enfocando conceitos e informações essenciais ao seu desenvolvimento. O capítulo 3 traz o resultado da revisão sistemática da literatura onde foi realizado um mapeamento e análise dos principais trabalhos atuais sobre os efeitos das características morfológicas urbanas, térmicas e de radiação não ionizante (RNI) em ambientes de trabalho remoto residenciais (ATTR).

No capítulo 4 a metodologia para realização deste trabalho é apresentada, incluindo caracterização da pesquisa, as ferramentas utilizadas, os métodos e procedimentos adotados para coleta, análise e tratamento de dados. O capítulo 5 é dedicado à apresentação e discussão dos resultados obtidos a partir da aplicação dos métodos propostos. Neste capítulo, os dados coletados nos ATTRs são analisados de forma individual e integrada, considerando as variáveis térmicas internas, os níveis de radiação não ionizante (RNI) e os indicadores de morfologia urbana.

Por fim, o capítulo 6 apresenta as conclusões da tese, sintetizando os principais resultados alcançados em relação aos objetivos e às hipóteses formuladas. Este capítulo também destaca as contribuições científicas e aplicadas do estudo, bem como suas limitações. Adicionalmente, são apresentadas recomendações para políticas urbanas, diretrizes de projeto e sugestões para pesquisas futuras, visando o aprimoramento das condições ambientais em ambientes de trabalho remoto residenciais inseridos em contextos urbanos complexos.

1.2 Contextualização do tema

Muitos países, no contexto pós-pandemia, favoreceram e estimularam a adoção de ambientes de trabalho remoto. Dessa forma, as residências tornaram-se extensões das empresas, o que trouxe à tona a necessidade de que esses ambientes atendam a condições adequadas de conforto ambiental. Durante a pandemia, intensificou-se a reflexão sobre a forma como os indivíduos passaram a permanecer por longos períodos em diferentes ambientes que podem não apresentar condições satisfatórias de conforto, sob o ponto de vista ambiental, incluindo processos térmicos associados à radiação, a exposição à radiação não ionizante, bem como aspectos relacionados à morfologia urbana. A radiação não ionizante está presente nesses ambientes providos de tecnologias modernas, e seus entornos podem apresentar infraestruturas elétricas e características morfológicas urbanas que podem estar associadas a diferentes níveis de exposição (Chavarrias *et al.*, 2021).

A morfologia urbana está relacionada à qualidade de vida nas cidades e pode interferir na mobilidade e em questões relacionadas ao conforto ambiental. Sendo assim, os ocupantes do edifício não estão isolados de seu ambiente de vizinhança. Os edifícios servem não apenas para proteger os ocupantes do ambiente externo e do clima adverso, mas também trazem elementos naturais favoráveis, como iluminação natural e ar fresco para o trabalho e para a vida dos seus ocupantes.

Um dos efeitos colaterais naturais do aumento da urbanização é a ampliação dos espaços construídos em detrimento aos espaços naturais, provocando significativas transformações da morfologia urbana, modificando a dinâmica das cidades. De acordo com dados da Organização das Nações Unidas (ONU), em 2020 aproximadamente 50% da população global vivia em centros urbanos, correspondendo a cerca de 3,5 bilhões de pessoas. Até 2050 este número poderá superar 70%, demonstrando a tendência de expansão e crescimento demográfico das cidades (UN, 2020). Esse processo de urbanização tem sido associado a alterações nas condições de conforto térmico ambiental urbano.

No que se refere ao conforto ambiental, mais especificamente ao conforto térmico, este pode ser compreendido como a condição de satisfação do indivíduo em relação ao ambiente térmico. Diversos fatores contribuem para essa percepção, incluindo aspectos físicos relacionados aos processos de troca de calor, condução, convecção, radiação e

evaporação, que ocasionam ganhos e perdas de energia entre o organismo humano e o meio. Esses processos são influenciados por variáveis meteorológicas como temperatura do ar, umidade relativa, movimento do ar e radiação, responsáveis por uma maior ou menor sensação de conforto térmico (Steeneveld *et al.*, 2011). Larriva e Higuera (2020) destacam que a qualidade do ambiente térmico é fundamental para o desempenho humano, e que a pandemia da COVID-19 evidenciou a importância dos espaços internos na garantia de condições adequadas de conforto para seus ocupantes. Assim, torna-se relevante investigar e qualificar as condições de conforto ambiental em ambientes residenciais destinados ao trabalho remoto, considerando suas especificidades.

Ao longo das últimas décadas, vem sendo aludido a compreensão das fontes modernas de radiação de extrema baixa frequência (*Extremely Low Frequency-ELF*) dentro e ao redor de conjuntos de edifícios, e seus efeitos sobre os habitantes e seus arredores. A radiação não ionizante (RNI) inclui uma variedade de radiações eletromagnéticas de extrema baixa frequência que são geradas por uma série de fontes, como equipamentos eletrodomésticos, sistemas de Wi-Fi, telefones celulares, entre outros dispositivos eletrônicos.

Esta rápida evolução da tecnologia exige uma evolução semelhante nos métodos de avaliação da exposição à essas fontes de radiação não ionizantes, de forma a fazer face à crescente complexidade da exposição espaço-tempo. Em um ambiente interno, a exposição a essas radiações pode depender de fontes externas, como rádio, transformadores adjacentes à construção ou antenas de telefones celulares, bem como de fontes internas, como, por exemplo, telefones celulares, eletrodomésticos, rede de área local sem fio etc. (Chiaromello, 2019; Silva *et al.*, 2024).

Sendo assim, a exposição residencial aos campos eletromagnéticos pode estar relacionada não apenas às fontes internas, mas também a fontes externas aos prédios, como subestações de transformadores de energia elétrica adjacentes, assim como aspectos da morfologia urbana em que a residência está inserida, podendo impactar no conforto térmico dos profissionais que ali se encontram. Além disso, a morfologia urbana pode estar associada à exposição à radiação não ionizante, considerando fatores como densidade construtiva, distribuição das edificações e infraestrutura de comunicação (Dias, 2018).

Apesar do avanço dos estudos sobre conforto térmico, morfologia urbana e radiação não ionizante, predominantemente conduzidos de forma isolada, ainda são limitadas as investigações que abordam essas variáveis de maneira integrada em ambientes internos de trabalho remoto residencial. Essa lacuna torna-se particularmente relevante em contextos urbanos densamente ocupados, nos quais o ambiente construído residencial está submetido a condições térmicas mais intensas e a uma maior presença de sistemas e equipamentos tecnológicos. No cenário pós-pandemia, em que o espaço doméstico passou a desempenhar papel central na saúde, no conforto e no desempenho ocupacional dos trabalhadores, a compreensão integrada dessas variáveis mostra-se fundamental.

1.3 Problemática e justificativa

A qualidade do ambiente interno avançou em termos de conforto térmico, qualidade do ar e construção para desempenho ambiental. Esses fatores se traduzem em sensações físicas de calor, ar fresco e conforto, versus correntes de ar frio e ar abafado. De acordo com Hosseini *et al.* (2024), a pandemia da COVID-19 levou a um aumento significativo na quantidade de tempo (cerca de 80% a 90%) que os indivíduos passam trabalhando e vivendo em ambientes fechados (quase 2/3 desse tempo em seus ambientes residenciais), sendo assim a qualidade ambiental interna uma questão muito importante. Consequentemente, tem havido uma preocupação crescente sobre as possíveis consequências associadas a vários fatores desses ambientes, pois muitas pessoas permaneceram em casa e muitas delas estão até os dias de hoje trabalhando em “*home office*”, com tendência cada vez maior dessa modalidade. Essa nova situação ressaltou a grande importância da qualidade e salubridade dos espaços de moradia como o lugar de vida, abrigo e proteção à saúde (Madurai Elavarasan, 2020).

A pandemia fez com que pessoas e organizações exercitassem sua flexibilidade para migrar rapidamente para novas formas de realizar seus trabalhos, utilizando ferramentas que já existiam, mas que ainda precisavam estar em pleno uso. Dessa forma, as residências precisam ser capazes de responder a perguntas sob medidas epidêmicas, como evitar efetivamente a propagação de doenças, como minimizar o efeito ambiental e como manter e

melhorar o conforto das pessoas que passam a maior parte do tempo trabalhando nestes ambientes (Tokazhanov *et.al*, 2020).

No século 20, a exposição ambiental a fontes artificiais de radiação eletromagnética teve um aumento representativo cujas principais causas deste aumento foram a demanda por eletricidade, o desenvolvimento da tecnologia sem fio e suas aplicações e a mudança no comportamento social das pessoas (Gavrilas e Kotsis, 2023). A radiação não ionizante é uma modalidade de radiação de baixa frequência, com comprimento de onda maior que 200 nm, e baixa energia, menor que 10 eV (elétrons-volts), incapaz de ionizar a matéria, que se propaga através de ondas eletromagnéticas, constituída por um campo eletromagnético, podendo ser provenientes de fontes naturais e não naturais, englobando a radiação ultravioleta, a luz visível, o infravermelho, a micro-ondas, as radiofrequências e os campos de extrema baixa frequência (INCA, 2019; Másculo, 2008).

As radiações não ionizantes ocupam uma ampla faixa de frequências eletromagnéticas e são emitidas por vários dispositivos elétricos, como radares, linhas de alta tensão, dispositivos de telecomunicações (telefones celulares), transmissores de televisão e outros (Kaplan *et al.*, 2016). Devido à sua baixa energia, as radiações não ionizantes não podem produzir efeitos negativos imediatamente após a exposição, enquanto apenas se intensificam em contato crônico. Essas radiações são mais seguras do que as radiações ionizantes (Bhattacharjee, 2023).

Devido à exposição cotidiana dos indivíduos às radiações não ionizantes de extrema baixa frequência, diversos trabalhos publicados buscam estabelecer uma conexão direta entre essa exposição e o desenvolvimento de doenças e distúrbios (Kheifets *et al.*, 2015; Elwood, 2017; Grellier, 2014). Entidades internacionais, como o ICNIRP (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*), WHO (*WORLD Health Organization*), Cenelec (*European Committee for Electrotechnical Standardization*), IEC (*International Electrotechnical Comission*), ANSI (*American National Standards Institute – USA*), IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers – USA*), diante das possíveis complicações advindas com a exposição a essa fonte de radiação têm publicado, nos últimos anos, recomendações adotadas por diversos países. O Brasil, por meio da agência reguladora Anatel, também acata as recomendações dos órgãos acima citados.

Desta forma, há diversos estudos que tratam da problemática envolvendo a radiação não ionizante, desde os voltados especificamente para avaliação dos níveis de intensidade de campos eletromagnéticos no interior das residências (Tomitsch *et al.* 2010; Yitzhak, 2012); aos que enfocam a exposição à radiação não ionizante proveniente de transformadores de energia elétrica e linhas de transmissão (Kandel *et al.*, 2013; Pavlik *et al.* 2017); aos que relacionam possíveis problemas epidemiológicos à exposição a este tipo de radiação (Draper *et al.*, 2005; Kheifets *et al.*, Calvente *et al.*, 2010; Câmara, 2014).

Ao longo das últimas décadas, a compreensão das fontes modernas de radiação de frequências mais baixas dentro e ao redor de conjuntos de edifícios, e seus efeitos sobre os habitantes e seus arredores, tem ganhado maior reconhecimento (Clegg *et al.*, 2020). Mas Mannan *et. al* (2020) enfatiza que essas radiações de frequência extremamente baixa são formas invisíveis de energia que podem ser encontradas, por exemplo, nos equipamentos eletrodomésticos. E a exposição a essa radiação pode se elevar à medida que o tempo de uso desses equipamentos aumenta.

Dessa forma, é essencial considerar a RNI como questão de precaução, incluindo políticas públicas, até que os efeitos sobre organismos vivos sejam mais claramente compreendidos (Gavrilas e Kotsis, 2023). Apesar das limitações, mesmo indícios de risco devem ser considerados para orientar pesquisas e intervenções futuras. Embora existam estudos refletindo sobre os efeitos das radiações não ionizantes, há poucas pesquisas comparadas ao rápido progresso e crescimento de dispositivos e tecnologias eletrônicas. E ainda, há considerável defasagem de tempo no que diz respeito à atualização das diretrizes propostas para limites de exposição desenvolvidas pela *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP), (Almekhlafi *et al.*, 2022).

Por outro lado, a partir de reflexões dos estudos realizados por Uritesco *et al.* (2019), Santamouris (2023), Silva *et al.* (2024), as radiações não ionizantes (RNI) internas aos ambientes podem sofrer impactos dos seus entornos. O crescimento das ilhas de calor, devido à urbanização crescente e a verticalização das edificações especialmente em regiões como o nordeste brasileiro, onde a temperatura do ar varia entre 27 °C e 31 °C, a combinação desses fatores e o avanço tecnológico podem intensificar os níveis de RNI nos ambientes internos. Mais tais fatores precisam ser melhor investigados, visto que, a morfologia urbana

não se limita somente à disposição física das edificações e ruas, mas também a infraestrutura que compõe o ambiente urbano.

A verticalização dos prédios associado à morfologia urbana aumenta a superfície de contato exposta à radiação e, conseqüentemente, há um aumento de absorção de radiação solar (Ferreira, 2014). Há diversos estudos que relacionam a exposição residencial à radiação não ionizante com a presença de subestações de transformadores de energia elétrica ou à presença de fontes eletrodomésticas residenciais (Dias, 2018). A morfologia urbana pode influenciar o microclima local e estar associada a variações na exposição residencial a campos eletromagnéticos, considerando fatores como adensamento urbano, altura dos edifícios, espaços entre construções, topografia, superfície do solo, albedo, emissividade, fator de visão do céu (FVC), sombreamento, presença de água, ventilação, poluição e vegetação (Santamouris et al., 2011).

O crescimento urbano, nem sempre planejado, pode favorecer a formação de microclimas intraurbanos, frequentemente descritos na literatura como ilhas de calor, os quais constituem um contexto ambiental caracterizado por maiores cargas térmicas e maior dependência de sistemas artificiais de condicionamento e iluminação. Esse cenário urbano pode estar associado a padrões específicos de consumo energético e à configuração dos campos eletromagnéticos internos, sem que tais relações sejam necessariamente diretas ou lineares (Collischonn e Ferreira, 2015; Souza *et al.*, 2005). Diante disso, mesmo com o fim da pandemia, é importante avaliar como fatores internos e externos ao ambiente residencial podem estar associados à qualidade do trabalho remoto, considerando desempenho ocupacional e conforto ambiental.

Portanto, torna-se pertinente analisar as relações entre características da morfologia urbana, condições térmicas e níveis de radiação não ionizante durante atividades de trabalho remoto em residências, o que motiva a seguinte questão de pesquisa:

Como as condições térmicas e os níveis de radiação não ionizante (RNI) de extrema baixa frequência em ambientes de trabalho remoto residenciais (ATRR) podem estar associadas a características da morfologia urbana em bairros caracterizados como ilhas de calor na cidade de João Pessoa, PB?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Analisar as interações entre a morfologia urbana e as variáveis térmicas e de radiação não ionizante, caracterizando o ambiente interno de trabalho remoto residencial, em bairros localizados em áreas descritas na literatura como ilhas de calor, em João Pessoa – PB.

1.4.2 Objetivos específicos

- a. Levantar, com base na literatura, a localização das ilhas de calor em João Pessoa-PB, para delimitação da amostra;
- b. Avaliar as percepções dos ocupantes quanto ao conforto térmico em ambientes de trabalho remoto residenciais (ATRRs) nos bairros selecionados;
- c. Quantificar, analisar e comparar variáveis térmicas nos ATRRs, considerando fatores morfológicos urbanos;
- d. Avaliar quantitativamente os níveis de radiação não ionizante (RNI) nos ATRRs, considerando características urbanas do entorno;
- e. Calcular e comparar indicadores morfológicos urbanos no entorno dos ATRRs;
- f. Analisar as interações entre aspectos morfológicos urbanos, condições térmicas e níveis de RNI, identificando padrões e associações relevantes.

1.5 Hipóteses

As hipóteses desempenham um papel fundamental na pesquisa científica, pois são declarações testáveis e preditivas que guiam o processo de investigação, ajudando a direcionar o foco do estudo, fornecendo uma estrutura lógica e clara para a coleta de dados e análise dos resultados. Ao formular as hipóteses, é possível definir expectativas específicas sobre as relações entre variáveis e os possíveis resultados do estudo. Além disso, as hipóteses permitem que ideias, teorias ou pressupostos sejam testados em relação aos dados coletados,

tornando o processo de pesquisa mais objetivo e confiável. Nesse contexto, na presente tese, foram formuladas as seguintes hipóteses:

H1 – A configuração da morfologia urbana em ilhas de calor condiciona o microclima interno dos ATRR, exacerbando o desconforto térmico em comparação com áreas de menor adensamento.

H2 – A rugosidade urbana e a densidade de infraestrutura elétrica atuam como fatores determinantes na variabilidade dos níveis de RNI nos ambientes internos, onde configurações mais complexas resultam em maiores níveis de exposição.

H3 – Existe uma convergência espacial e sinérgica entre o agravamento do desconforto térmico e os picos de radiação não ionizante, sendo a morfologia urbana o elemento mediador que potencializa ambos os riscos simultaneamente.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo é representado pelo referencial teórico, que reúne os conceitos, definições e conhecimento que alicerçam o desenvolvimento desta tese. Os assuntos discutidos são embasados em pesquisas publicadas nos mais diferentes periódicos e livros. Os tópicos que se seguem apresentam o estado da arte da literatura relacionada ao tema, que possibilitou um melhor entendimento acerca das características morfológicas urbanas, térmicas e radiação não ionizante em ambientes de trabalhos remotos residências em ilhas de calor.

2.1 O trabalho remoto no período pós - pandemia

O mundo atravessou um período de grande conturbação em função da pandemia provocada pelo coronavírus SARS-CoV-2, responsável por causar a doença COVID-19, declarada em 11 de março de 2020 pela Organização Mundial de Saúde (OMS), impactando diretamente no modelo de trabalho e consequentemente na qualidade de vida no trabalho, uma vez que após essa declaração muitas organizações passaram a adotar o trabalho remoto, sobretudo no próprio domicílio, devido às restrições de distanciamento social impostas pela pandemia (OCDE, 2021).

O teletrabalho é um termo que abrange arranjos de trabalho em que os funcionários trabalham, parcial ou totalmente, em um local remoto diferente de seu escritório central, geralmente usando tecnologias de informação e comunicação (TIC) (Sepanta e O'Brien, 2023). Além disso, Schmitz e Dias (2023) definem o teletrabalho como o uso de computadores e telecomunicações para mudar a geografia de trabalho aceito, referindo-se ao deslocamento do local de trabalho corporativo. O teletrabalho refere-se ao trabalho sob contrato, realizado de forma regular, possuindo regramento próprio, utilizando meios informatizados e telemáticos de comando, controle e supervisão.

Já o trabalho remoto pode ser realizado através de contrato, contrato de direito civil, bem como trabalho independente e não tem de ser uma solução permanente. É o conceito mais amplo que se refere ao trabalho efetuado em local diferente da empresa na qual a pessoa atua (Forbes, 2020). A CLT reconhece o trabalho remoto e teletrabalho como formas de

prestação de serviços externos, que exigem formalização contratual; já o termo “*home office*” não está presente na CLT, mas é considerado trabalho realizado em casa, podendo ser teletrabalho ou não. Segundo Bridi, Bohler e Zanoni (2020) o termo *home office* é uma denominação adotada majoritariamente no Brasil para se referir ao trabalho realizado em casa. A Organização Internacional do Trabalho (OIT) refere-se à *homeworkers* para designar os trabalhadores que realizam atividades que nos países de língua inglesa são comumente denominadas de *telework*, *work remotely* ou *work from home*.

Todos estes termos, no entanto, caracterizam-se por se tratar de um trabalho realizado fora da sede do empregador, que não precisa ser um local claramente definido como o local de residência, mas também pode ser realizado em trânsito, em viagem e permanecer em diferentes partes do mundo (Antczak e Horzela, 2021). Sua vantagem é a alta flexibilidade, independência de horário de trabalho e sua duração depende da rapidez e eficiência do trabalho. A desvantagem pode ser a falta de contato diário e direto com os colegas (Spica, 2020).

Segundo o IBGE (2021), em outubro de 2020 o contingente de trabalhadores atuando de forma remota no país foi de 7,56 milhões, representando 9,6% do total de pessoas ocupadas e não afastadas no mês, havendo grande estabilidade no percentual de pessoas em trabalho remoto em cada atividade, sendo o setor de serviços dominante, seguido pelo setor público; o setor industrial ficou estável em torno de 7,1%, similar ao comércio e à agricultura, com respectivamente 5,0% e 0,6%. Ainda segundo o IBGE (2021), em novembro de 2020 a região Nordeste era a segunda quanto à distribuição das pessoas em *home Office* pelas regiões geográficas nacionais, com 16,1% do total de pessoas ocupadas e não afastadas, tendo Pernambuco o terceiro maior percentual por estado da região, com índice de 18,8%, idêntico ao estado do Ceará.

Em pesquisa realizada por Góes, Martins e Alves (2023) cerca de 20,5 milhões de pessoas no país estão em ocupações com potencial de serem realizadas de forma remota, o que representa 22,6% do total de ocupados. As mulheres são a maioria dos trabalhadores em teletrabalho potencial (cerca de 58%), mas os homens são responsáveis por mais da metade (54,5%) da massa salarial desse regime laboral. Holgersen *et al.* (2021) em estudo para estimar a proporção de trabalhos que podem ser exercidos no formato remoto observaram que apenas 38% dos trabalhos na Noruega podem ser realizados em casa. Já em países em

desenvolvimento como Brasil, Costa Rica e Peru menos de 10% dos trabalhos urbanos podem ser realizados remotamente (Gottlieb *et al.*, 2021).

Antes da pandemia havia evidências de considerável resistência ao trabalho *home Office* por questões relacionadas à tecnologia, conformidade com a regulamentação trabalhista, produtividade e desempenho dos empregados, questões as quais foram resolvidas em decorrência da pandemia, fazendo então com que o trabalhar em casa, ou alguns setores, provavelmente se tornasse o “novo normal” (Williamson, Colley e Hanna-Osborne, 2020).

Em estudo realizado na Suécia, avaliando o tempo gasto em diferentes atividades, durante as 24 horas diárias, por 484 trabalhadores que estavam trabalhando em *home Office*, constatou-se que houve um aumento no tempo de sono e de lazer, decorrente da eliminação de tempo gasto no transporte até o trabalho. Ao mesmo tempo em que este modelo pode trazer algum benefício para algumas pessoas, outros efeitos colaterais têm-se observado entre trabalhadores e estudantes inseridos neste contexto (Hallman *et al.*, 2021).

Em muitas organizações há uma diferença considerável da produtividade individual de um trabalhador durante o trabalho remoto, em relação ao seu local de trabalho normal, em decorrência de questões relacionadas não apenas à tecnologia, mas também à organização do trabalho e conforto, que podem afetar a saúde (Afrianty *et al.*, 2021; Dingel e Neiman, 2020). Já Siqueira *et al.* (2020) verificaram, ao analisar 424 entrevistados no Brasil, que trabalhadores que migraram para o trabalho remoto no ramo de telecomunicação corriam o risco de desenvolver distúrbios vocais. Kenny (2020), relata em seu estudo que o ambiente de trabalho contribui de forma significativa para o desconforto vocal e do trato vocal.

Ao comparar os níveis de atividade física e comportamento sedentário entre trabalhadores em *home Office* e nos locais de trabalho utilizando uma amostra de 1239 entrevistados em Tóquio, Fukushima *et al.* (2021) constataram que trabalhadores em home office eram menos ativos fisicamente e possuíam mais tempo de sedentarismo durante o trabalho.

A pandemia de COVID-19 acelerou a tendência para o teletrabalho. Muitos previram que isto transferiria a procura de casas nos subúrbios para casas com potenciais para escritórios de alta qualidade. Foi analisado estas previsões através de questionários à população em idade ativa que vive no setor de casas privadas. A maioria estavam satisfeitos

com seu ambiente de trabalho remoto, mas os novos teletrabalhadores que planejavam continuar a fazê-lo foram caracterizados por uma maior intenção de se mudarem. Consistente com as previsões, estes teletrabalhadores valorizavam mais um escritório doméstico de alta qualidade e com conforto térmico (Schulz, Watson e Wersing, 2023).

A adoção em larga escala do trabalho remoto pós - pandemia permitiu trabalhadores a produzirem instalações de *home office* sob medida que sejam consideradas superiores aos escritórios, especialmente quando se trata de desenvolver trabalhos que exijam concentração. Como resultado, espera-se que a tolerância para locais de trabalho de baixo desempenho diminua provavelmente após a COVID e que haja um interesse renovado em proporcionar locais de trabalho de alto desempenho para a indústria (Marzban *et al.*, 2023).

Em pesquisa realizada sobre o impacto do trabalho em casa sobre a saúde física e mental, concluíram que para atenuar os possíveis efeitos sobre a saúde dos trabalhadores no modelo *home Office* se faz necessário adotar considerações de fatores mais amplos do sistema, e não apenas sobre o mobiliário, já que a relação saúde/trabalho é bastante complexa (Oakman *et al.*, 2020).

Embora os resultados ainda sejam variados, alguns estudos como os de Angelucci *et al.* (2020), Etheridge *et al.* (2020), Morikawa (2020), Kawaguchi e Motegi (2021), Bertoni *et al.* (2021), Barrero *et al.* (2021) e Ishii *et al.* (2021) examinaram o trabalho remoto durante a pandemia de COVID-19 com base na aplicação de questionários aos profissionais. A maioria deles examinaram os efeitos em um ou dois parâmetros (por exemplo, emprego, renda, produtividade subjetiva (autorrelatada), saúde mental e ansiedade), o estudo de Ishii *et al.* (2023) usou dados de painéis representativos para estimar o trabalho remoto em um conjunto mais amplo de resultados, incluindo saúde mental, produtividade subjetiva, envolvimento no trabalho, ansiedade e horas de sono.

De acordo com Kawakubo *et al.* (2025), o efeito dos ambientes residenciais na produtividade do trabalho permanece em debate, em parte porque a maioria dos edifícios residenciais não foi originalmente projetada para acomodar jornadas de trabalho prolongadas. Apesar dessas incertezas, pesquisas destacaram certos fatores ambientais que influenciam a produtividade no ambiente de trabalho em casa. A qualidade do ambiente interno, que inclui fatores como os ambientes térmico, do ar, acústico e de iluminação, foi identificada como um fator-chave da produtividade nesses tipos de ambientes de trabalho.

Em particular, o conforto térmico é há muito reconhecido como um dos fatores mais importantes que afetam a produtividade, o que levou a uma extensa pesquisa, especialmente em ambientes como escritórios (Manu *et al.* 2024).

Nesta tese utilizou-se esses termos supracitados (teletrabalho, trabalho remoto, *home office*) como sinônimos. No entanto, foram analisados apenas trabalhadores em ambientes de trabalho remoto residenciais (ATRR) que utilizavam tecnologias de informação e comunicação (TIC) em ilhas de calor na cidade de João Pessoa, Paraíba.

2.2 Condições de conforto em postos de trabalho remoto

A pandemia da COVID-19 em 2020 causou uma mudança transformadora na dinâmica do trabalho, levando a um aumento substancial do teletrabalho e do trabalho em casa como alternativas ao trabalho tradicional em escritórios. Essa transição destacou a importância do conforto térmico em espaços residenciais, visto que as casas se transformaram em escritórios improvisados para um número significativo de trabalhadores (Weber e Hurley, 2021). Essa mudança não apenas reflete a evolução das culturas de trabalho, mas também levanta questões importantes sobre o ambiente térmico e o desempenho profissional em ambientes domésticos em comparação com os ambientes de escritórios tradicionais.

No contexto pandêmico, um dos principais efeitos das estratégias no trabalho foi que as empresas e repartições foram forçadas a migrar para o trabalho remoto, uma vez que trabalhar a partir de casa se tornou uma atividade diária para muitos funcionários e trabalhadores, o que afetou o aumento do número de horas de trabalho e impacto nas condições domésticas no desempenho destas atividades.

As casas passaram a desempenhar mais uma função. O espaço que antes era utilizado predominantemente como dormitório e espaço de lazer e descanso, passou a incorporar atividades de trabalho, alterando a rotina cotidiana do trabalhador. Muitas vezes, trabalhar em casa faz com que estas pessoas organizem seus intervalos de descanso e refeição, além dos hábitos diários de forma distinta àquela praticada quando se está no escritório (Oliveira, 2017).

Devido às restrições da pandemia, as casas tornaram-se também locais de trabalho. Portanto, as casas precisaram ser redesenhadas para atender a essa nova necessidade e o uso do escritório deve fazer parte do projeto da casa pós-pandemia, pois trabalhar em casa requer um ambiente confortável (Hanna, 2023). Desta forma, com a pandemia percebe-se que a maioria dos parâmetros de projetos residenciais existentes não estão preparados para enfrentar epidemias, resultando em incapacidade de satisfazer muitas das necessidades principais e emergentes dos seus moradores.

Neste contexto, foi concebido um conjunto de visões práticas e recomendações para o design de casas e *home offices* pós-COVID, visando a mudança no design do espaço, na preparação do espaço e nos complementos de design. Estas visões são integradas para conter as diversas necessidades dos residentes impostas por epidemias ou outras circunstâncias, ao mesmo tempo que dão alta prioridade à prevenção da transmissão de infecções e ao apoio à saúde física e mental dos residentes (Amerio, 2020).

Singh e Walia (2023) estudaram os impactos do trabalho remoto onde as salas anteriormente utilizadas para outros fins foram modificadas para atender às novas demandas de trabalho de escritório, mas careciam de conforto térmico, iluminação natural, ventilação, acústica, privacidade e áreas de circulação comuns necessárias, entre outras coisas. É entendível que a situação que prevaleceu durante o período inicial da pandemia tenha sido única e poderá nunca mais se repetir, mas é importante compreender que o trabalho remoto a partir de casa permanecerá como parte do cenário normal de trabalho para muitos trabalhadores, por isso torna-se importante definir novas normas e diretrizes para a construção de casas/unidades habitacionais adequadas para o trabalho. Estas diretrizes ajudarão os projetistas e construtores a incorporarem as alterações e a cumprir os requisitos nas fases iniciais do planeamento, o que evitará as alterações pós-construção e, indiretamente, poupará o custo global e garantirá condições confortáveis nos “*home offices*”.

Uma avaliação por meio de modelos computacionais do trabalho remoto utilizando uma abordagem comparativa foi realizada por Srivastava *et al.* (2024). Foi previsto o impacto de 10 atributos espaciais do local de trabalho nas percepções de conforto, desempenho e aspectos de bem-estar, como sensação de conexão e atividade física. Foram analisadas um total de 614 respostas com trabalhadores dos Estados Unidos e do Canadá. Os resultados indicaram que o desempenho percebido no trabalho foi significativamente maior

no escritório, enquanto o conforto e o bem-estar foram significativamente maiores em casa. Análises utilizando modelos de regressão logística revelam que temperatura, ruído, mobiliário da estação de trabalho foram os preditores mais significativos da percepção do desempenho no trabalho. Os resultados do estudo podem informar o projeto de futuros ambientes de trabalho que otimizem os benefícios do trabalho remoto e do escritório.

Pesquisas indicam que 15,54% da satisfação no trabalho depende do espaço físico, sendo que variáveis como temperatura, iluminação, arranjos espaciais podem influenciar diretamente na produtividade dos indivíduos ao transformar o espaço de habitação em espaço de trabalho. A relação entre a saúde do usuário e o ambiente construído está diretamente ligada ao conforto ambiental, que agrupa os confortos térmico, lumínico, acústico e olfativo, além da ergonomia espacial (Hameed e Amjad, 2009).

Nesta tese o foco principal constituiu-se na investigação de variáveis térmicas e da radiação não ionizante em ambientes de trabalho remoto residenciais, mas levando-se em consideração aspectos morfológicos do entorno dessas edificações.

2.3 Conforto térmico

O conforto térmico é definido de forma consensual por muitos autores como o termo utilizado para descrever um equilíbrio de fatores ambientais e pessoais que levam uma pessoa a se sentir satisfeita e confortável em seu ambiente térmico, sendo dependente de seis fatores: temperatura, umidade relativa, temperatura radiante média, velocidade relativa do ar, roupas e metabolismo. A sensação de conforto depende de diversos fatores, sejam climáticos ou fisiológicos.

O estudo do conforto térmico surgiu com a necessidade de condicionamento de ambientes fechados para um melhor rendimento das atividades humanas, especialmente no trabalho (Nince, 2013). O estudo do conforto térmico tem como objetivo diagnosticar e analisar as condições de um ambiente e diagnosticá-lo termicamente, podendo-se obter subsídios para a obtenção de condições térmicas adequadas à ocupação humana e às atividades desempenhadas (Vasconcelos, 2015).

O conforto é um estado de bem-estar, sentido no tempo e no espaço, em que condicionantes ambientais, morfológicos e econômicos proporcionam satisfação física e

psicológica (Freitas, 2008). Fabi *et al.* (2012), Mishra e Ramgopal (2013), apresentaram os fatores que contribuem para a modificação do comportamento humano e que podem influenciar no ambiente térmico, todos eles são diretamente ou indiretamente dependentes do usuário, são eles: fatores físicos (temperatura do ar, umidade, velocidade do ar, ruído, iluminação e odor), contextuais (orientação da fachada, localização e dimensionamento das aberturas e isolamento do edifício), psicológicos (conforto ambiental, saúde, segurança, conscientização ambiental, hábito e estilo de vida), fisiológicos (idade, sexo, saúde, vestimenta, nível de atividade, ingestão de alimentos e bebidas) e sociais (interação entre ocupantes e a estrutura funcional da edificação). Estes fatores influenciam como o indivíduo interage com o sistema arquitetônico da unidade habitacional.

Quando se fala em temperatura no interior dos espaços habitados, deve-se levar em consideração alguns fatores que influenciam esta variável, como ventilação natural, envoltória das edificações, atividade desenvolvida, dentre outros. Sharma *et al.* (2021) em seu estudo concluíram que quando indivíduos são expostos a altas temperaturas por períodos prolongados nas cidades, principalmente idosos e bebês, podem sentir desconforto térmico e desenvolver doenças como erupções cutâneas, edema de calor, síncope por calor, câibras e insolação. O conforto térmico ao redor das edificações é controlado principalmente pelo uso e cobertura do solo e pelas características físicas desses ambientes construídos. Dentre as características físicas, a altura do edifício é o elemento de maior destaque, estimulando o desconforto térmico, pois regula outros elementos ligados aos microclimas urbanos, como o fator de visão do céu e a ventilação (Nguyen *et al.*, 2024).

Os resultados do estudo de Cheshmehzangi (2021) sugerem que, com base nos dados recolhidos, existe uma ligação definitiva entre as taxas de insatisfação e as implicações das condições dos ambientes de trabalho remoto. As conclusões do estudo poderão ajudar a encontrar soluções para uma melhor concepção do ambiente interior, padrões atualizados e caminhos para novas diretrizes políticas. Uma discussão sobre a análise de observação destaca as questões que são importantes para o estudo de residências e da saúde. Estudos também sobre as consequências das ilhas de calor em ambientes urbanos têm ressaltado os problemas provocados pelo desconforto térmico, com impactos sobre a saúde, a produtividade no trabalho, o consumo de energia elétrica, e a sociabilidade, afetando negativamente a qualidade de vida das pessoas.

Uma pesquisa bibliográfica realizada por Antoniadis, Katsoulas e Papanastasiou (2020) mostrou que o projeto típico de pátios escolares urbanos (ou seja, materiais de superfície densos, ausência de árvores) desencadeou altas temperaturas de superfície e aumento da absorção de carga de calor radiativo durante um dia claro com intensa radiação solar e que a cobertura vegetal tem um impacto positivo no microclima do pátio escolar, melhorando o conforto térmico e reduzindo a percepção do estresse térmico das crianças.

As condições térmicas analisadas por Sun *et al.* (2021) nos quartos das crianças em Xangai foram piores do que o esperado, e essas condições resultaram no risco de asma e pneumonia. A relação dose-resposta sugeriu prestar mais atenção ao conforto térmico e aos resultados adversos à saúde causados pelo ambiente frio relativo à estação de transição. Larriva e Higuera (2020) complementam que em áreas urbanas densas há um risco significativo para a saúde devido à poluição sonora e temperaturas extremas.

As interações entre formas e dimensões dos edifícios podem afetar o conforto térmico, e a alteração do design ou da orientação de um edifício afeta o seu desempenho térmico (Zoure e Genovese, 2023). Uma das estratégias plausíveis para se adaptar ao aumento das temperaturas é conservar os espaços verdes atuais em todas as suas formas e aumentar o verde urbano sempre que possível, seja na forma de gramados privados e pequenos jardins, espaços verdes públicos ou plantações de avenidas, sendo este um ponto consensual em todos os autores analisados.

A estratégia mais eficaz para melhorar o conforto térmico no espaço aberto é aumentar a taxa de cobertura de árvores (Ma *et al.*, 2020). Pereira, Broday e Xavier (2020) ao final de sua pesquisa expõem que um bom ambiente térmico é crucial para o aprendizado e conforto de acadêmicos, professores e profissionais de saúde e que a pandemia de COVID-19 destacou como a qualidade dos espaços internos é importante para garantir a saúde dos ocupantes.

Ao avaliarem o ambiente térmico de uma sala de aula, Lin *et al.* (2020) constataram que um ambiente muito quente afetou a capacidade de aprendizado. A secura, ruído de diferentes fontes e iluminação inadequada foram significativamente associados a sintomas adversos à saúde. Cao *et al.* (2021) demonstram que a temperatura é o principal fator que afeta a qualidade do sono, enquanto a umidade relativa tem efeitos relativamente insignificantes. Xiong *et al.* (2016) também discutem que as ilhas de calor proporcionam

elevadas temperaturas modificando a temperatura da pele e a ativação de citocinas inflamatórias. Além disso, a intensidade da temperatura tem impactos significativos nos parâmetros fisiológicos humanos.

2.3.1 Variáveis térmicas do conforto térmico

Segundo a ASHRAE (2017), há sete fatores principais que devem ser abordados ao definir as condições de conforto térmico, independente dos fatores secundários que também podem influenciá-lo em algumas circunstâncias. Essas variáveis estão divididas em variáveis ambientais e variáveis humanas ou pessoais.

As variáveis pessoais são:

- ✓ Metabolismo;
- ✓ Resistência térmica das vestes;

Enquanto as variáveis ambientais são:

- ✓ Temperatura do ar ou de bulbo seco;
- ✓ Temperatura radiante média;
- ✓ Temperatura operativa;
- ✓ Velocidade do ar;
- ✓ Umidade relativa do ar.

Conhecer todas as variáveis térmicas de determinado ambiente é muito importante pois elas afetam a eficiência do trabalho e podem diminuir a produtividade (Broday, 2015). Nesta tese foram analisadas as variáveis ambientais temperaturas do ar, temperatura de globo, temperatura radiante média, temperatura operativa, umidade relativa e velocidade do ar que serão detalhadas abaixo.

2.3.1.1 Temperaturas do ar, de globo, temperatura radiante média e temperatura operativa

A temperatura do ar (t_a) ou temperatura de bulbo seco (t_{bs}) é a temperatura do ar que circunda o corpo humano. Conforme Coutinho (2011), ela está diretamente ligada às trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente como todo. Influencia o conforto térmico

na medida em que está intrinsecamente ligada às taxas de transferência de calor por convecção que ocorrem entre o homem, através do sistema respiratório e da pele, e o ambiente que o cerca (Medeiros, 2014).

Tanto a temperatura do ar, tomada a certa distância do corpo, pode não representar verdadeiramente o fluxo de calor existente como também sua verificação muito próxima do corpo vestido pode ser influenciada pela superfície coberta, onde normalmente se apresenta uma fina camada levemente mais aquecida (Andreasi, 2009).

A temperatura do ar pode ser medida com termômetros de mercúrio, de resistência ou termopares. Para tanto sugere-se um equipamento com escala mínima de 0 a 50°C, precisão mínima de $\pm 0,1^\circ\text{C}$, exatidão de $\pm 0,5^\circ\text{C}$ e com tempo de resposta adequado ao número de medidas a serem executadas. Um fator importante a ser considerado na medição da temperatura é o efeito de radiação das superfícies sobre o sensor, assim sendo deve-se colocar um anteparo de modo a evitar a interferência da radiação (Comiran, 2014).

Por outro lado, a temperatura de globo (tg) é mensurada através de um termômetro inserido em uma esfera negra oca de cobre pintada externamente com tinta preta fosca, promovendo maior absorção da radiação e assim permitindo avaliar o nível de radiação térmica das superfícies existentes no ambiente analisado. A esfera deve ter aproximadamente 1 mm de espessura e teoricamente qualquer diâmetro. Quanto menor ele for, contudo, maiores serão as influências da temperatura e da velocidade do ar. Recomenda-se um globo com 0,15m de diâmetro (Coutinho, 2011).

Em relação à temperatura radiante média (trm) pressupõe que os efeitos sobre o homem, de um ambiente real, geralmente heterogêneo, e de um ambiente imaginário, homogêneo, são idênticos. É a temperatura uniforme de um ambiente imaginário no qual a transferência de calor por radiação do corpo humano é igual à transferência de calor por radiação em um ambiente real não uniforme. Pode ser medida por instrumentos que permitam que a radiação, geralmente heterogênea das paredes de um ambiente real, seja integrada em um valor médio (Andreasi, 2009; Lamberts, 2014).

Esta variável está relacionada com as trocas de calor em forma de radiação entre o indivíduo e as superfícies circunvizinhas. Caso a temperatura média da superfície externa à das vestimentas utilizadas seja maior que as das superfícies ao seu redor, ocorrerá a perda de calor através de radiação pelo organismo (Medeiros, 2014). Em caso contrário, ocorrerá

ganho de calor. Alfano *et al.* (2013) menciona que esta é uma das variáveis mais importantes na avaliação do conforto térmico, especialmente durante condições climáticas quentes e ensolaradas. Em ambientes moderados, onde o objetivo é manter condições de conforto para os ocupantes, a temperatura radiante média é um fator muito importante, especialmente em edifícios que são expostos a radiação solar intensa.

Conforme Broday (2015) vários equipamentos estão disponíveis para o cálculo da temperatura radiante média. O instrumento mais popular é o termômetro de globo negro, devido ao seu baixo custo. Pode ser determinado um valor aproximado da temperatura radiante média através de valores observados da temperatura de globo (t_g) e da temperatura (t_a) e velocidade do ar (v) ao redor do globo. Para Lamberts (2014) como a temperatura radiante média é medida em relação ao corpo humano, o termômetro de globo tipo esférico o representa bem na posição sentado, porém um sensor do tipo elipsoide representa melhor o corpo humano quer seja na posição em pé, como na sentado.

A base do cálculo da t_{rm} é que estando o globo em equilíbrio térmico com o ambiente, então o calor trocado por radiação entre o globo e as superfícies circundantes é igual ao calor trocado por convecção entre o globo e o ar. Como a espessura do globo é pequena, a temperatura do ar confinado nele é aproximadamente igual à temperatura da superfície do globo. Conhecendo-se a temperatura superficial do globo é possível determinar a t_{rm} (Ruas, 1999).

Seu valor pode ser obtido, em função das temperaturas de globo e de bulbo seco (temperatura do ar) e/ou velocidade absoluta do ar, por meio da equação 1 ou 2 (Coutinho, 2011):

- Para convecção natural

$$T_{rm} = [(t_g + 273)^4 + 0,4 \times 10^8 |t_g - t_a|^{0,25} \times (t_g - t_a)]^{0,25} - 273 \quad (1)$$

- Para convecção forçada

$$T_{rm} = [(t_g + 273)^4 + 2,5 \times 10^8 \times v^{0,6} \times (t_g - t_a)]^{0,25} - 273 \quad (2)$$

Onde:

T_{rm} = temperatura radiante média (°C)

T_g = temperatura do termômetro de globo (°C)

T_a = temperatura de bulbo seco do ambiente (°C)

v = velocidade do ar na altura do globo (m/s)

Por fim, a temperatura operativa é definida pela Norma ASHRAE 55/17 como a temperatura uniforme de um ambiente imaginário, considerado um corpo negro, em que o ocupante trocaria a mesma quantidade de calor por convecção mais radiação que em um ambiente real não uniforme. Para Coutinho (2005) quando a temperatura radiante média é igual à de bulbo seco, a temperatura operativa se torna a própria temperatura de bulbo seco.

Ela é representada pela equação 3:

$$Top = \frac{(Tbs \times hc + Trm \times hr)}{hc + hr} \quad (3)$$

Onde:

T_{bs} = temperatura de bulbo seco ou do ar (°C)

T_{rm} = temperatura radiante média (°C)

H_c =coeficiente de troca convectiva

H_r = coeficiente de troca radiativa

2.3.1.2. Velocidade do ar (m/s)

A velocidade do ar (v) é uma variável de grande influência no conforto térmico, pois ajuda os processos de troca de calor do corpo com o ar ambiente através da convecção e da evaporação na pele. Assim, a sensação térmica é obtida pela intensidade da ventilação. Especialmente para o clima quente-úmido, a ventilação pode representar um fator imprescindível, visto que representa o fator climático que ajuda a diminuir a sensação térmica desconfortável provocada pelo calor e favorece o processo de evaporação do suor. Além de possuir uma influência direta na percepção do conforto térmico global, também pode provocar desconforto localizado, devido a possíveis existências de correntes de ar (Antonelli, 2012).

De acordo com Siqueira (2015) não existe uma velocidade mínima necessária quando o ambiente já está confortável. Vale ressaltar, que ausência de movimento pode gerar a sensação de congestão do ar e o ar muito rápido pode gerar correntes, que são desagradáveis para os indivíduos. O limite aceito como confortável para a velocidade do ar na zona ocupada é função das condições gerais do ambiente (temperatura, umidade e trm), das condições do ar em movimento (temperatura e umidade), da presença de transpiração e da região do corpo exposta, sendo o pescoço, tórax e tornozelos as regiões mais sensíveis.

Os equipamentos mais usuais para a medição desta variável são os anemômetros de fio quente e os anemômetros de esfera aquecida. A ISO 7726 (2002) diz que três características dos instrumentos de medição devem ser consideradas: a sensibilidade à direção do fluxo de ar, a sensibilidade às flutuações de velocidade e a possibilidade de se obter um valor de velocidade média e desvio-padrão após certo período de medição (Broday, 2015).

2.3.1.3. Umidade relativa (%)

A umidade relativa (UR) define para a temperatura do ambiente a relação entre o teor em vapor d'água que o ar contém e o teor máximo que poderia conter (Gobo, 2013). Ela representa a porcentagem de vapor d'água existente no ar em relação ao máximo que poderia existir aquela temperatura. Conforme Vasconcelos (2015) pode ser medida através do psicrômetro, equipamento que mede simultaneamente a temperatura de bulbo seco, ou do ar e a temperatura do bulbo úmido. Com essas duas leituras, o valor da umidade do ar é obtido pela utilização das relações psicrométricas constantes da norma ISO 7726/2002.

Esta variável está relacionada com os processos de perda por evaporação. Para ambientes térmicos que sejam moderados percebe-se que a influência da umidade relativa é irrelevante. Porém quando a temperatura do ar é elevada, o organismo ganha calor através de radiação e convecção, ficando a evaporação para eliminar este calor em excesso. Levando em consideração que a eficiência dessa evaporação decresce na medida em que aumenta a umidade relativa, é necessária uma boa ventilação para manter o conforto térmico (Medeiros, 2014).

2.4 Ilhas de Calor

Nos últimos anos, o aquecimento global, a rápida urbanização e o aumento da população urbana exerceram um efeito considerável sobre o ambiente térmico urbano. As superfícies artificiais estão substituindo consistentemente a cobertura natural do solo. Segundo Kotharkar *et al.* (2023) isso influencia o microclima e os eventos climáticos e resulta em temperaturas diurnas quentes e taxas de resfriamento noturnas reduzidas. Além disso, vários fatores agregam e ampliam a temperatura ambiente e o calor antropogênico. Estas mudanças no ambiente físico das cidades contribuem enormemente para mudanças no clima urbano.

Devido às atividades antrópicas, as cidades estão passando por uma série de problemas ambientais, entre os quais o superaquecimento urbano causado tanto pelo aquecimento global quanto pelo fenômeno das ilhas de calor urbanas. Este adensamento urbano excessivo em países tropicais como Brasil pode gerar a formação dessas ilhas de calor, que são áreas com microclimas anômalos provocados pela verticalização das edificações associada à ausência da vegetação, entre outros fatores, gerando aumento das temperaturas locais, a canalização dos ventos e exposição solar indesejada, o que pode promover maior consumo de energia (Barbosa *et al.*, 2019).

O efeito da ilha de calor é mais intenso em dias calmos e claros, e é mais fraco em dias nublados e com ventos, uma vez que mais energia solar é capturada em dias claros, e ventos mais brandos removem o calor de maneira mais vagarosa, fazendo com que a ilha de calor se torne mais intensa. Para reduzir os efeitos das ilhas de calor, deve-se primeiro entender as suas causas. Em 1833, Luke Howard hipotetizou que o excesso de calor nas cidades era causado por pessoas, animais e “fogos” (diversas fontes de combustão) durante o inverno. Ao notar que as áreas urbanas eram mais quentes também durante o verão, Howard atribuiu essa condição à maior absorção da radiação solar pelo “conjunto de superfícies verticais” da cidade e à falta de umidade disponível para evaporação (Top *et al.*, 2020; Van Hove *et al.*, 2015).

Santamouris, Synnefa e Karlessi (2011) analisaram que o efeito das ilhas de calor está relacionado a temperaturas urbanas mais altas nos centros das cidades em comparação com as áreas rurais ou suburbanas circundantes. O fenômeno está relacionado

principalmente à alta densidade de edifícios e estruturas urbanas que absorvem a radiação solar, o uso de materiais altamente absorventes, a falta de espaços verdes e as características dos cânions urbanos e a produção de calor antropogênico.

À medida que a urbanização avança, espera-se que o efeito das ilhas de calor se intensifique ainda mais, impactando nas condições do ar (Han *et al.*, 2022) e nos riscos térmicos à saúde (He *et al.*, 2022). Esses impactos são particularmente pronunciados em núcleos urbanos, onde a alta densidade de construções, extensas superfícies impermeáveis e intensas atividades humanas normalmente resultam em temperaturas atmosféricas elevadas e efeitos das ilhas de calor mais intensos (Tang *et al.*, 2025).

O calor antropogênico é composto principalmente por emissões de fontes de calor domésticas (especialmente consumo de energia para resfriamento), fontes de calor de transporte e fontes de calor industrial. A contribuição do calor antrópico para a intensidade das ilhas de calor é em média de 29,6% ao longo do dia (He *et al.*, 2007). Para Wang e He (2023) indicadores morfológicos, como orientação do quarteirão, relação altura/largura da rua e densidade de construção, são o controle do calor antrópico. Portanto, as emissões antropogênicas de calor e o seu efeito de aquecimento podem ser potencialmente regulados por estratégias adequadas do desenho urbano.

O calor urbano refere-se a altas temperaturas que podem ameaçar a saúde e o bem-estar dos indivíduos e das comunidades (NSW, 2022). O calor urbano intensifica-se com as ilhas de calor com eventos de calor extremo. Como resultado das alterações climáticas globais e da urbanização em curso, a frequência e a intensidade do calor urbano continuam a aumentar (OMS, 2018). O calor urbano causa graves repercussões no ambiente, na economia, na saúde e na segurança. De acordo com Romero (2008) dentro da camada da cobertura urbana os infinitos microclimas existentes são determinados pelas características do entorno imediato, sua geometria, materiais e propriedades.

Em pesquisa realizada por Radhi, Sharples e Assem (2015) foi constatado que as condições externas durante o período de verão são incômodas, principalmente nos centros das ilhas de calor. Os resultados também apontam para uma diminuição substancial das ilhas de calor nas áreas com áreas verdes e superfícies de água, em comparação com as áreas com estradas de asfalto e concreto. Mutani e Todeschi (2020) constataram resultados semelhantes

e demonstraram que a temperatura do ar, tendem a diminuir à medida que aumentam as áreas verdes.

As ilhas de calor urbanas são forças ambientais importantes que têm consequências graves para os edifícios existentes, como o aumento do consumo de recursos e efeitos adversos à saúde humana e conforto reduzido do ocupante (Akkose, Akgul e Dino, 2021). Perera e Emmanuel (2018) realizaram uma análise estatística aprofundada das características de ilhas de calor na Grécia e concluíram que a existência foi reforçada pelo crescimento da industrialização e urbanização, além do aumento do calor antropogênico e da ausência de vegetação.

Segundo Hughes *et al.* (2019), Jiang *et al.* (2019) e Liu *et al.* (2016) existem dois grandes tipos de técnicas de mitigação para reduzir o efeito das ilhas de calor na escala da cidade: aquelas que visam aumentar a refletividade solar, usando materiais 'frios' ou reflexivos para edifícios e superfícies, e aquelas que visam aumentar a evapotranspiração através do aumento do verde e da disponibilidade da água. Os efeitos nocivos do excesso de calor também podem ser mitigados por meio de mudanças comportamentais, melhorias no projeto de construção e redução das emissões antrópicas de calor em áreas urbanas. A adoção de sistemas de alerta de saúde térmica adaptada para ambientes urbanos pode ser considerada uma medida de mitigação alternativa.

De acordo com o balanço térmico urbano, as ilhas de calor urbanas resultam de um único fator ou da combinação de vários fatores como a redução da cobertura do solo permeável, o aumento da absorção solar e do material de armazenamento de calor, o aumento da liberação de calor antrópico e a diminuição da ventilação urbana. Os impactos das ondas de calor, embora variem de um lugar para outro, podem ser significativos para a saúde da população (He *et al.*, 2020).

Cleary *et al.* (2019) avaliaram na China as ilhas de calor e afirmaram que nos últimos 50 anos, estas contribuíram para 0,2 a 0,33 °C do aquecimento geral na China. As diferenças nas propriedades térmicas das superfícies radiantes e uma diminuição na taxa de evapotranspiração são os principais responsáveis pela formação de ilhas de calor. Huang *et al.* (2019) avaliaram o desenvolvimento de ilhas de calor em 18 cidades metropolitanas em climas temperados e tropicais e encontraram aumentos nas temperaturas em associação com coberturas de vegetação e fluxos de energia de superfície.

Os efeitos de ilhas de calor urbanas representam um mecanismo pelo qual a saúde das populações urbanas pode ser comprometida. Isso ocorre porque pode exacerbar os impactos na saúde ao afetar os padrões de precipitação, interagir e agravar a poluição do ar e diminuir a qualidade da água. No entanto, o impacto mais direto da ilha de calor na saúde humana ocorre por meio da exposição ao aumento da temperatura, que pode ser particularmente problemático (Heaviside, Macintyre e Vardoulakis, 2017).

O desenvolvimento das ilhas de calor é importante para as respostas do balanço energético superficial na modificação da morfologia urbana e na variação das atividades antrópicas. Na dimensão espacial, a ventilação urbana é um regulador significativo da intensidade da ilha de calor (Oke *et al.*, 2017). Quanto mais próximo do núcleo urbano, menor será a velocidade do vento e maior será o aquecimento antrópico. O uso/cobertura do solo também mudou muito, com superfícies vegetadas e permeáveis substituídas por edifícios, estradas e outras superfícies impermeáveis. Áreas com materiais de construção de baixo albedo e menos cobertura verde geralmente apresentam temperaturas do ar mais altas e maiores intensidades das ilhas de calor (Bueno *et al.*, 2012).

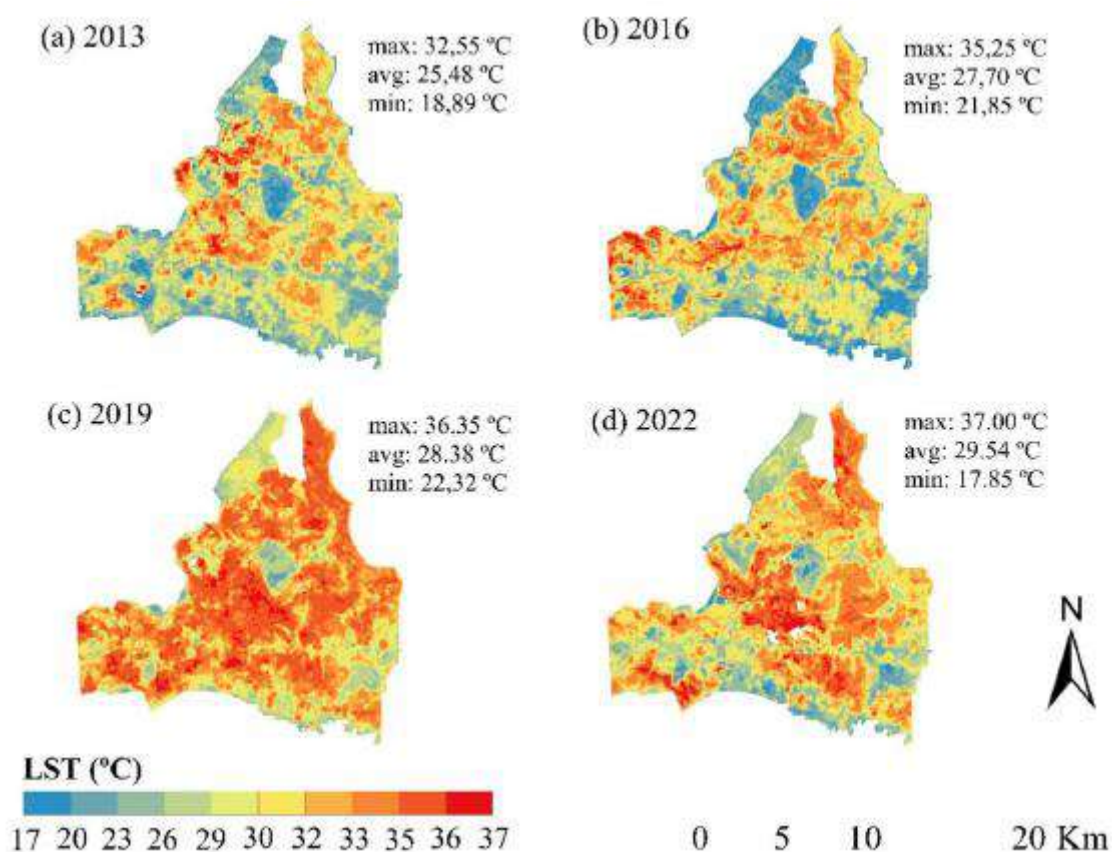
Apesar da magnitude deste microclima, a gravidade do seu impacto irá variar dependendo das condições físicas e socioeconômicas da área, como a posição geográfica, morfologia e densidade urbana e o sistema de governança. Esses fatores desempenham papéis importantes na determinação do impacto resultante, destacando a contribuição antrópica para eventos que geralmente são considerados naturais (Steeneveld *et al.*, 2011; Van Hove *et al.* 2015).

No Brasil, a expansão recente das cidades médias aumentou acentuadamente desde a década de 1990-2000 (Silva *et al.*, 2018). Desta forma, pesquisadores analisaram a influência da urbanização na expansão das intensidades de ilhas de calor urbanas e a variabilidade dos parâmetros biofísicos em 21 das principais Regiões Metropolitanas (RMs) brasileiras, de 2003 a 2022, dentre elas João Pessoa (cidade foco desta tese). O estudo revela que todas as MRs estavam sujeitas aos efeitos das ilhas de calor, com valores variando de 0,08 °C (João Pessoa) a 6,1 °C (Maranhão) durante o dia. Destacando ainda as tendências de crescimento em 17 MRs, das quais 9 exibem tendências de crescimento estatisticamente significativas, 2 localizadas na Amazônia e 7 na Mata Atlântica. No geral, o valor médio das

ilhas de calor durante o dia foi de 1,64 °C, ou seja, 60% superior quando comparado às estimativas noturnas (Patriota *et al.*, 2024).

Em João Pessoa a população cresceu e, conseqüentemente, a área urbana expandiu-se tanto horizontal como verticalmente. Estudos recentes na cidade mostram a perda de cobertura vegetal através do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) de 2013 (NDVI = 0,5011) a 2022 (NDVI = 0,02422), evidenciando o crescimento da malha urbana e dando espaço para locais de solo exposto e áreas impermeáveis. De acordo com Medeiros *et al.* (2025) a perda de áreas verdes contribuiu para condições térmicas mais elevadas e para a intensificação das ilhas de calor urbanas onde essas áreas atingiram temperaturas de até 37 °C em 2022, conforme figura 1.

Figura 1 – Variabilidade espacial da temperatura de superfície (LST) para os anos de 2013 (A), 2016 (B), 2019 (C) e 2022 (D)



Fonte: Medeiros *et al.*, 2025

Em alguns bairros como Mangabeira, Valentina, Bessa, Manaíra, Tambaú e Cabo Branco, a média da temperatura de superfície anual alcançou valores máximos próximos de 40°C (em 2022). As variações de temperaturas entre as diferentes áreas da cidade ratificam a ideia que o desmatamento, a expansão da malha urbana e de regiões densamente povoadas, colabora para a formação de ilhas de calor urbana em João Pessoa, evento presente principalmente em áreas predominantemente residenciais (Medeiros et al., 2025).

Da Silva *et al.* (2018) estimou cenários futuros de conforto térmico para João Pessoa com base nas mudanças de temperatura e umidade relativa do ar. Silva *et al.* (2022) analisou as condições de conforto térmico em escala de microclima e as ilhas de calor para a cidade de João Pessoa. Dados micrometeorológicos (dados de temperatura e umidade do ar) coletados em 10 estações em 2011 e 2018 foram usados para calcular o índice de desconforto de Thom (TDI) e imagens de satélite do Landsat 5/TM para 1991, 2006 e 2010 e Landsat 8/OLI para 2018 foram usadas para classificar o uso e cobertura do solo e para identificar as ilhas de calor. Os resultados obtidos evidenciaram que a área das ilhas de calor na cidade de João Pessoa era de 26 km² e que quase metade da área da ilha de calor estava concentrada nos bairros Geisel, Aeroclube, Valentina, Distrito Industrial, Cristo Redentor e Mangabeira. São considerados ainda ilhas de calor os bairros: Bancários, expedicionários, Manaíra, Centro, Cabo branco, Tambaú (Silva et al., 2022; Medeiros et al., 2025).

2.5 Escalas meteorológicas

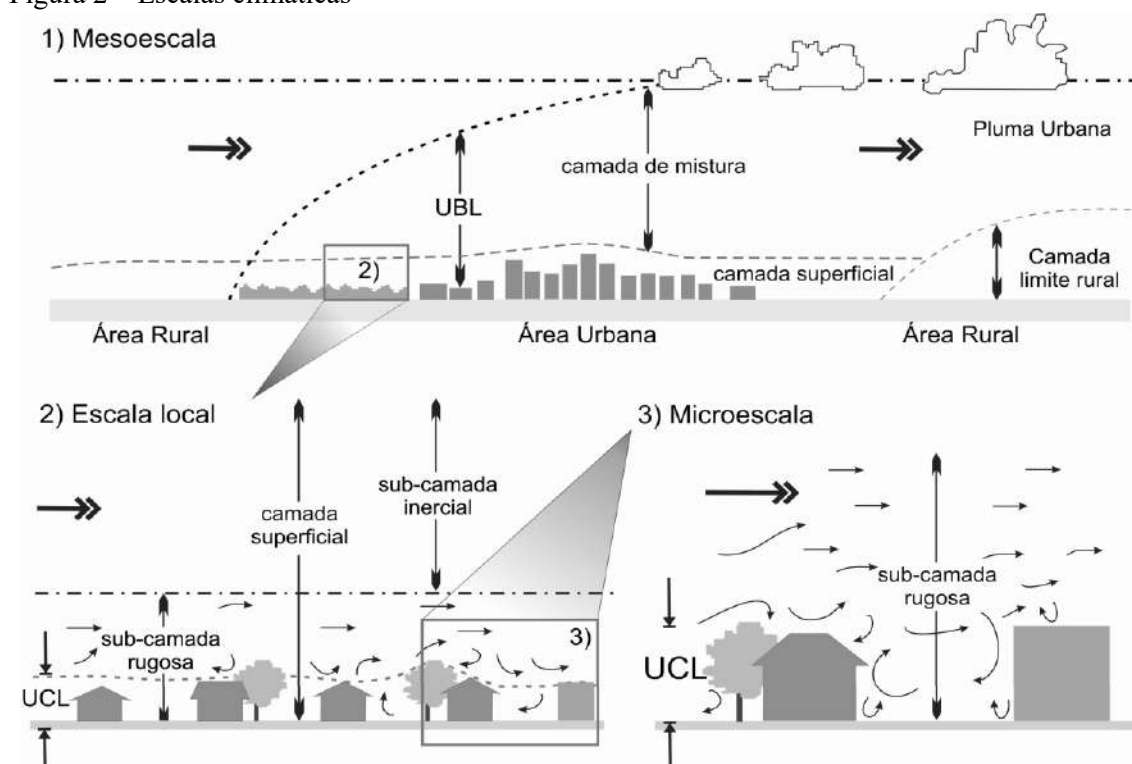
Para entender o processo no qual os elementos da superfície urbana interagem com as camadas atmosféricas adjacentes, é necessário entender o conceito das diferentes escalas meteorológicas (Arnfield, 2003). Apesar dos fenômenos atmosféricos serem parte de um processo contínuo (Oke, 1978), a diferenciação das escalas permite a distinção dos processos atmosféricos, possibilitando a delimitação do objeto de estudo por parte do investigador.

A diferenciação da dinâmica atmosférica quanto à escala espacial e temporal é classificada como: macroclima, mesoclima e microclima (Orlanski, 1975). Os dados macroclimáticos são obtidos nas estações meteorológicas e descrevem o clima geral de uma região, dando detalhes de insolação, nebulosidade, precipitações, temperatura, umidade e ventos. Os dados mesoclimáticos, informam as modificações do macroclima provocadas

pela topografia local como vales, montanhas, grandes massas de água, vegetação ou tipo de coberturas de terreno. No microclima são levados em consideração os efeitos das ações humanas sobre o entorno, assim como a influência que estas modificações exercem sobre a ambiência dos edifícios (Mascaró, 1996).

Duas escalas climáticas foram propostas por Grimmond e Oke (1998) que devem ser consideradas: a horizontal, junto ao solo e a vertical, que se refere a alturas das camadas de cobertura urbana. No estudo realizado por Oke (2006) as escalas horizontais de interesse na área urbana (figura 2) são classificadas em mesoescala, que condiz com a influência integrada da cidade no clima urbano, abrangendo dezenas de quilômetros de extensão; a escala local, que inclui os efeitos climáticos decorrentes da forma da paisagem, tal como a topografia, mas exclui os efeitos microclimáticos (superfícies de cobertura, tamanho e espaçamento dos edifícios, etc.), variando de um para vários quilômetros; e a microescala, escala típica do microclima urbano, está relacionada com as dimensões individuais dos elementos urbanos (edifícios, árvores, estradas, ruas, pátios, jardins, etc.), podendo variar de um metro a centenas de metros.

Figura 2 – Escalas climáticas



fonte: Adaptado de Oke (2006)

Oke (1978), em relação às escalas verticais (figura 2), propôs a divisão da camada atmosférica urbana (tipicamente abaixo dos 300m) em:

- ✓ Urban Boundary Layer (UBL) – Camada Limite Urbana: ocorre acima do nível médio das coberturas das edificações, sendo produzida pelos processos que ocorrem na mesoescala, entre a atmosfera e o espaço urbano (cidade). A camada imediatamente abaixo da UBL é chamada de sub-camada rugosa (roughness sublayer), sendo seu fluxo dependente da rugosidade de elementos individuais (Arnfield, 2003).
- ✓ Urban Canopy Layer (UCL) – Camada Intra-Urbana: compreende a camada estratificada entre o solo e o nível médio das coberturas das edificações, sendo produzida pelos processos que ocorrem na microescala, entre a atmosfera e os elementos urbanos (cânions).

A cidade que apresenta um perfil de rugosidade maior que os arredores rurais pode alterar as características do fluxo de ventilação natural, tanto na intensidade quanto na direção. De acordo com Santamouris (2001), a velocidade do vento na camada de cobertura (intraurbana) diminui seriamente em comparação com a velocidade do vento não perturbada e sua direção pode ser alterada. Isso se deve principalmente à rugosidade específica de uma cidade.

De acordo com Villas Boas (1983), o atrito produzido pelo ar em movimento, quando em contato com obstáculos, faz com que sua velocidade de deslocamento inicial seja reduzida, devida à perda de energia no atrito, e seu modelo de circulação seja alterado. Dessa forma, à medida que vai se afastando do topo dos prédios, a interferência no escoamento do ar fica cada vez menor, e o escoamento cada vez menos perturbado, até que chega um ponto em que a rugosidade deixa de influenciar no escoamento. O parâmetro de rugosidade determina o quanto este é efetivo na transformação da energia média do vento, que flui sobre a superfície, em turbulência na camada superior dos elementos que constituem o solo.

Segundo Santamouris (2001), a distribuição da temperatura do ar na camada intra-urbana é afetada em grande parte pelo balanço de radiação. No processo de balanço térmico, a abóbada celeste, por possuir temperaturas mais brandas do que a superfície terrestre, funciona como um receptor da radiação de onda longa vinda da camada urbana, possibilitando o resfriamento desta superfície (Minella, 2009). Desta forma, para o

planejamento das cidades sob o aspecto bioclimático é importante a compreensão das alterações que ocorrem na camada intra-urbana, sendo a ilha de calor, uma das manifestações mais significativas do clima urbano.

Ressalta-se que nessa escala não é de interesse a influência das vizinhanças entre si numa escala que considere inteiramente a cidade, muito menos a modelagem dos detalhes do edifício. A dimensão espacial onde se circunscreve a problemática desta tese compreende a relação entre a forma urbana (vizinhança em um raio de 250m) e sua influência sobre a envoltória do edifício. Sendo assim, deve-se ter conhecimento sobre as formas físicas das cidades.

2.6 Morfologia Urbana

A morfologia urbana é a ciência que estuda a forma física das cidades, bem como os principais atores e processos de transformação urbana que moldam essa forma. Ela deve ser entendida aqui como a forma tridimensional composta por um grupo de edifícios e os espaços criados em torno destes (Oliveira, 2018). De acordo com Lau (2011), é a forma física do layout de construção, padrões de estradas, usos da terra e espaço verde de uma cidade. A morfologia urbana pode responder a questões como o aparecimento das diferentes formas urbanas encontradas ou, ainda, o porquê de certas formas persistirem ou se disseminarem (Kropf, 2011).

Sendo assim, a morfologia urbana refere-se aos padrões e estruturas espaciais das paisagens urbanas (Zhang, Ghosh e Park, 2023). É geralmente estudada como a forma física de vários componentes dentro dos espaços urbanos e afeta profundamente a qualidade dos ambientes de vida dos residentes, a saúde mental, a interação social e desenvolvimento sustentável de todo o tecido socioeconômico-tecnológico dos sistemas urbanos (Li e Zeng, 2024).

O estudo morfológico urbano está relacionado aos elementos essenciais que configuram o tecido urbano e aos mecanismos de transformação das estruturas (Capel, 2002). O autor propõe três componentes morfológicos do meio urbano: o plano, constituído por lotes, quarteirões, ruas – este, considerado o elemento básico da construção da cidade; os edifícios e os usos do solo. Este estudo pode atender a objetivos diferentes, a depender do

nível de produção requerido: explicativo e descritivo, que ajuda a entender como as cidades foram construídas e desenvolvidas, e normativo, em que a partir do conhecimento do comportamento dos elementos morfológicos e dos processos de transformação da forma urbana, pode ser aplicado de forma prática, como no planejamento urbano, por exemplo.

A morfologia urbana, a vegetação, os albedos da superfície urbana e as atividades antrópicas são fatores-chaves em contextos urbanos e que influenciam as condições climáticas locais. Consideram-se também fatores como o adensamento urbano, os gabaritos e os espaços entre edifícios, a topografia, a superfície do solo (natural ou construído), a emissividade, o fator de visão do céu, a massa construída, sombreamento, presença de água, ventilação, poluição e vegetação que influenciam diretamente o clima local e, por consequência, potencializam a exposição residencial aos campos eletromagnéticos (Liao *et al.*, 2021).

A transição de espaços naturais para edificados com o uso de materiais como asfalto, concreto, cimento e betuminoso, segundo Bennetts *et al.* (2020), reduz a taxa de evapotranspiração, a interceptação da água da chuva e altera a refletividade ou albedo da superfície, criando impactos térmicos indesejáveis. Top *et al.* (2020) complementam que esta substituição contribui para um aumento nos valores da temperatura da superfície e do ar à medida que novas áreas urbanas se tornam mais quentes do que seus arredores rurais.

Os materiais de construção alteram o albedo e a admitância térmica das superfícies urbanas, determinando um aumento no calor sensível armazenado (Giannaros & Melas, 2012). A fração de área superficial impermeável afeta a evapotranspiração, diminuindo os fluxos de calor latente. A presença de cânions urbanos expande a área total da superfície e múltiplas reflexões, reduzindo a possibilidade de a radiação de ondas curtas e longas sair do cânion. Além disso, os edifícios e outros obstáculos aumentam a rugosidade, impactando em grande medida as condições do vento (e o transporte de calor e poluentes) nas áreas urbanas (Donateo *et al.*, 2023).

A geometria urbana e qualquer outro elemento que obstrua a visão do céu influem no controle da temperatura das superfícies e na temperatura do ar. Em consequência pela perda de radiação ser mais lenta em áreas urbanas do que nas áreas rurais, há mais ganho solar do que efetivamente perda, sendo este efeito considerado a principal causa da ilha de calor urbana (Moin e Tsutsumi, 2004; Chapman, 2007). Desta maneira, a morfologia dos

grandes centros urbanos, geralmente representada pelos cânions urbanos, relaciona-se diretamente com o fenômeno da ilha de calor.

A relação entre a forma urbana e o uso de energia dos edifícios vem chamando atenção nos últimos anos. Apesar dos estudos acumulados sobre este tema, questões importantes ainda estão em debate, incluindo a magnitude do impacto da forma urbana, a influência da densificação e o padrão de desenvolvimento urbano mais adequado (Quan e Li, 2021). Radhi, Sharples e Assem (2015) complementam que a exposição de superfícies urbanas artificiais, como estradas e edifícios, ao sol aumenta as temperaturas de suas superfícies e da atmosfera e, consequentemente, impacta no consumo de energia e no conforto térmico das pessoas por meio da modificação de variáveis microclimáticas como a temperatura, umidade relativa e velocidade do ar.

A morfologia urbana contribui para a trajetória energética das ilhas de calor através da presença de elementos de rugosidade e geometria. Os elementos de rugosidade são representados por parâmetros aerodinâmicos, como comprimento de rugosidade e deslocamento do plano zero, que regulam fortemente o transporte turbulento de calor sensível e latente (Giometto *et al.*, 2016). Othman e Alshboul (2020) ainda explicam que a morfologia urbana tem um impacto perceptível sobre o conforto térmico e o índice de temperatura fisiológica equivalente.

A geometria do ambiente construído, por outro lado, altera o caminho da troca de calor radiativo através de dois processos principais concorrentes: o efeito de sombreamento que resfria o desfiladeiro da rua e o efeito de aquecimento por múltiplas reflexões que retém mais radiação térmica. As interações sinérgicas dos dois processos resultam em efeitos complexos e não lineares da geometria urbana na intensidade das ilhas de calor (Li *et al.*, 2020; Hou *et al.*, 2023).

As ilhas de calor urbanas são influenciadas por muitos parâmetros morfológicos urbanos, por exemplo, o fator de visão do céu (SVF), a taxa de cobertura verde, a densidade de edificações, a altura média das edificações, a área plana impermeável e o albedo. Estabelecer a relação entre indicadores morfológicos urbanos, as ilhas de calor e umidade desempenha um papel essencial na orientação de projetos e planejamentos urbanos resilientes e responsivos ao clima (Shi e Zhang, 2022).

Os edifícios são um componente essencial das cidades e um dos principais contribuintes para o efeito das ilhas de calor. A morfologia urbana integra diversas formas de quarteirões, e a homogeneidade dos edifícios dentro do mesmo quarteirão permite que ele seja considerado uma zona térmica independente (Yelixiati *et al.*, 2024). Estudos de Berger *et al.* (2017) e outros confirmaram a relação inseparável entre a morfologia e a estrutura vertical dos edifícios e a variação climática urbana.

A morfologia urbana está se tornando um importante tema de preocupação na ciência urbana e desenvolveu-se significativamente nos campos da epistemologia (Kropf, 2018), metodologia (Li *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2023) e aplicação (Xu *et al.*, 2017; Morganti *et al.*, 2017). Nas últimas duas décadas, foi realizado um progresso significativo na tentativa de medir e analisar padrões espaciais que ajudassem a caracterizar a forma urbana. Embora a aplicação de determinadas métricas espaciais seja uma das metodologias de maior potencial na caracterização da forma urbana, apenas recentemente parâmetros morfológicos têm sido utilizados de modo mais sistemático (Adolphe, 2001; Salat, 2011).

A complexa morfologia urbana, de acordo com Dewa (2023), pode ser representada por uma variedade de parâmetros geométricos, que vão desde o comprimento da rugosidade, áreas frontais e planas de edifícios, até densidade de edifícios e fatores de visão do céu. Esses vários parâmetros morfológicos, no entanto, não são independentes, mas estão todos fortemente correlacionados entre si (Hou *et al.*, 2023). Isto é razoável no sentido de que áreas densamente construídas em núcleos urbanos tendem a ter alto valor de rugosidade, grandes áreas de facetas construídas (telhados e paredes), alta densidade de construção e pequenos fatores de visão do céu.

Por outro lado, é importante assimilar o tecido urbano através de um meio poroso como um esqueleto sólido e rígido, sujeito a diversas considerações climáticas, e estudar as suas características macroscópicas através de um conjunto de parâmetros simplificados (Adolphe, 2001). O estudo deste autor envolveu uma modelação espacial simplificada da complexidade da morfologia urbana resultando na definição de um conjunto de indicadores do desempenho ambiental dos tecidos urbanos como densidade, rugosidade, porosidade, sinuosidade, oclusividade, capacidade e compacidade.

2.6.1. Indicadores morfológicos

Um indicador compreende dados em uma informação concisa que possa ser facilmente assimilada, permitindo, portanto, simplificar situações complexas e encaminhá-las com consistência operacional aos principais atores de intervenção do ambiente construído, atuando no processo de decisão (Benzerzour, 2004). Os indicadores têm a função de fornecer um “retrato” do comportamento para um projeto baseado em valores de referência a partir de dados locais (Martins, 2020). De acordo com Liu *et al.* (2024) eles são geralmente caracterizados pelas características estruturais e atributos composicionais das paisagens urbanas, tipicamente quantificados por meio de métricas de características da cobertura do solo, morfologia das edificações e propriedades biofísicas da superfície.

Vários indicadores da morfologia urbana foram desenvolvidos e empregados para vincular a configuração espacial urbana à intensidade das ilhas de calor (Soudoudi *et al.*, 2018, Tan *et al.*, 2017, Jamei *et al.*, 2016). De acordo com Martins *et al.* (2013) cada conjunto de métricas ou indicadores pode variar em função do(s) objetivos(s) e da escala de interesse. É preciso ressaltar que não existe ainda um conjunto definido de indicadores específicos para uso no ordenamento urbano, uma vez que a importância de cada um varia conforme o objetivo e características da paisagem urbana em estudo.

O conceito e aplicação de indicadores para a morfologia urbana não é recente, como pode ser verificado em estudos como o de Torrens e Alberti (2000), Galster *et al.* (2001) e Ewing *et al.* (2002), onde esses autores puderam distinguir e caracterizar a forma urbana através de diversos indicadores. Destacam-se ainda os trabalhos de Rousseaux *et al.* (2011) e Bonhomme *et al.* (2012), ambos na perspectiva da construção de um modelo de evolução urbana. Porém, no contexto de trabalhos brasileiros, poucos deles aplicaram métricas espaciais para análise morfológica urbana, associadas a modelos dinâmicos nos estudos sobre o impacto da morfologia urbana no clima local (Martins, 2020).

Adolphe *et al.* (2002) desenvolveram um sistema de indicadores “morfoclimáticos” de auxílio ao contexto urbano. Os autores elaboraram um amplo sistema de indicadores, aplicáveis a diferentes escalas - cidade, bairro e quadra. Muitos indicadores puderam ser testados e validados (exemplo o fator de visão do céu, rugosidade, porosidade etc.). Nesta tese foram calculados os seguintes indicadores morfológicos: área útil total construída,

densidade construída, alturas (máxima, média e mínima), taxa de ocupação do solo, coeficiente de aproveitamento, rugosidade, verticalidade, fator de visão do céu (FVC), prospecto médio e densidade de cobertura vegetal. Segundo Martins (2020), estes indicadores da forma urbana são os mais empregados para fins de análises microclimáticas em espaços construídos na cidade.

a) Área útil total construída (A_{tot})

De acordo com Martins (2020), a área útil total construída (A_{tot}) compreende o somatório da área construída no solo (A_{solo}) de cada edificação, multiplicado pelo número de pavimentos dessa construção, dentro do recorte estudado, conforme definido pela equação (4).

$$A_{tot} = \sum_i A_{solo} \times n^{\circ} \text{ de pavimentos} \quad (4)$$

Onde, A_{solo} = área construída no solo do edifício i .

b) Densidade construída (D_c)

A densidade urbana é um dos mais importantes indicadores e parâmetros de desenho urbano. A densidade construída é definida pela relação da superfície construída pela superfície total disponível. Ela está diretamente relacionada à taxa de ocupação dos lotes e aos recuos das edificações, ou seja, está interligada ao conceito de forma, tamanho e altura das edificações. Essas características atuam como barreiras para a circulação do ar, diminuindo a direção dos ventos, a dissipação do calor e da radiação térmica (Acioly e Davidson, 2011).

Segundo Martins (2020), no espaço urbano a densidade pode ser definida como quantidade de apartamentos, de lotes, de edifícios ou de área construída, sobre a área total disponível seja de uma cidade, de um distrito, de um bloco ou de uma parcela. Esta, quando diretamente relacionada à área urbana, possui diferentes significados e métricas, que são estipuladas conforme o objetivo, composição e escala.

Dessa forma, a densidade deve ser definida segundo uma escala espacial de referência (Salat, 2011):

- 1) Na escala da cidade ou da aglomeração urbana, a relação é calculada entre a quantidade de espaço construído ou habitado pela área total da região, de modo a atribuir uma melhor noção à densidade existente.
- 2) Na escala do bairro ou vizinhança, a densidade permite medir a relação entre o espaço construído local e o espaço urbano total disponível ou área bruta, que inclui vias, áreas verdes e/ou outras áreas de espaço público, dando o significado da Taxa de Ocupação do solo urbano (TO) ou densidade construída bruta;
- 3) Na escala do bloco, a densidade é limitada ao conjunto construído em parcelas do espaço privado, portanto não incluindo áreas do espaço público, caracterizando o que se chama de densidade construída líquida;
- 4) Na escala da parcela, fala-se de Coeficiente de Aproveitamento (CA). Essa métrica é bastante utilizada em códigos edilícios urbanos para definir a densidade total máxima permitida para construção em um terreno.

Nesta tese, em relação à densidade, foi considerado os indicadores da densidade construída (D_c), taxa de ocupação do solo (TO) e coeficiente de aproveitamento (CA), calculados de acordo com as equações 5, 6, e 7, segundo metodologia aplicada por Martins, 2020.

Densidade construída (D_c) - corresponde à razão entre a soma das áreas úteis construídas e a área total da malha, conforme Equação 5.

$$D_C = \frac{\sum_i A_{toti}}{A} \quad (5)$$

Onde, A_{toti} é a área útil total construída do edifício i , e A é a área total da malha estudada.

Taxa de ocupação do solo (TO) - corresponde à razão entre a soma das áreas construídas ao nível do solo e a área total da malha, de acordo com a Equação 6.

$$TO = \frac{\sum_i A_{soloi}}{A} \quad (6)$$

Onde, $A_{Solo i}$ = área construída no solo do edifício i , e A é a área total da malha estudada.

Coeficiente de aproveitamento (CA) - é considerado um indicador da densidade do edifício, sendo definido como a razão entre a área útil total construída e a área construída no solo (Equação 7).

$$CA = \frac{A_{toti}}{A_{Solo i}} \quad (7)$$

Onde, A_{toti} é a Área útil total construída do edifício i ; e $A_{Solo i}$ a área construída no solo do edifício i .

c) Rugosidade absoluta (R_a)

O uso da ventilação natural é uma estratégia bioclimática essencial para conseguir o conforto ambiental em cidades de clima quente e úmido. Os diferentes tipos de forma urbana e as alterações geradas pelas edificações podem provocar a modificação do comportamento do vento, inclusive, reduzindo sua velocidade (Costa Filho, 2017). De acordo com Oliveira (2013), a rugosidade e a porosidade, dentre os atributos bioclimáticos relacionados à conformação urbana, têm interferência no comportamento da ventilação natural. O espaçamento entre os edifícios, a diversidade de alturas e a fricção entre superfície urbana e o vento estabelecem maior ou menor permeabilidade à ventilação dominante.

Segundo Adolphe (2001) a rugosidade pode ser obtida avaliando-se a distribuição da altura dos edifícios para vários azimutes. Esse indicador permitirá, numa abordagem morfológica inicial, distinguir elementos abertos e fechados, em vazios urbanos. O tecido urbano é, de fato, feito de espaços abertos como ruas e avenidas (equivalente a um meio feito de poros), e de espaços fechados (ou parcialmente fechados), equivalentes a cavidades, tais como pátios e jardins. Esse indicador permite qualificar o grau de aspereza da malha. O perfil do vento acima do solo varia amplamente com o número de obstáculos proeminentes no fluxo de ar, caracterizado pela rugosidade: quanto maior a rugosidade, mais lenta é a velocidade média do ar.

Para Hou *et al.* (2023) os elementos de rugosidade urbana consistem principalmente na infraestrutura de construção e transporte e, dentro de uma faixa adequada, podem

conduzir ao transporte turbulento de calor e modular efetivamente o efeito das ilhas de calor comparável ao efeito do albedo ou vegetação urbana. Enquanto isso, a morfologia urbana, muitas vezes representada por vários índices, como a densidade de construção, a relação entre o aspecto do cânion urbano (altura do edifício e largura da rua) ou o fator de visão do céu, contribui para a intensidade das ilhas de calor em um grau significativo e muitas vezes com um efeito não linear em ambientes construídos de forma extremamente densa ou muito esparsa.

A rugosidade absoluta pode ser representada pela altura média da copa urbana. Ela é dada pelo produto da altura dos edifícios pela sua área, dividido pela área total (construída e não construída) (Kondo, 1986). O efeito global de um tecido urbano na redução da velocidade média do vento ao nível do solo pode ser derivado da rugosidade absoluta, característica da altura média dos obstáculos proeminentes no fluxo de ar. A velocidade média do ar tem a tendência de diminuir com o aumento da rugosidade (Adolphe, 2001a). Para o cálculo da rugosidade será utilizado a fórmula apresentada na Equação 8, de acordo com a metodologia de Adolphe (2001).

$$R_a = \frac{\sum_{\text{construído}} (A_{\text{solo}_i} \times h_{\text{edif}_i})}{\sum_{\text{construído}} A_{\text{solo}_i} + \sum_{\text{não construídos}} A_{\text{não const}}} \quad (8)$$

Onde, A_{solo_i} é a área construída no solo do edifício i ; h_{edif_i} é a altura do edifício i e $A_{\text{não const}}$ é a área não construída dentro da malha.

d) Verticalidade (V)

A verticalidade é definida pela altura construída ponderada pela área construída (Salat, 2011). Esse indicador pode ter um efeito significativo, e muitas vezes inverso, sobre a disponibilidade de luz natural nas fachadas dos edifícios. Em geral, quanto mais elevada a altura das edificações, mais significativo o sombreamento projetado sobre as ruas opostas à radiação solar, e reduzida a visibilidade do céu. A verticalidade também contribui para o aumento da absorção da radiação solar e da ocorrência de múltiplos reflexos entre as

superfícies construídas, dificultando a dispersão do calor na atmosfera e afetando negativamente o equilíbrio radiativo do ambiente urbano (Martins; Adolphe; Bastos, 2014).

A verticalização e proximidade das edificações nos centros urbanos provocam a diminuição da velocidade média dos ventos, devido ao aumento da rugosidade urbana (Ferreira, 2014) e aumenta a temperatura dentro destas edificações de forma que o adensamento urbano e as diferentes formas de uso e cobertura do solo podem ser relacionados aos processos de alterações ocorridos no sistema climático urbano e até na formação das ilhas de calor.

Ela é calculada através da fórmula abaixo (equação 9):

$$V = \frac{\sum i(hedf_i \times Asoloi)}{Asolo_{tot}} \quad (9)$$

Onde $hedf_i$ = altura do edifício i

$Asoloi$ = área construída no solo do edifício i;

$Asolo_{tot}$ = área total construída no solo da malha

e) Fator de visão do céu (FVC)

O conceito de FVC foi apresentado pela primeira vez por Oke (1981) para avaliar o efeito da ilha de calor urbana em ambientes urbanos. Foi então definido como a razão entre a radiação recebida (ou emitida) por uma superfície plana do céu e a radiação emitida (ou recebida) por todo o ambiente radiante hemisférico (Watson e Johnson, 1987). De acordo com He *et al.* (2015), recentemente vem sendo utilizado como um conceito geométrico que fornece a proporção da área visível do céu dentro do cânion da rua.

Este é um parâmetro adimensional que representa o nível de obstrução do céu, partindo da visão de um ponto horizontal no solo. Ou seja, é um parâmetro que considera a porção do céu disponível para dispersar a energia térmica. É expresso como um valor entre 0 (espaço completamente obstruído) e 1 (área aberta). Aumentar a altura dos edifícios ao redor dos desfiladeiros das ruas bloqueia o céu e leva a uma redução no FVC, enquanto diminuir a altura leva a um aumento no FVC (Qaid *et al.* 2018).

O FVC é um fator chave que afeta aspectos do ambiente urbano como equilíbrio do calor superficial, microcirculação de ar, poluição do ar e microclima. Tem sido amplamente aplicado em pesquisas sobre clima urbano, como no uso de energia renovável, conforto térmico e estudos de ilhas de calor urbanas como os estudos de Unger, (2009), Chen *et al.* (2012) e Hammerle (2011), e em práticas de planejamento urbano como nos estudos de Bourbia e Boucheriba (2010), e Wei *et al.* (2016).

De acordo com Miao *et al.* (2020), existem diferentes formas de se calcular o FVC. Este indicador pode ser obtido por métodos analíticos, métodos fotográficos, uso de programas específicos, sistemas com dados de base 3D acoplados a um SIG - Sistema de Informações Geográficas, sistemas que utilizam GPS e mais recentemente, imagens com um dispositivo que mostra as diferenças térmicas entre as obstruções e o céu. Nesta tese, o FVC foi calculado por meio da análise de imagens hemisféricas capturadas com lente olho de peixe, processadas no programa RayMan, conforme detalhado na seção de metodologia deste trabalho.

f) Prospecto médio (P_M)

De acordo com Martins (2020) o prospecto médio representa a relação da altura média construída pela distância entre edifícios. A variação desse indicador morfológico determina o grau de obstrução que uma edificação exerce em relação ao seu entorno. Quanto maior o prospecto médio e menores as distâncias entre as construções, maior será o número de obstruções e de sombras projetadas nas superfícies vizinhas, reduzindo a contribuição direta e difusa da radiação solar incidente (Martins, 2020).

Por outro lado, estudos realizados por Elkhazindar, Kharrufa e Arar (2022), demonstraram que, em determinadas condições climáticas, como na cidade de Dubai, configurações urbanas compactas, com alta densidade construída (elevado Prospecto médio e baixo fator de visão do céu), apresentaram um desempenho mais completo em termos de conforto térmico em comparação a outras configurações analisadas.

Desta forma, segundo Martins, Bonhomme e Adolphe (2013), o prospecto médio estabelece a relação entre a altura média ponderada das edificações (ou verticalidade) pela

largura da rua (nesta tese a largura da rua foi medida, manualmente, *in locu* no qual o ambiente de trabalho remoto está localizado) e se dá pela seguinte equação 10:

$$P_M = \frac{V}{l} \quad (10)$$

Onde V = verticalidade dos edifícios na malha; e l = Largura da rua.

g) Densidade da cobertura vegetal (D_v)

O rápido crescimento das cidades e da população, acompanhado por um consumo significativo de energia e recursos, está diretamente relacionado com as alterações climáticas e o aquecimento global e do fenômeno das ilhas de calor urbanas. Uma das razões para este evento é a falta ou ausência de espaços verdes urbanos e arborização nas ruas. Assim, pesquisas mostram que a vegetação pode amenizar os impactos das mudanças climáticas, reduzir a temperatura e o efeito de ilha de calor, proporcionando sombra e resfriamento das áreas urbanas (Buchavyi, Lovynska e Samarska, 2023).

O planejamento urbano prioriza o sistema viário em relação às questões econômicas e, e diversas vezes, as áreas verdes são mutiladas e descaracterizadas (Moreno e Labaki, 2005). A cobertura vegetal é, então, substituída por superfícies com características físicas e térmicas diferentes. Assim, o albedo local, definido como a taxa de radiação incidente refletida para a atmosfera, sofre influência desta transformação. Asimakopoulos (2001) explica que o aumento do albedo, resultado da remoção da cobertura vegetal, pode diminuir a quantidade de nuvens e precipitações, já que há uma perda da radiação líquida e uma menor quantidade de radiação de onda longa é transformada em calor latente. Além disso, a vegetação também desempenha um papel importante. Usando um modelo de regressão linear múltipla, por exemplo, Peng *et al.* (2012) descobriram que a vegetação tem um impacto maior nas ilhas de calor na estação verão do que no inverno, e nas ilhas de calor diurnas do que noturnas.

Em um estudo realizado em Tianjin, China, por Tong *et al.* (2018) verificaram a correlação entre a proporção de parcela verde e a temperatura do ar externo. Pesquisas semelhantes, realizadas por Chen *et al.* (2023), empregaram modelos de aprendizado de

máquina e confirmaram o impacto cumulativo de diferentes parâmetros morfológicos urbanos, inclusive da proporção de parcela verde na temperatura do ar, onde o uso de uma única variável pode causar decisões inadequadas. Além disso, Wang e Akbari (2016) demonstraram que as árvores ao longo das ruas podem reduzir a temperatura do ar em 0,2 a 0,3°C, a temperatura radiante média em 1,1 a 3°C.

Assim, o indicador de densidade de cobertura vegetal (D_v) é calculado pela razão entre a soma das áreas de vegetação existentes dentro do raio de análise e a área total da malha considerada, de acordo com a Equação 11 (Huang; Tsai; Chen, 2020):

$$D_v = \frac{\sum_i A_v}{A} \times 100 \quad (11)$$

Onde, A_v é a área de cobertura vegetal e A é a área total na malha do entorno.

Estes indicadores morfológicos supracitados são parâmetros importantes que podem indicar certas mudanças no conforto interno, como radiação térmica, RNI, iluminação, ventilação e vale ressaltar que o crescimento urbano impulsionado pela migração rural/urbana implica numa maior densidade urbana.

2.7. Radiação não ionizante em ambientes de trabalho remoto

A qualidade dos espaços internos, especialmente no contexto de edifícios e residências, pode estar relacionada à exposição à radiação não ionizante, embora essa relação seja mais evidente em situações específicas, como a localização do espaço interno. A arquitetura e os materiais de construção desses espaços internos podem influenciar a quantidade de radiação não ionizante que é absorvida nestes ambientes.

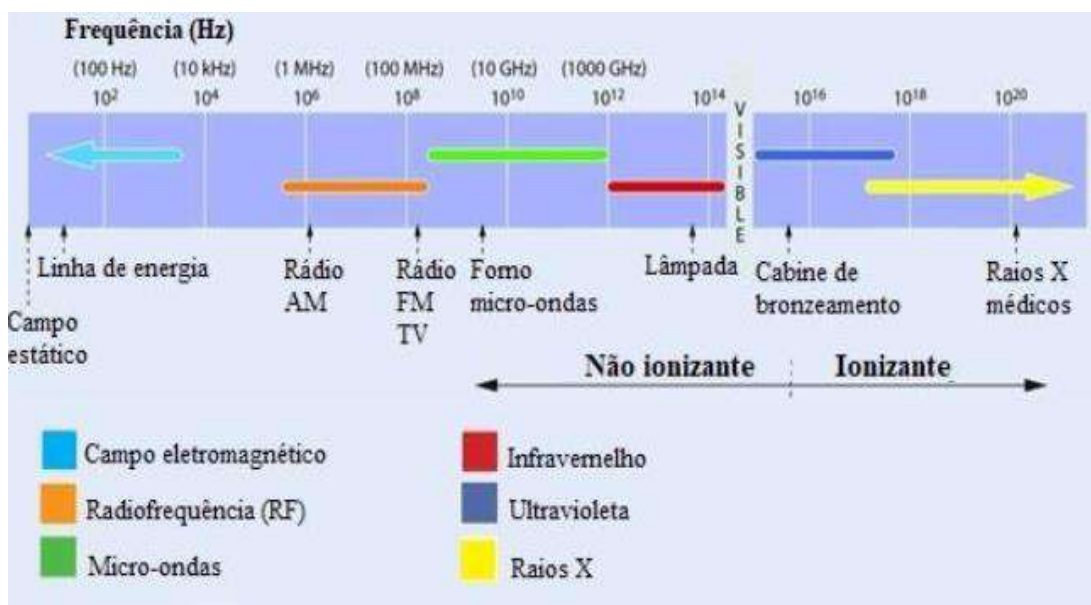
A radiação não ionizante (RNI) é uma modalidade de radiação de baixa frequência, com comprimento de onda maior que 200 nm, e baixa energia, menor que 10 elétron-volts (eV), incapaz de ionizar a matéria, que se propaga através de ondas eletromagnéticas, constituída por um campo eletromagnético, podendo ser provenientes de fontes naturais e não naturais, englobando a radiação ultravioleta, a luz visível, o infravermelho, a micro-

ondas, as radiofrequências e os campos de extrema baixa frequência (INCA, 2019; Másculo, 2008).

No século 20, a exposição ambiental a fontes artificiais de radiação eletromagnética aumentou rapidamente. As principais causas deste aumento são a demanda por eletricidade, o desenvolvimento da tecnologia sem fio e suas aplicações e a mudança no comportamento social das pessoas (Gavrilas e Kotsis, 2023). Os efeitos da exposição a campos eletromagnéticos na saúde reprodutiva, desenvolvimento de câncer, sistema nervoso central, sistema cardiovascular, função imunológica, comportamento humano, padrão de sono e metabolismo energético foram investigados em muitos estudos (Pourlis, 2009; Shi *et al.*, 2015; Duhaini, 2016; D'Angelo *et al.*, 2015; Kesari *et al.*, 2013; Vijayalaxmi, 2016), mas o efeito da radiação eletromagnética no público e no ambiente ecológico ainda é incerto.

De acordo com Mccoll *et al.*, (2015), o espectro eletromagnético (Figura 3) abrange campos magnéticos estáticos e elétricos, campos elétricos e magnéticos de baixa frequência (baixa energia, longos comprimentos de onda), campos eletromagnéticos intermediários e de radiofrequência (RF), radiação óptica (infravermelho, luz visível, radiação ultravioleta), micro-ondas, e raios X e gama (radiação ionizante com energia alta e baixos comprimentos de onda).

Figura 3 -Espectro eletromagnético



Fonte: Adaptado de MCCOLL *et al.*, 2015.

No espectro eletromagnético essas radiações de extrema baixa frequência (do inglês, *extremely low frequency electromagnetic field - ELF EMF*) consistem na radiação eletromagnética cuja frequência é abaixo de 300 Hz (Brodic, 2015). O limite de exposição pública à RNI na frequência de 50 Hz a 60 Hz é de 100 μ T, de acordo com a *International Commission on Non- Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP). No entanto, esse limite é 250 vezes maior que 0,4 μ T, um nível de referência frequentemente utilizado em estudos epidemiológicos que relatam associações entre a exposição a campos magnéticos de frequência extremamente baixa e potenciais efeitos biológicos, particularmente leucemia infantil (Ilonen, K. *et al*, 2008; Thuróczy, G. *et al.*, 2008; Calvente, I. *et al.*, 2010; Roosli, M *et al.*, 2011; Sage, C.; Carpenter, D. O., 2012; Huss, A. *et al.*, 2013; Kandel, S. *et al*, 2013; Zaryabova, V.; Shalamanova *et al.*, 2013; Grellier, J. *et al.*, 2014; Struchen, B. *et al.*, 2016; Elwood, 2017; Silva e Silva, 2020; Silva *et al.*, 2024), o que demonstra a necessidade de avanços científicos nesta área.

A Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) classificou os campos magnéticos de frequência extremamente baixa (ELF-MF) como possivelmente carcinogênicos para humanos (Grupo 2B) em 2002. Em 2011, a IARC também classificou os campos eletromagnéticos de radiofrequência (RF-EMF), provenientes de dispositivos sem fio, como Grupo 2B. Essas classificações indicam evidências limitadas de carcinogenicidade em humanos e reforçam a necessidade de mais pesquisas sobre os efeitos de longo prazo da exposição (Bhatt *et al.*, 2017). Desde então, o interesse na exposição humana aos campos eletromagnéticos de extrema baixa frequência e seus potenciais efeitos na saúde cresceu significativamente (Ruijie *et al.*, 2025).

Para Mannan *et.al.* (2020), essas *ELF EMFs* são formas invisíveis de energia que podem ser encontradas, por exemplo, nos equipamentos eletrodomésticos. E a exposição a essa radiação pode se elevar à medida que o tempo de uso desses equipamentos aumenta. Há diversos estudos que tratam da problemática envolvendo a radiação não ionizante, desde os voltados especificamente para avaliação dos níveis de intensidade de campos eletromagnéticos no interior das residências (Yitzhak, 2012); aos que enfocam a exposição à radiação não ionizante proveniente de transformadores de energia elétrica e linhas de

transmissão (Kandel *et al.*, 2013); os que relacionam possíveis problemas epidemiológicos à exposição a este tipo de radiação (Kheifets *et al.* 2015).

Apesar destes estudos, ainda assim, são poucos em comparação com o rápido progresso e crescimento da tecnologia, o aumento de dispositivos e tecnologias eletrônicas e, ao mesmo tempo, a considerável defasagem de tempo que diz respeito à atualização das diretrizes propostas para limites de exposição para áreas desenvolvidas pela *International Commission on Non- Ionizing Radiation Protection – ICNIRP*- (Almekhlafi *et al.*, 2022).

A absorção da radiação eletromagnética pelo corpo humano depende não apenas da intensidade, mas também da frequência da radiação. A radiação eletromagnética de alta frequência é absorvida perto da pele, enquanto a radiação de baixa frequência penetra mais profundamente no corpo. Os efeitos, sejam eles quais forem, dependem da intensidade da radiação, do tempo que um organismo fica exposto a ela e da sua distância da fonte da radiação. Os efeitos da radiação eletromagnética não ionizante podem ser divididos em térmicos e não térmicos (Kesari, 2013; Pegios *et al.*, 2022; Singh *et al.*, 2018).

Todo o espectro eletromagnético abrange várias formas de energia, incluindo a eletricidade e microondas na extremidade do comprimento de onda mais alto (extremidade da baixa frequência) e raios-x e raios gama na extremidade do comprimento de onda inferior (extremidade da alta frequência). Essas radiações de frequência extremamente baixa são formas invisíveis de energia que podem ser encontradas na eletricidade doméstica (Mannan *et al.*, 2020).

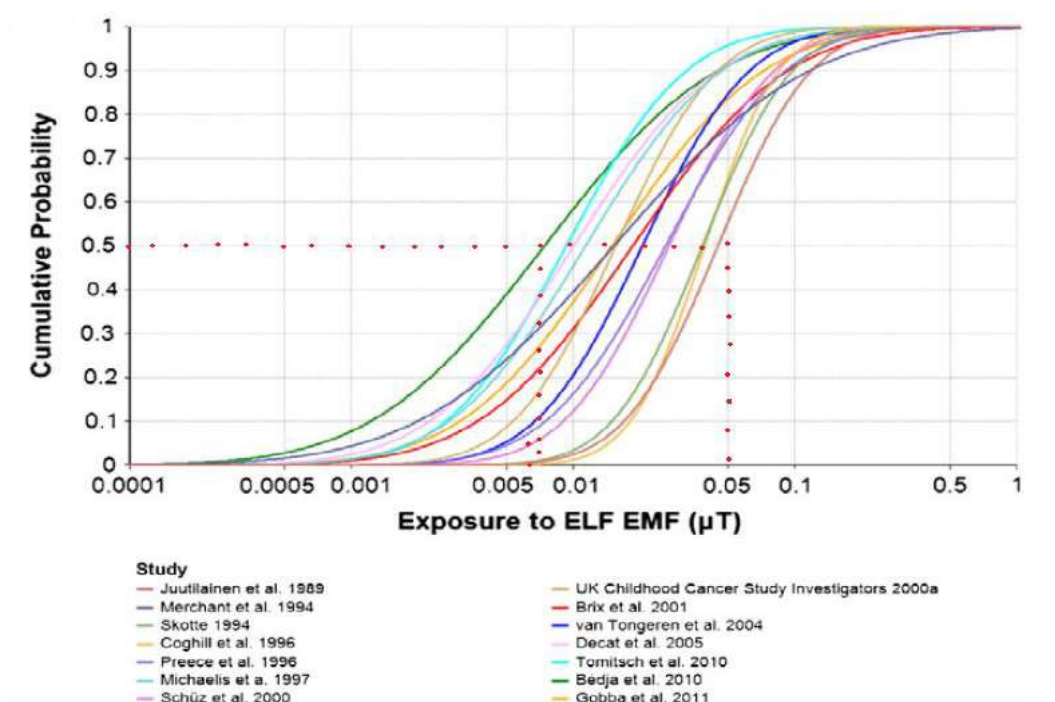
Ambos os campos elétricos e magnéticos são produzidos em diferentes ambientes construídos como resultado da transmissão elétrica para diferentes aparelhos eletrônicos. Esses dois campos juntos formam campos eletromagnéticos onde o campo elétrico pode ser facilmente bloqueado por materiais de construção, no entanto, os campos magnéticos têm natureza altamente penetrante. Assim essa radiação não ionizante pode se propagar de qualquer fonte externa e interna em um ambiente de construção.

Dias (2018) destaca, entretanto, que a exposição residencial aos campos eletromagnéticos pode estar relacionada não apenas às fontes internas, mas também a fontes externas, como subestações de transformadores de energia elétrica internas às edificações, assim como a morfologia urbana em que a residência está inserida. Na literatura há diversos estudos que relacionam a exposição residencial à radiação não-ionizante com a presença de

subestações de transformadores de energia elétrica ou à presença de fontes eletrodomésticas residenciais, não se levando em consideração, todavia, as características do entorno da edificação e a morfologia urbana (Dias, 2018).

A figura 4 demonstra a probabilidade acumulada em relação à exposição ao campo magnético de vários estudos realizados na Europa. Percebe-se que para cada estudo analisado, a curva média da exposição magnética é inferior a $0,1 \mu\text{T}$ (entre $0,004 \mu\text{T}$ - $0,05 \mu\text{T}$). Isto acontece pois apenas uma pequena parte da população analisada está exposta a condições graves de exposição. Para estes casos, Grellier (2014) afirma que há uma razão de chance maior entre o surgimento da leucemia infantil e o aumento da exposição residencial magnética.

Figura 4 -Probabilidade acumulada da exposição residencial a campos magnéticos em países europeus



Fonte: Grellier (2014)

Embora a Figura 4 indique que a exposição média residencial se mantém em níveis baixos (inferiores a $0,1 \mu\text{T}$), os dados de Grellier (2014) revelam que o risco de patologias graves, como a leucemia infantil, aumenta com a exposição residencial magnética. No

contexto do trabalho remoto, este dado torna-se crítico: o profissional deixa de estar num ambiente laboral controlado para permanecer períodos prolongados em ambientes residenciais onde, embora a média seja baixa, os picos de exposição e a permanência contínua podem potencializar riscos ainda não totalmente mapeados pela literatura atual.

Os regulamentos padrões disponíveis para radiações em ambientes construídos não protegem completamente os ocupantes dos impactos biológicos e de outros impactos à saúde causados pelos campos eletromagnéticos, e o foco tem sido principalmente em evitar choques elétricos (Weldu *et al.*, 2019). Fontes de radiações eletromagnética não ionizante podem ter importância clínica, pois um pequeno aumento na exposição pode causar riscos à saúde. Desta forma, incorporar questões de radiações de baixa frequência no projeto do ambiente construído pode minimizar o impacto do uso de energia em edifícios, bem como ocasionar uma melhoria significativa na redução dos riscos à saúde dos ocupantes (Mannan *et. al.* 2020).

As radiações não ionizantes, geradas por sistemas de energia elétrica, como eletrodomésticos, podem afetar o conteúdo dos nossos micros RNAs das vesículas extracelulares circulantes, conforme demonstrado por Li *et al.* (2018). Neste estudo, as vesículas extracelulares séricas isoladas de camundongos expostos a campos eletromagnéticos de baixa frequência apresentaram níveis alterados de micro RNAs direcionados a genes implicados em muitos estados de doença, incluindo câncer.

Segundo Monti, Solazzo e Bollati (2023) a luz ultravioleta (UV) é um tipo de radiação não ionizante que tem sido associada a um risco aumentado de câncer de pele. Embora baixas doses de luz UV (especialmente UV-B) sejam consideradas necessárias para a produção de vitamina D, a irradiação UV de longa ou alta intensidade pode causar danos oxidativos e genotóxicos, cujo acúmulo pode promover envelhecimento prematuro da pele e câncer de pele. Assim, muitos fatores ambientais, como a luz ultravioleta (inclusive os presentes em ambientes internos oriundas por exemplo, de luzes artificiais), foram reconhecidos como cancerígenos, sublinhando ainda mais a contribuição do expossoma (ou seja, a soma de todas as exposições ao longo da vida) na incidência e mortalidade por câncer (Gatto, 2021).

Percebe-se assim que os campos eletromagnéticos interagem com sistemas biológicos, mantendo a comunidade científica em alerta. Embora o consenso absoluto sobre

os efeitos crônicos ainda esteja em construção, a ausência de evidência definitiva não é evidência de ausência de risco. No cenário do trabalho remoto, onde a exposição é contínua e o ambiente é desregulado, a aplicação do princípio da precaução torna-se a base fundamental para garantir a saúde do trabalhador.

2.8. Aprendizado de Máquina (*Machine Learning* - ML)

Este tópico aborda de forma sucinta a temática relacionada ao aprendizado de máquina (AM) ferramenta utilizada na presente tese para obter resultados relacionados ao objetivo principal: “Como as condições térmicas e os níveis de radiação não ionizante (RNI) de extrema baixa frequência em ambientes de trabalho remoto residenciais (ATRR) podem estar associadas a características da morfologia urbana em bairros caracterizados como ilhas de calor na cidade de João Pessoa, PB”. A escolha por esta ferramenta justifica-se pela natureza multifatorial do problema: a morfologia urbana e as variáveis ambientais não se relacionam de forma linear. O AM permite, portanto, modelar estas interações complexas entre o ambiente construído, condições térmicas (TO) e as emissões de RNI, identificando padrões de risco que escapariam a métodos estatísticos tradicionais.

Aprendizado de máquina é uma subárea da inteligência artificial que permite que modelos captem padrões a partir de dados sem serem explicitamente programados. Ele fornece uma maneira eficaz de extrair insights e padrões úteis a partir de conjuntos de dados, tornando-se uma tecnologia cada vez mais relevante (Borba, 2023). Algoritmos de AM foram desenvolvidos para resolver problemas complexos, combinando várias técnicas para melhorar o desempenho. O objetivo é obter a melhor estimativa utilizando um modelo matemático que consiga capturar a variabilidade dos dados e que consiga permanecer eficiente em novos conjuntos de dados. (Fernandes, 2021). Esses algoritmos servem para prever a ocorrência de um evento pelo treinamento de conjuntos de dados que identificam padrões para a predição de um evento futuro. Eles permitem automatizar a criação de modelos analíticos a partir de dados de treinamento, sem a necessidade de codificação explícita de regras, com o objetivo de executar tarefas cognitivas específicas, como detecção de objetos e processamento de linguagem (Janiesch, Zschech e Heinrich, 2021).

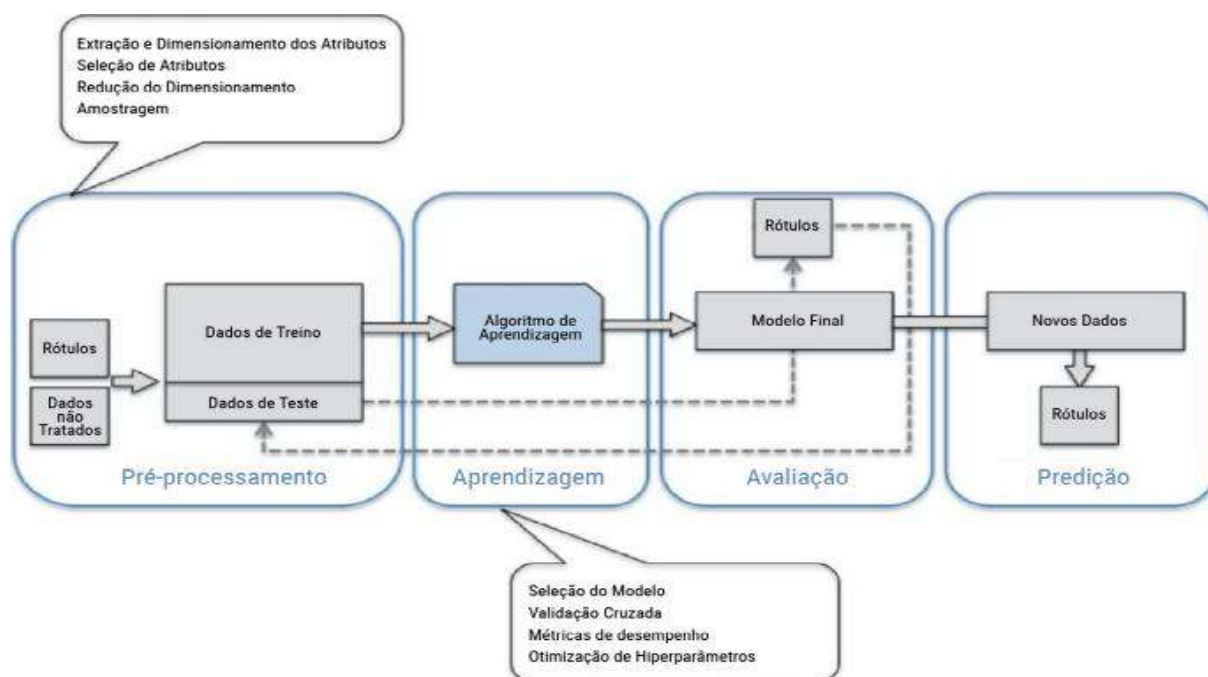
Os modelos de aprendizado de máquina (AM) podem ser classificados em: supervisionados, não supervisionados e por reforço. Nos modelos supervisionados, existem rótulos, ou seja, informação direta sobre o resultado esperado e para todos os desfechos durante o processo de treinamento. O aprendizado supervisionado divide-se em dois principais tipos de modelos: os de classificação e os de regressão. Nos modelos de classificação, os resultados a serem preditos são classes ou categorias, sendo possível trabalhar com dados para classificação binária ou multinominal. Por outro lado, quando o objetivo está em prever um resultado contínuo aplica-se um modelo de regressão (Lee, 2018).

No caso do aprendizado não supervisionado, os dados utilizados não possuem rótulo, ou seja, não existe uma resposta correta a ser predita. O objetivo está em encontrar padrões e relações entre os fatores (Bartneck et al., 2021). Por fim, o aprendizado por reforço não possui treino e teste ou possibilidade de rótulo, mas envolve um agente que recebe retornos sobre suas ações na forma de recompensas e penalidades (Geron, 2022).

De acordo com James *et al.* (2013), o intuito de determinar um modelo que relacione os objetos de entrada às suas saídas está relacionado a dois motivos principais: prever respostas para futuros objetos/eventos ou melhor compreender o relacionamento entre os objetos de entrada e saída. No aprendizado de máquina supervisionado o objetivo é fazer previsão. Nesta situação, a função presente nos modelos é frequentemente tratada como uma “caixa preta”, visto que não se trata de conhecer a forma exata da função desde que ela produza boas previsões.

O processo de modelagem em AM pode ser dividido, em geral, em 4 etapas principais: pré-processamento dos dados, aprendizagem, avaliação do desempenho e predição, conforme figura 5.

Figura 5 – Etapas da construção de um modelo preditivo em Machine Learning



Fonte: Raschka (2015)

Na fase inicial, os dados são organizados, normalizados e divididos em conjuntos de treino (usados para criar os modelos) e teste (usados para verificar a performance dos modelos). Em seguida, na fase de aprendizagem, os algoritmos são treinados com base nesses dados, podendo operar em modo supervisionado ou não supervisionado (Bishop, 2006; Sathya; Abraham, 2013). Nesta fase o modelo é construído a partir dos dados que são apresentados ao algoritmo. Na fase de avaliação do modelo os dados de teste são apresentados ao modelo e, com isso, são geradas previsões. Essas previsões são comparadas com os resultados desejados para avaliar o desempenho do modelo. Por fim, a fase de predição indica se o modelo avaliado apresenta um bom resultado, podendo ser utilizado para receber novos dados e realizar previsões (Raschka, 2015).

2.8.1. Algoritmos de Aprendizado de Máquina (AM)

No AM existe uma grande variedade de algoritmos e nesta seção serão apresentados de forma breve os algoritmos utilizados nesta tese. A escolha dos algoritmos ocorreu pela

popularidade da utilização deles para resolução do tipo do problema proposto neste trabalho. Os algoritmos selecionados com os melhores desempenhos foram: *Random Forest*, *CatBoost Regressor*, e *MLP (Perceptron Multicamadas)*. Tomemos inicialmente o conceito de árvore de decisão.

Árvores de Decisão são algoritmos versáteis de AM que podem executar tarefas de classificação e regressão. São algoritmos muito poderosos capazes de moldar conjuntos complexos de dados (Aurélien, 2019). É uma ferramenta simples e eficaz que utiliza um esquema de decisão em vários estágios, podendo ser eles hierárquicos ou estruturas de árvore. A estrutura é composta por um conjunto de nós que simbolizam a tomada de decisão. Os nós recebem um termo de acordo com seu posicionamento, podendo ser chamados de nó raiz, que contém todos os dados, nós internos ou nós de decisão, que são as divisões e os nós folhas, que são os nós terminais (Delgado Filho, 2020).

Esta modelagem representa um conjunto de dados segmentados através de uma série de regras simples, gerando um conjunto de regras que tornam possível a previsão através do processo repetitivo da divisão. Desta forma, o objetivo principal é realizar a divisão de uma decisão complexa em várias decisões mais simples, que podem levar a uma solução mais fácil de interpretar (Tso e Yau, 2007).

a) Random Forest

Random Forest ou Florestas aleatórias são uma combinação de árvores de decisão de tal forma que cada árvore depende dos valores de um vetor aleatório amostrado independentemente e com a mesma distribuição para todas as árvores da floresta (Breiman, 2001). Esse processo de usar vários modelos, treinados sobre os mesmos dados, calculando a média dos resultados de cada modelo é conhecido como "Ensemble Learning". O conceito fundamental desta abordagem baseia-se na premissa de que a combinação de múltiplos modelos de previsão mais simples (denominados *weak learners* ou aprendizes fracos) resulta em um modelo final muito mais robusto e eficiente (*strong learner*) do que qualquer um dos modelos individuais isolados (Dietterich, 2000). O objetivo principal do ensemble é diminuir a suscetibilidade do modelo a viés e variância, tornando as predições mais estáveis. Geralmente, esses métodos utilizam como base algoritmos de Árvores de Decisão.

Dessa técnica, as duas abordagens mais conhecidas são *boosting* e *bagging*. Na primeira, árvores sucessivas atribuem pesos extras aos pontos previstos erroneamente pelos classificadores anteriores, gerando no final uma votação ponderada para a previsão final. Já na segunda, as árvores não dependem entre si, sendo construída de forma independente. No fim, também é executada uma votação, mas dessa vez sendo majoritária e simples (Liaw *et al.*, 2002).

Uma das implementações mais robustas e difundidas do conceito de *Bagging* é o algoritmo Random Forest. O diferencial deste algoritmo reside na adição de uma camada extra de aleatoriedade ao processo padrão de *Bagging*. Além de cada árvore ser treinada em um subconjunto diferente de dados gerado por *bootstrap* (amostragem aleatória com reposição), o algoritmo introduz a aleatoriedade na seleção de variáveis (*Feature Bagging*). A cada divisão de nó dentro de uma árvore, o modelo considera apenas um subconjunto aleatório das variáveis preditoras (features) para escolher a melhor regra de separação (Breiman, 2001).

Essa dupla aleatoriedade é fundamental para quebrar correlações desnecessárias nas árvores, forçando o modelo a considerar diferentes perspectivas dos dados, impedindo que uma variável muito dominante dite a estrutura de todas as árvores. O resultado é um preditor extremamente robusto a ruídos e com variância reduzida, ideal para bases de dados onde a generalização é prioritária (Hastie *et al.*, 2009).

As florestas aleatórias são eficientes e amplamente utilizadas para seleção de variáveis e previsão. Elas são aplicáveis a problemas com relações não lineares entre as variáveis e podem lidar efetivamente com tamanhos de amostra pequenos. O processo de construção de árvores das florestas aleatórias permite implicitamente interação e alta correlação entre as características (Ziegler; König, 2014). Embora a importância da variável diminua quando variáveis altamente correlacionadas são adicionadas a um modelo de floresta aleatória, a posição relativa entre as variáveis é preservada (Genuer *et al.*, 2010).

b) Categorical Boosting (Catboost)

O CatBoost é baseado nos conceitos de Árvores de Decisão e *Gradient Boosting*. Diferentemente do algoritmo *Gradient Boosting*, que ajusta várias árvores de decisão

sequencialmente para aprender com os erros da árvore anterior, o regressor CatBoost constrói árvores sem restrições. Ou seja, as árvores são construídas estabelecendo uma regra de que todos os nós do mesmo nível testam o mesmo preditor com uma condição semelhante (Fissha *et al.*, 2025).

Este algoritmo tem como característica utilizar árvores simétricas como preditores básicos, nessas árvores, o mesmo critério de divisão é usado em todo nível da árvore. Essas árvores são equilibradas e menos propensas a *overfitting* (sobreajuste). Além da arquitetura das árvores, o CatBoost implementa o conceito de *Ordered Boosting* (Dorogush *et al.*, 2018). Em algoritmos tradicionais, o cálculo dos resíduos para um dado ponto é frequentemente feito utilizando um modelo que já foi treinado com aquele mesmo ponto, o que gera um viés de predição e vazamento de dados. O *Ordered Boosting* resolve isso utilizando uma abordagem baseada em substituições, garantindo que o modelo não se baseie na variável-alvo do ponto de dados atual para calcular seu próprio resíduo, resultando em uma generalização mais robusta para dados inéditos (Prokhorenkova *et al.*, 2018).

De acordo com Dorogush et al. (2018) as vantagens do catboost são: capacidade de utilizar todos conjunto dados para o treinamento, capacidade de conter todos os recursos de combinação e classificação na árvore atual do conjunto de dados com todos os recursos categóricos e várias permutações dos dados.

c) *Multilayer Perceptron (MLP)*

A evolução de redes neurais artificiais (RNA) foi inspirada no funcionamento e estrutura do sistema nervoso humano, formado por um grupo complexo de células nervosas, os neurônios, responsáveis por conduzir os impulsos nervosos através do corpo. Uma rede neural artificial é composta por nós interconectados (ou neurônios) organizados em camadas (Hastie *et al.*, 2009).

A MLP, uma classe de redes neurais amplamente utilizada, consiste na entrada (que recebe os vetores independentes), na saída e em uma ou mais camadas ocultas. Essas camadas possuem conexões ponderadas que são ajustadas à medida que o treinamento ocorre e são totalmente conectadas, ou seja, um neurônio em uma camada está conectado a todos os neurônios na camada seguinte. O número de neurônios na camada oculta é crucial para o

processo de aprendizagem, pois eles detectam as características presentes nos dados de treinamento e aplicam uma transformação não linear aos dados de entrada (Carvalho, 2023).

MLP é uma rede neural artificial com maior poder computacional em comparação às redes sem camadas intermediárias, pois consegue lidar com problemas não linearmente separáveis. Estruturas de MLP com uma única camada intermediária podem aproximar qualquer função contínua, e duas camadas intermediárias são suficientes para aproximar qualquer função matemática (Pádua *et al.* 2007).

2.8.2. Métricas de avaliação de desempenho

As métricas para avaliação de desempenho dos modelos apresentados nesta tese são descritas abaixo bem como suas equações. Nas equações n trata-se do tamanho da amostra, Y_i trata-se do valor observado, $\hat{Y}_i$ trata-se do valor previsto ou estimado e $\bar{y}$ trata-se da média amostral.

Mean Absolut Error – MAE

Trata-se do erro absoluto médio obtido a partir da diferença entre os valores reais e predições. O erro médio pode ser calculado somando todos os erros absolutos e dividindo pelo número de erros. Para este tipo de métrica, quanto menor o valor, melhor, ou seja, quanto menor o resultado obtido, significa que a distância entre o valor predito e o observado é menor. A expressão para o MAE é representada pela equação 12:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i| \quad (12)$$

Mean Absolute Percentage Error – MAPE

Trata-se do erro percentual médio absoluto. O MAPE mede a magnitude média do erro de previsão, expressa em porcentagem. É dado pela equação 13:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|Y_i - \hat{Y}_i|}{|y_i|} \quad (13)$$

Mean Squared Error – MSE

Trata-se do Erro Quadrático Médio geralmente utilizado para verificarmos a acurácia de um modelo. O MSE entrega a média da diferença quadrática média entre os valores observados e predições. É expresso pela equação 14:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (14)$$

Root Mean Squared Error – RMSE

Trata-se do Raíz do Erro Quadrático Médio e calcula o grau da média do erro pela raiz quadrada dos quadrados dos erros. O RMSE mede a diferença média entre os valores previstos e os valores reais. O RMSE pode ser interpretado como o desvio padrão dos erros de previsão. Para esta métrica, quanto menor o valor melhor, assim como o MAE, o menor valor significa que a distância entre o valor predito e o observado é menor, ou seja, o RMSE contribui para dizer o quão distante os valores previstos estão dos valores observados no modelo, em média. É expresso pela fórmula 15:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2} \quad (15)$$

Determination coefficient ou coeficiente de determinação (R^2)

O R^2 denota a proporção da variação na variável prevista que pode ser capturada pelo modelo de aprendizado de máquina. O coeficiente de determinação, é uma medida de

ajustamento, utilizada para verificar a precisão do modelo, em relação aos valores observados em um conjunto de dados. Os valores variam entre 0 a +1, indicando o nível de ajuste do modelo aos dados observados e quanto maior este número (próximo a 1), mais ajustado está.

É calculado (conforme equação 16) como a razão entre a soma dos quadrados dos desvios dos valores preditos em relação a sua média (soma dos quadrados explicados), dividido pela dos soma dos quadrados dos desvios dos observados em relação a sua média (soma dos quadrados totais).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (16)$$

3. REVISÃO SISTEMÁTICA

Este capítulo apresenta a revisão sistemática sobre a temática da pesquisa, bem como seus resultados. Para a realização desta varredura aplicou-se o método de revisão sistemática de literatura, com apoio da recomendação *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis* - PRISMA (Moher *et al.*, 2015) por ser um método científico para desenvolver buscas e analisar artigos de uma determinada área da ciência, indicado pela preocupação com o rigor, por ser metódico, transparente e permitir a rastreabilidade (Page *et al.*, 2021).

O objetivo principal desta revisão foi mapear e analisar a literatura sobre os efeitos das características morfológicas urbanas, térmicas e de radiação não ionizante em ambientes de trabalho remoto residenciais (ATTRR) situados em ilhas de calor. Para atingir esse objetivo, foram abordadas as seguintes questões de pesquisa:

1 - Quais são as principais características da literatura sobre as relações entre a morfologia urbana, variáveis térmicas e níveis de radiação não ionizante em ambientes internos e/ou ambientes de trabalho residenciais situados em ilhas de calor (evolução anual, artigos mais citados, periódicos publicados, entre outros)?

2 - Quais são as principais áreas abordadas pela literatura sobre características morfológicas urbanas, variáveis térmicas e de radiação não ionizante em ambientes internos e/ou ambientes de trabalho residenciais?

3 - Quais são os principais impactos/efeitos das características morfológicas urbanas nas variáveis térmicas e de radiação não ionizante em ambientes internos e/ou ambientes de trabalho residenciais discutidos na literatura?

O levantamento bibliométrico foi realizado entre os meses de abril 2022 e dezembro de 2025, buscando coletar os resultados de pesquisas relacionando a combinação de termos como: morfologia urbana, tecido urbano, ilhas de calor, conforto térmico, térmica, radiações não ionizantes, radiações de extrema baixa frequência, ambientes internos.

As principais etapas se dividiram em:

- 1) Definição de palavras-chaves e das bases de dados
- 2) Varredura nas bases
- 3) Definição de critérios de inclusão e exclusão

4) Filtragem e seleção do portfólio bibliográfico

5) Leitura na íntegra para estabelecer o alinhamento e delinear as proposições

A realização da revisão propriamente dita foi feita a partir de um levantamento bibliométrico. Este consistiu nas etapas: testes de aderência e de combinação de palavras-chave; definição das estratégias de busca; seleção das bases científicas e, por fim, a varredura nas bases.

Para os testes de aderência e de combinação de palavras-chave, realizou-se uma listagem inicial das palavras, com base na definição do tema, do tópico de pesquisa, do problema e dos objetivos. Estas palavras foram pesquisadas isoladamente para verificar quantitativamente a pertinência do termo, mensurando o retorno de cada termo quando pesquisado sem a combinação com outros. O objetivo deste teste é eliminar termos não aderentes ao tema ou que representam pouco para a área de estudo (Ruthes; Silva, 2015).

Além da busca pelos termos isoladamente, também foram realizados testes experimentais de buscas com a combinação destas palavras, a fim de verificar a melhor combinação para os termos selecionados. Para isso, os critérios de decisão foram a quantidade de retorno de artigos; a relevância, a aderência e o alinhamento dos artigos que retornaram nas buscas em relação ao objetivo da pesquisa, por meio da leitura não estruturada dos títulos e dos resumos (Lacerda; Ensslin; Ensslin/, 2012). Por fim, foram definidas 10 palavras-chave, separadas em 3 grupos relacionados aos temas, conforme mostra o Quadro 1.

Quadro 1- Palavras – chaves por grupo

GRUPO 1 (G1)	GRUPO 2 (G2)	GRUPO 3 (G3)
"urban morphology"	"Thermal"	"Residential buildings"
"urban densification"	"Thermal comfort"	"indoor environments"
"sky view factor"	"non-ionizing radiation"	
"heat islands"	"Extremely low frequency electromagnetic radiation"	

Os testes de aderência das palavras-chave e suas combinações também permitiram definir as estratégias de busca (strings), ou seja, a combinação das palavras utilizando operadores booleanos. Assim, destes 10 termos estabelecidos, foram definidas 64 combinações como estratégias de busca.

Ainda antes de realizar a busca, foram definidas as plataformas ou bases científicas onde as buscas seriam aplicadas. A definição destas bases também se deu por meio de testes, para verificar quantos e quais resultados as bases retornavam, selecionando assim os mais aderentes. Deste modo, foram selecionadas quatro bases internacionais: Science Direct (SD), Scopus, Web of Science (WoS) e ProQuest.

Os critérios de seleção para estas bases de dados foram a qualidade, o número de publicações, a área de conhecimento e o conjunto de metadados essenciais para análise da amostra (incluindo resumos, referências, número de citações, lista de autores, instituições, países, entre outras). A Scopus é uma das maiores bases de conhecimento científico na literatura revisada por pares (Morioka & de Carvalho, 2016). O WoS consegue abranger todos os periódicos indexados com fator de impacto calculado no JCR (Journal Citation Report) (Carvalho et al., 2013). SD e ProQuest combina publicações de texto completo autorizadas nas áreas científica, técnica e de saúde (Direto, 2020). Outro fator foi que as 4 quatro bases de dados fornecem metadados compatíveis com o software de análise de amostras Mendeley (Carvalho *et al.*, 2013).

Os grupos de palavras-chave foram separados de acordo com o tema e a relação com todas as 64 combinações. A tabulação dos dados foi feita de acordo com cada combinação, separando os resultados das buscas em cada uma das bases selecionadas, além de mostrar o número total por combinação (tabela 1). A primeira busca utilizou a análise combinatória dos grupos selecionados apresentada na Tabela 1, aplicada como "Título do artigo, Resumo, Palavras-chave" no Scopus; "Todos os campos" no WoS; "Título, resumo ou palavras-chave especificadas pelo autor" no SD e ProQuest, resultando em 45.763 documentos coletados como "Amostra Inicial".

GRUPOS DE PALAVRAS- CHAVES				BASES					
	G1	G2	G3	Science Direct	Scopus	WoS	ProQuest	TOTAL	
1	"urban morphology"	AND		"Thermal"	148	347	267	702	1464
2				"Thermal comfort"	61	135	132	619	947
3				"non-ionizing radiation"	0	0	0	0	0
4				"Extremely low frequency electromagnetic radiation"	0	0	0	0	0
5	"urban densification"	AND		"Thermal"	165	23	20	190	398
6				"Thermal comfort"	82	7	9	88	186
7				"non-ionizing radiation"	0	0	0	0	0
8				"Extremely low frequency electromagnetic radiation"	0	0	0	0	0
9	"heat islands"	AND		"Thermal"	1249	4289	702	600	6840
10				"Thermal comfort"	325	759	182	1296	2562
11				"non-ionizing radiation"	0	0	0	0	0
12				"Extremely low frequency electromagnetic radiation"	0	0	0	0	0
13	"sky view factor"	AND		"Thermal"	138	336	310	801	1585
14				"Thermal comfort"	76	158	191	443	868
15				"non-ionizing radiation"	0	0	0	0	0
16				"Extremely low frequency electromagnetic radiation"	0	0	0	0	0
17		AND	indoor environments	"Thermal"	1164	3352	2308	2100	8924
18				"Thermal comfort"	623	1734	1332	1243	4932
19				"non-ionizing radiation"	304	11	40	42	397
20				"Extremely low frequency electromagnetic radiation"	0	0	15	4	19
21		AND	residential buildings	"Thermal"	3686	43	42	1002	4773
22				"Thermal comfort"	936	7	37	178	1158
23				"non-ionizing radiation"	6	53	45	290	394
24				"Extremely low frequency electromagnetic radiation"	0	0	0	12	12
25	"urban morphology"	AND	indoor environments		21	40	34	753	848
26	"urban densification"				0	6	3	141	150
27	"heat islands"				162	371	45	1342	1920
28	"sky view factor"				7	17	14	289	327
29	"urban morphology"	AND	residential buildings		84	309	214	50	657
30	"urban densification"				24	57	54	110	245
31	"heat islands"				229	600	112	5	946
32	"sky view factor"				24	0	0	49	73

33	"urban morphology"	AND	"Thermal"	AND	indoor environments	182	22	18	490	712
34			"Thermal comfort"			149	14	10	310	483
35			"non-ionizing radiation"			0	0	0	0	0
36			"Extremely low frequency electromagnetic radiation"			0	0	0	0	0
37	"urban densification"	AND	"Thermal"	AND	indoor environments	23	3	3	97	126
38			"Thermal comfort"			16	2	2	55	75
39			"non-ionizing radiation"			0	0	0	0	0
40			"Extremely low frequency electromagnetic radiation"			0	0	0	0	0
41	"heat islands"	AND	"Thermal"	AND	indoor environments	20	57	31	265	373
42			"Thermal comfort"			9	9	14	200	232
43			"non-ionizing radiation"			0	0	0	0	0
44			"Extremely low frequency electromagnetic radiation"			0	0	0	0	0
45	"sky view factor"	AND	"Thermal"	AND	indoor environments	166	200	12	269	647
46			"Thermal comfort"			145	121	7	224	497
47			"non-ionizing radiation"			0	0	0	0	0
48			"Extremely low frequency electromagnetic radiation"			0	0	0	0	0
49	"urban morphology"	AND	"Thermal"	AND	residential buildings	5	46	42	21	114
50			"Thermal comfort"			1	21	18	128	168
51			"non-ionizing radiation"			0	0	0	0	0
52			"Extremely low frequency electromagnetic radiation"			0	0	0	0	0
53	"urban densification"	AND	"Thermal"	AND	residential buildings	0	0	0	163	163
54			"Thermal comfort"			0	0	0	81	81
55			"non-ionizing radiation"			0	0	0	2	2
56			"Extremely low frequency electromagnetic radiation"			0	0	0	0	0
57	"heat islands"	AND	"Thermal"	AND	residential buildings	15	337	64	40	456
58			"Thermal comfort"			9	98	26	23	156
59			"non-ionizing radiation"			0	0	0	0	0
60			"Extremely low frequency electromagnetic radiation"			0	0	0	0	0
61	"sky view factor"	AND	"Thermal"	AND	residential buildings	0	34	33	460	527
62			"Thermal comfort"			0	0	0	326	326
63			"non-ionizing radiation"			0	0	0	0	0
64			"Extremely low frequency electromagnetic radiation"			0	0	0	0	0
total						10254	13618	6388	15503	45763

3.1. Critérios de elegibilidade e inelegibilidade

A varredura nas bases se deu durante os meses de abril de 2022 a dezembro de 2025, definindo como filtro temporal as publicações dos últimos cinco anos. As buscas foram feitas com os termos em inglês, por conta da seleção de bases internacionais que permitiu uma abrangência maior de referências sobre os temas.

Desta forma, os documentos elegíveis para esta amostra de pesquisa foram aqueles publicados nos últimos 5 anos, considerando apenas artigos de pesquisa (tipo de documento), publicados em periódicos científicos (periódicos), escritos em inglês, (idioma) e sobre o tema deste estudo.

Os estudos inelegíveis foram aqueles que não possuíam uma estrutura científica bem definida, realizadas em ambientes externos, e não traziam dados relevantes relacionados ao assunto desta pesquisa e eram constituídos por apenas um autor. Na Tabela 2 pode ser consultado o resumo da busca, com o número de artigos coletados, rejeitados e selecionados.

Tabela 2- artigos rejeitados e selecionados por base de dados

Base de dados	Artigos coletados	Registros rejeitados pelo motivo:					Artigos selecionados
		Data	tipo do documento	tipo de fonte	idioma	fora do tema	
<i>Science direct</i>	10254	4064	586	1910	0	3594	100
<i>Scopus</i>	13618	6207	2187	968	219	3928	79
<i>WoS</i>	6388	2394	718	611	31	2575	59
<i>ProQuest</i>	15503	7195	1089	2157	31	5031	30
Total	45763	19860	4580	5646	281	15128	268

As referências foram migradas para o software Mendeley. Foi feita uma triagem e foram identificados 108 documentos duplicados (que foram reanalisados e excluídos), reduzindo a amostra para 160 artigos.

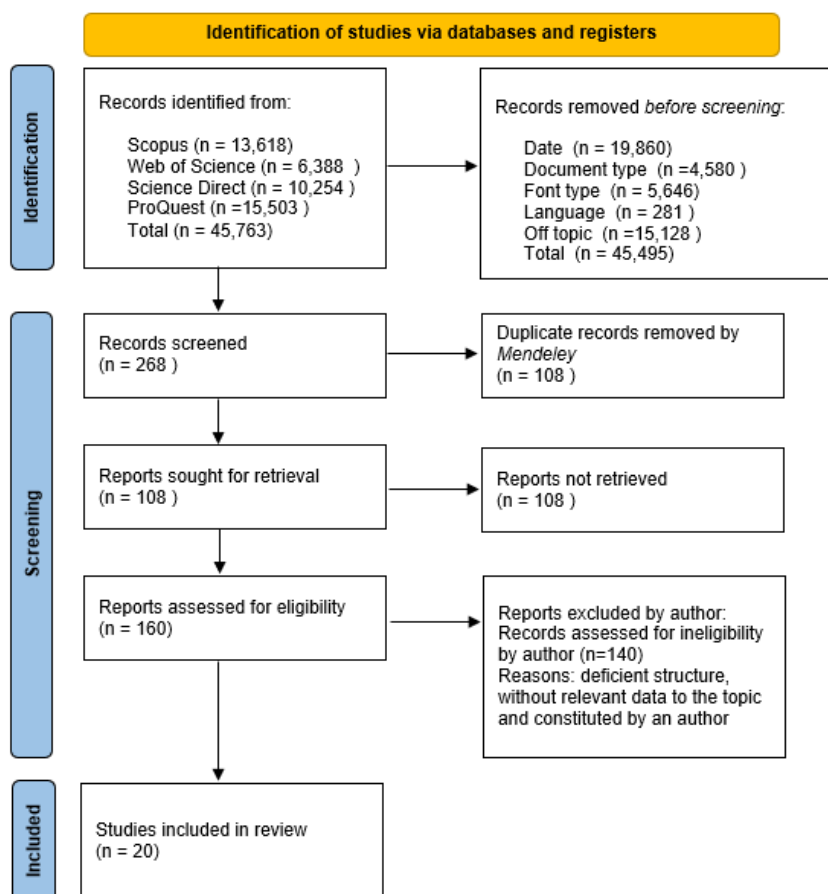
Posteriormente, foi realizada uma análise isolada de cada uma das 160 publicações selecionadas para avaliar a compatibilidade com os critérios de elegibilidade e inelegibilidade, com foco na adequação às premissas da pesquisa e aos parâmetros de qualidade relacionados às peculiaridades metodológicas das publicações. Essa análise resultou em uma “amostra restante” de 20 artigos de pesquisa.

Uma planilha eletrônica para gerenciar os artigos selecionados e os softwares Mendeley e VOSviewer foram utilizados para transcrever e classificar os principais detalhes metodológicos predominantes de cada pesquisa, incluindo o instrumento de avaliação utilizado, o ambiente, os participantes e os achados substanciais em termos de validade e credibilidade.

3.2. Resultados da revisão sistemática e discussão

A estratégia de coleta de identificação e triagem de documentos retornou um total de 160 registros, dos quais 20 artigos foram selecionados para esta Revisão Sistemática de Literatura após a triagem de títulos, resumos e aplicação dos critérios de elegibilidade e inelegibilidade e por fim leitura integral como mostra figura 6:

Figura 6 - PRISMA - Diagrama de fluxo



Fonte: Adaptado de Page *et al.* (2021)

3.2.1 Visão geral dos artigos

Para responder à primeira questão de pesquisa (Quais são as principais características da literatura sobre as relações entre a morfologia urbana, variáveis térmicas e níveis de radiação não ionizante e seus reflexos nas pessoas durante a realização de atividades remotas em ambientes residenciais?), a Tabela 3 apresenta os artigos da amostra selecionada e suas citações nas bases de dados científicas Scopus, Web of Science, Science Direct e Proquest. As pesquisas de Tong *et al.* (2018) e Chan e Liu (2018) e destacam-se por ter sido publicado em 2018 e possuírem respectivamente 50 e 33 citações.

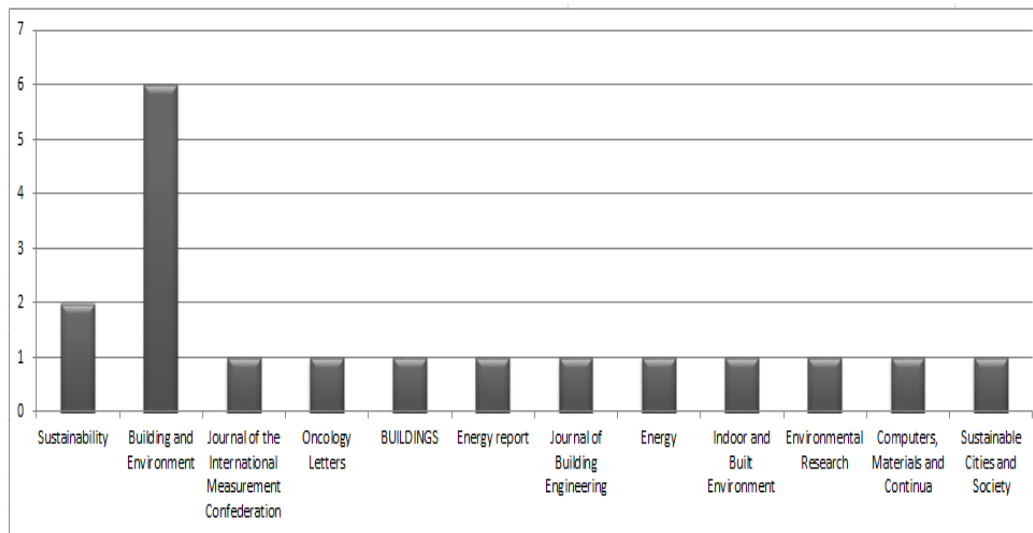
Tabela 3: Número de citações, área de pesquisa e periódico por artigo

Referência	Citações	Ano	Área de pesquisa	Periódico
Yang <i>et al.</i>	20	2018	Ciência e Tecnologia	Sustainability
Tong <i>et al.</i>	50	2018	Engenharia	Building and Environment
Chan e Liu	33	2018	Engenharia	Building and Environment
Halgamuge e McLean	3	2018	Engenharia	Journal of the International Measurement Confederation
Hardell <i>et al.</i>	29	2018	Oncologia	Oncology Letters
Hosham <i>et al.</i>	4	2019	Ciência e Tecnologia	BUILDINGS
Mannan <i>et al.</i>	4	2020	Energia e Combustíveis	Energy report
Du <i>et al.</i>	2	2020	Ciência e Tecnologia	Sustainability
Dong <i>et al.</i>	15	2020	Ciência e Tecnologia	Journal of Building Engineering
Guo <i>et al.</i>	15	2020	Energia e Combustíveis	Energy
Clegg <i>et al.</i>	13	2020	Ciência e Tecnologia	Building and Environment
Silva <i>et al.</i>	5	2020	Ciência e Tecnologia	Indoor and Built Environment
He <i>et al.</i>	6	2021	Ciência e Tecnologia	Building and Environment
Giudici <i>et al.</i>	6	2021	Ciências Ambientais e Ecologia	Environmental Research
Almekhlafi <i>et al.</i>	1	2022	Ciência da Computação e Ciência dos Materiais	Computers, Materials and Continua
Huan <i>et al.</i>	4	2021	Engenharia	Building and Environment
Kin <i>et al.</i>	7	2022	Ciência e Tecnologia	Sustainable Cities and Society
Li <i>et al.</i>	4	2023	Engenharia	Building and Environment

Elkabany	3	2023	Ciência e Tecnologia	Journal of Engineering Sciences and Information Technology
Caswell	1	2025	Ciência e Tecnologia	Sustainable Cities and Society

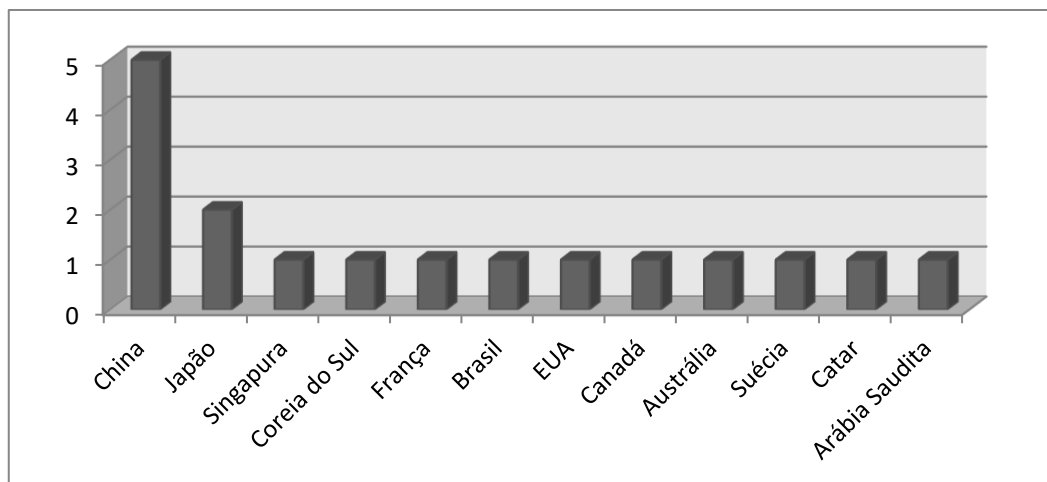
O gráfico 1 mostra o número de publicações por periódico. Nota-se que o periódico que apresentou mais publicações na área foi o *Building and Environment*.

Gráfico 1: Número de publicações por periódico



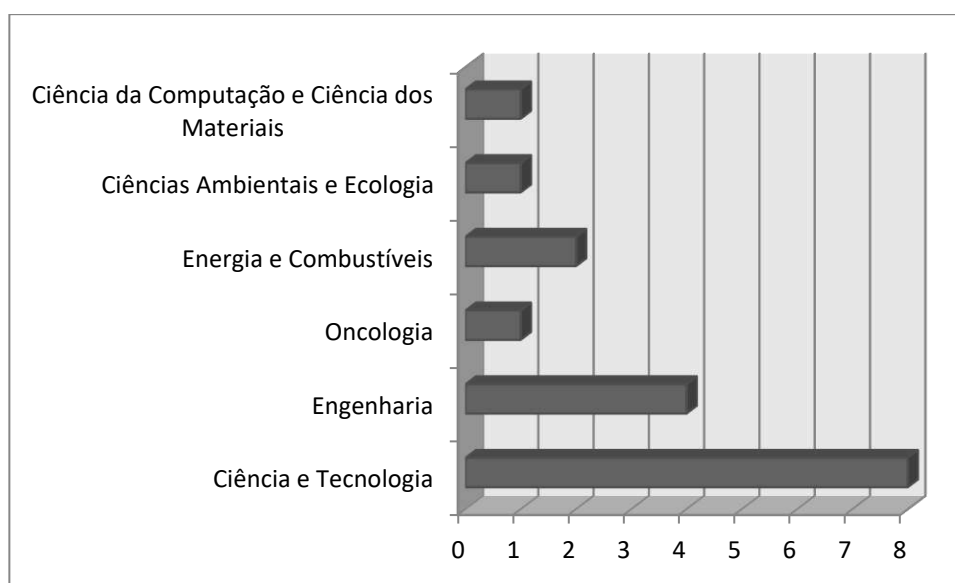
O gráfico 2 mostra o número de publicações por região/país. Constatase que o país que houve um número maior de publicações sobre o tema foi a China e o Japão.

Gráfico 2: Artigos por região/país



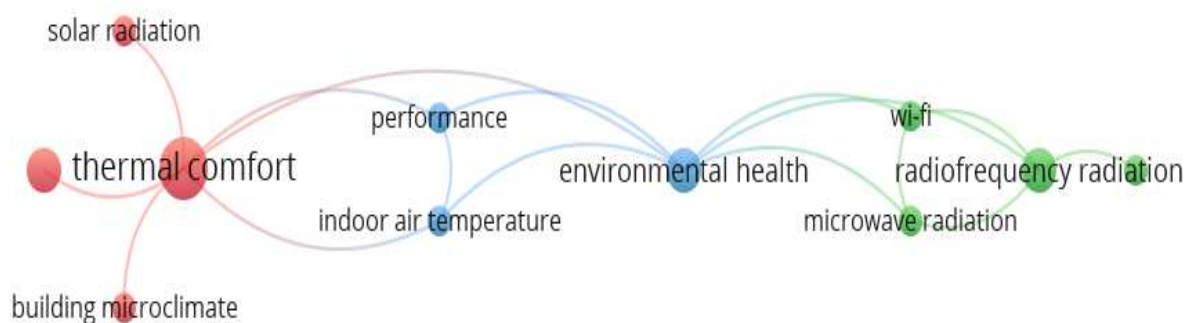
Os principais tópicos abordados pela amostra (informação fornecida pelas 4 bases de conhecimento científicas), que já iniciam a resposta à segunda questão de investigação (Quais são as principais áreas abordadas pela literatura sobre características morfológicas urbanas, térmicas e de radiação não ionizante em ambientes de trabalho remoto residenciais) são as áreas de estudo da Engenharia e da Ciência e Tecnologia, conforme mostra o gráfico 3.

Gráfico 3: Artigos por área de pesquisa



A Figura 7 mostra, por meio da análise do VOSviewer, a relação entre as palavras-chave utilizadas pelo menos duas vezes pelos artigos da amostra. Esta análise de cluster permite um melhor esclarecimento da convergência existente entre os termos encontrados, bem como facilita distinguir que existem conjuntos inteiramente associados aos seus fatores operacionais. Foram identificados 3 grupos de palavras-chave sendo os termos de maior incidência, conforto térmico, radiação, ambiente interno, saúde ambiental. Assim, este gráfico proporciona uma idealização de conteúdos mais recorrentes na literatura, proporcionando uma melhor compreensão da conexão entre eles.

Figura 7: Análise de rede de palavras-chave



Fonte: VOSviewer3.2

3.2.2 Análise do conteúdo dos artigos

Para analisar a terceira questão de pesquisa (Quais são os principais impactos/efeitos das características morfológicas urbanas nas variáveis térmicas e de radiação não ionizante em ambientes de trabalho remoto residenciais discutidos na literatura?), foi realizada análise completa de conteúdo dos textos dos artigos da amostra.

A Tabela apresentada no anexo 1 traz uma síntese dos 20 artigos selecionados, destacando seus objetivos, métodos, principais resultados e limitações. Nessa tabela, foram evidenciados alguns achados relevantes provenientes da análise dos estudos, os quais contribuíram para a compreensão crítica do tema abordado nesta revisão sistemática. No que se concerne à morfologia urbana e sua relação concomitantemente com variáveis térmicas e com a radiação não ionizante no ambiente interno, não foram identificados estudos correlatos. Desta forma, nesta revisão sistemática, foram selecionados estudos que abordassem o tema de forma seccionada.

Com relação a estudos sobre variáveis térmicas e a morfologia urbana temos o estudo de Du *et al.* (2020) onde foi investigado a correlação entre a temperatura do ar e a morfologia urbana em um distrito urbano heterogêneo no nordeste da China. Os resultados indicam diferentes efeitos dos indicadores morfológicos e da temperatura do ar em diferentes escalas. A correlação entre temperatura do ar e indicadores morfológicos pode ser

influenciada pela heterogeneidade da morfologia urbana, incluindo a diversidade das alturas e pegadas das edificações e a irregularidade da disposição horizontal das edificações.

O desempenho do microclima em espaços públicos residenciais foi avaliado por Li *et al.* (2023). Os ambientes analisados foram praças abertas, espaços com vegetação e espaços semi-abertos. Neste mesmo estudo foi verificado a relação do ambiente construído com seu entorno durante as ondas de calor do verão. A medição dos parâmetros do microclima foi realizada, seguida do cálculo dos índices de conforto térmico e pôr fim a relação com fatores de construção e vegetação. Os resultados mostraram padrões inconsistentes em diferentes variáveis microclimáticas entre os três tipos de espaços em diferentes horários do dia, enquanto as condições de conforto térmico nos três tipos de espaços eram significativamente diferentes. Em espaços vegetados e praças abertas, os fatores dimensionais desempenharam papéis dominantes na determinação do microclima e das condições de conforto térmico, com o fator de visão do céu (FVC) contribuindo significativamente. Já nos espaços semi-abertos, a composição bidimensional da cobertura do solo contribuiu mais do que os fatores tridimensionais.

O estudo de Yang *et al.* (2018) teve como objetivo simular e analisar a relação entre os quatro elementos - densidade do edifício (% da área do edifício), altura (efeito canyon), layout (arranjo do edifício) e relação verde e o ambiente térmico em áreas residenciais. Os efeitos desses elementos no ambiente térmico foram interativos. Foi constatado que os efeitos da densidade do edifício, proporção verde e layout na temperatura do ar e no voto médio previsto por hora durante o dia variaram desses indicadores durante a noite. Para He *et al.* (2021) em seu estudo sobre a morfologia urbana ao redor de escolas primárias, a densidade de construção, proporção de área útil, proporção de parcelas verdes, fração de superfície impermeável do solo e fator de visão do céu foram parâmetros que afetaram o microclima ao redor das escolas. A sombra do edifício reduziu a temperatura do ar, como o pátio de um prédio de ensino, e o material da superfície, a vegetação e a altura do terreno influenciaram a temperatura do ar. Foi constatado ainda que quanto maior a densidade de construção na área estudada, menor a velocidade geral do vento e a orientação da rua, e árvores densas e a altura do terreno afetaram a circulação do ar.

Chan e Liu (2018) investigou os efeitos do ambiente na saúde dos ocupantes e os papéis mediadores do ambiente interno no ambiente da vizinhança e nas relações de saúde

dos ocupantes. Foi constatada que a saúde dos ocupantes é significativamente afetada pela altura dos edifícios da vizinhança, densidade dos edifícios e limpeza; que as relações entre o ambiente do bairro e a saúde dos ocupantes são significativamente mediadas pelo ambiente interno, em termos de conforto visual e acústico; e que o espaço verde do bairro afeta a saúde dos ocupantes indiretamente, influenciando a qualidade do ar interno.

O objetivo do estudo de Caswell *et al.* (2025) foi identificar e avaliar evidências para entender se (e como) diferentes fatores de geometria urbana impactavam na comodidade residencial ou satisfação de pessoas que vivem em prédios arranhas céus em termos de conforto térmico e visual e, também, na saúde humana. Além disso, a revisão teve como objetivo identificar definições e conceitos-chave, índices ou métricas comumente aplicados, temas emergentes, lacunas ou inovações em pesquisa para dar suporte ao desenvolvimento de pesquisas conectando a pesquisa do ambiente construído com os campos da física urbana e saúde urbana.

Em relação aos estudos sobre as radiações não-ionizantes (de extrema baixa frequência) em ambientes internos Hardell *et al.* (2018) mediu os níveis de radiação de radiofrequência (RF) em um apartamento próximo a dois grupos de estações rádio base de telefonia móvel na cobertura. O nível médio total de radiação foi de 3.811 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ para a medição de todo o apartamento, incluindo varandas. Níveis particularmente altos foram medidos em três varandas e 3 de 4 quartos. Devido à alta radiação de RF atual, o apartamento não é adequado para residências prolongadas, principalmente para crianças que podem ser mais sensíveis que os adultos.

Para Almekhlafi *et al.* (2022) em seu estudo sobre campos eletromagnéticos ocasionados pela exposição à eletrodomésticos em residências, três situações foram consideradas para a medição: 1 - aparelhos elétricos (5 Hz a 1 KHz), desligados, e pessoas na sala em pé; 2 - aparelhos elétricos (5 Hz a 1 KHz), ligados, e pessoas na sala em pé; e 3 - aparelhos elétricos (5 Hz a 1 KHz), ligados, e pessoas sentadas. A medição foi realizada em duas alturas. A primeira altura foi de 1,65 metros acima do solo quando as pessoas estavam em pé, e a segunda altura foi de 1,4 metros acima do solo quando as pessoas estavam sentadas. Os resultados confirmam, na teoria e na prática, que fontes de radiação de alta energia aumentam a intensidade da radiação eletromagnética. E a média do campo elétrico

medida na situação 2 é maior que as situações 1 e 3; mas há baixa radiação eletromagnética na situação 3, se comparada com as situações 1 e 2.

Um artigo de revisão da literatura que se baseia em recomendações para expandir o escopo da ciência da construção para considerar as radiações de baixa frequência foi realizado por Clegg *et al.* (2020). Os autores descrevem brevemente essas radiações no espectro eletromagnético, descrevem o uso de tecnologia sem fio em edifícios “inteligentes” e resume pesquisas científicas revisadas por pares sobre os efeitos biológicos na saúde humana e ambiental. O resultado da pesquisa demonstra os efeitos biológicos das radiações de baixa frequência e ressalta a importância de atualização das diretrizes e padrões e destaca a necessidade de desenvolver e codificar ainda mais os padrões e orientações de tecnologia de construção pertinentes. O estudo ainda destaca os riscos para a saúde pública, as necessidades de acessibilidade, a responsabilidade industrial e ações de precaução como importantes parâmetros de desempenho no ramo da construção civil e arquitetura.

Mannan *et al.* (2020) realizaram uma avaliação sistêmica e abrangente para estudar a propagação da radiação gerada pelos aparelhos elétricos baseados em energia. Juntamente com a medição da exposição à radiação em edifícios, este estudo examinou como a propagação da radiação varia com diferentes materiais de construção. Além disso, os impactos na saúde humana associados à radiação também foram investigados. A avaliação de cinco ambientes de construção demonstrou que o drywall atuou como o melhor objeto de proteção (coeficiente de transmissão: 18% de força do campo elétrico), enquanto a madeira e a parede de vidro atuaram como material de proteção ruim (96% e 97% de força do campo elétrico, respectivamente). A comparação com os valores padrão especificada por autoridades internacionais mostrou valores de força de campo menores para alguns institutos reguladores, embora esses valores fossem maiores em comparação com alguns níveis de segurança mais restritos em alguns países, indicando os possíveis impactos à saúde humana no ambiente construído avaliado.

No estudo de Elkabany (2023) as fontes e os efeitos negativos dos campos eletromagnéticos na saúde foram identificados como um problema e algumas sugestões foram apresentadas para resolvê-las e evitar que as radiações eletromagnéticas negativas afetem a saúde, estabelecendo padrões para proteger os edifícios dos efeitos negativos da radiação eletromagnética. Foi constatado que o ambiente residencial em nossa sociedade não

pode ser considerado sustentável, a menos que os conceitos de sustentabilidade sejam adotados como base para teorias modernas de design residencial para usuários, promovendo a interação social e alcançando um ambiente saudável, livre de poluição por radiação, ao mesmo tempo em que fornece uma dimensão econômica por meio de o uso de materiais ecologicamente corretos a baixo custo.

Percebe-se com esta revisão da literatura que as pesquisas sobre conforto ambiental no local de trabalho têm se concentrado predominantemente em ambientes de escritórios controlados (Jaiswal e Prabhakaran, 2024). Nesses locais, fatores de conforto como regulação térmica, qualidade do ar, iluminação e ergonomia foram extensivamente estudados. Entretanto, os espaços de trabalho em casa apresentam uma variabilidade significativamente maior em comparação com estes ambientes de escritórios controlados (Evans *et al.*, 2022). Há uma diversidade de espaços com diferenças em fatores como idade do edifício, (Simovic *et al.* 2024), localização (Jansen *et al.*, 2024) e a densidade urbana (Lanza *et al.*, 2022).

Por outro lado, os estudos sobre conforto térmico estabeleceram a influência de variáveis ambientais no bem-estar e no desempenho humano (Fanger, 1970; Givoni, 1998). Contribuições paralelas da climatologia urbana destacaram como a morfologia urbana, representadas por indicadores como rugosidade, verticalidade e fator de visão do céu (FVC), molda os microclimas locais, alterando a troca de radiação, os padrões de ventilação e o sombreamento (Emmanuel, 2005; Grimmond, 2007). Estudos mostram que a redução do FVC impede a dissipação da radiação de onda longa, intensificando a retenção de calor noturna, enquanto o aumento da rugosidade e da verticalidade modula o fluxo de vento e a incidência solar. Esses fatores morfológicos, tradicionalmente estudados em ambientes externos, também estão presentes nos espaços internos, onde condicionam tanto os regimes térmicos quanto a demanda energética. No entanto, a maioria das pesquisas sobre conforto térmico tem se concentrado em edifícios de escritórios ou em microclimas urbanos externos, deixando os locais de trabalho residenciais em cidades tropicais densamente povoadas amplamente negligenciados.

Simultaneamente, a RNI emergiu como uma dimensão importante, porém pouco explorada, da qualidade ambiental residencial. Campos magnéticos associados a eletrodomésticos, a infraestrutura de energia e dispositivos digitais representam uma forma

de exposição crônica de baixo nível com potenciais implicações para a saúde (Nakata et al., 2021). Embora estudos existentes tenham examinado fontes de campos eletromagnéticos residenciais, pouco se sabe sobre como a morfologia urbana pode interagir indiretamente a exposição a RNI. Por exemplo, uma maior densidade e verticalidade dos edifícios podem intensificar a demanda local de eletricidade, enquanto um FVC baixo e a ventilação reduzida podem amplificar as cargas térmicas internas, influenciando indiretamente tanto o conforto térmico quanto a exposição eletromagnética.

Apesar da crescente preocupação pública e das discussões regulatórias emergentes, a intersecção entre forma urbana, conforto térmico e RNI em espaços de trabalho residenciais permanece ausente da literatura científica. Abordar essa lacuna requer considerar a transformação do próprio trabalho. O trabalho remoto expandiu-se consideravelmente desde a pandemia de COVID-19, tornando-se um componente essencial dos mercados de trabalho em todo o mundo. Essa mudança redefine a fronteira entre as esferas doméstica e ocupacional, desafiando premissas sobre padrões no local de trabalho, condições ergonômicas e riscos de exposição. Em ilhas de calor, onde restrições morfológicas interagem com extremos climáticos, trabalhadores remotos podem experimentar estressores agravados: superaquecimento persistente, capacidade adaptativa limitada e exposição prolongada a campos eletromagnéticos. Esses riscos não são meramente individuais, mas têm implicações urbanas e políticas, visto que a distribuição espacial da rugosidade, verticalidade e fator de visão do céu pode gerar desigualdades sistemáticas na exposição entre diferentes bairros e grupos socioeconômicos.

Desta forma, a ascensão do trabalho remoto remodelou os ambientes ocupacionais em todo o mundo, deslocando a atenção para a qualidade dos espaços internos residenciais como locais de atividade profissional prolongada. Ao contrário de edifícios institucionais ou de escritórios, os ambientes residenciais são muito heterogêneos e diretamente moldados por seu contexto urbano. Essa dependência torna-se particularmente importante em cidades quentes, onde a rápida urbanização e a intensificação das ilhas de calor urbanas aumentam o estresse microclimático. Trabalhadores remotos, que passam de seis a oito horas contínuas por dia nesses ambientes, estão, portanto, expostos a múltiplos estressores, desconforto térmico, ventilação insuficiente e campos eletromagnéticos, cujos impactos combinados permanecem pouco compreendidos.

Conclui-se, portanto, a existência de uma lacuna científica em estudos que integrem, simultaneamente, o conforto térmico interno e a exposição à radiação não ionizante, sob a influência do entorno imediato. Em áreas caracterizadas como ilhas de calor, essa lacuna torna-se ainda mais crítica. Emerge, assim, a hipótese de que a morfologia urbana não atue apenas como um condicionante térmico, mas como um elemento capaz de intensificar ou correlacionar as variações de radiação de extrema baixa frequência e as variáveis térmicas nos ambientes de trabalho remoto residencial. Desta forma, constata-se uma reflexão: **Será que em ambientes de trabalho remoto residenciais situados em ilhas de calor, a intensidade da possível variação da radiação não ionizante de extrema baixa frequência e suas variáveis térmicas não poderiam ser intensificadas ou correlacionadas por algum(s) aspecto(s) da morfologia urbana?**

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo estão descritos os procedimentos metodológicos que foram utilizados para a realização desta tese. Assim, este capítulo aborda a caracterização da pesquisa e sua tipologia em função da sua natureza, dos seus objetivos e dos procedimentos técnicos. É composto de aspectos do estudo, como classificação, amostra, procedimentos e instrumentos utilizados para coletar e analisar os dados.

4.1 Natureza e classificação da pesquisa

De acordo com Kauark (2010), o estudo se caracteriza, quanto a sua natureza, como uma pesquisa aplicada, tendo em vista que objetiva gerar conhecimentos sobre as características morfológicas urbanas, térmicas e de radiação não ionizante, com reflexos em ambientes de trabalho remoto residenciais situados em ilhas de calor na cidade de João Pessoa.

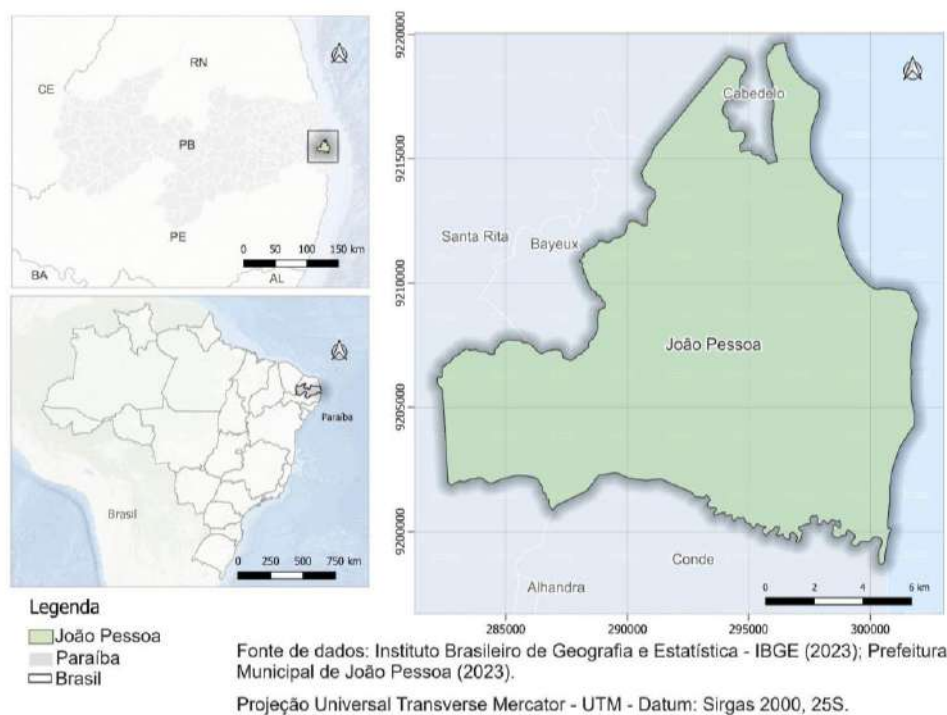
Quanto à abordagem, a pesquisa se classifica como quantitativa, pois tenta traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las, usando de técnicas estatísticas e recursos computacionais. Quanto aos objetivos, a pesquisa é classificada como explicativa experimental, devido ao intuito de explicar os efeitos, por meio do registro, da análise, da classificação e da interpretação dos fenômenos observados.

Caracteriza-se, ainda quanto aos objetivos, como exploratória, porque visa proporcionar maior entendimento sobre as características morfológicas urbanas, térmicas e de radiação não ionizante, com reflexos em ambientes de trabalho remoto residenciais assim como, explicativa, porque procura verificar se alguns indicadores da morfologia urbana podem ter relação com as variáveis térmicas e da radiação não ionizante nestes ambientes de trabalho remoto residenciais.

Quanto aos meios, classifica-se como bibliográfica, porque utiliza material já publicado como livros, teses, dissertações, artigos de periódicos etc.; e como experimental, porque se ao se desejar identificar a relação entre características da morfologia urbana, térmica e da radiação não ionizante.

geográficas de 7° 03' 00" e 07° 15' 00" de latitude sul e 34°58' 00" e 34°47' 30" de longitude oeste. João Pessoa tem uma população de 723.515 habitantes, e a densidade demográfica é de 3.421,28 hab/km² (IBGE 2010).

Figura 9 - Localização do município de João Pessoa – PB

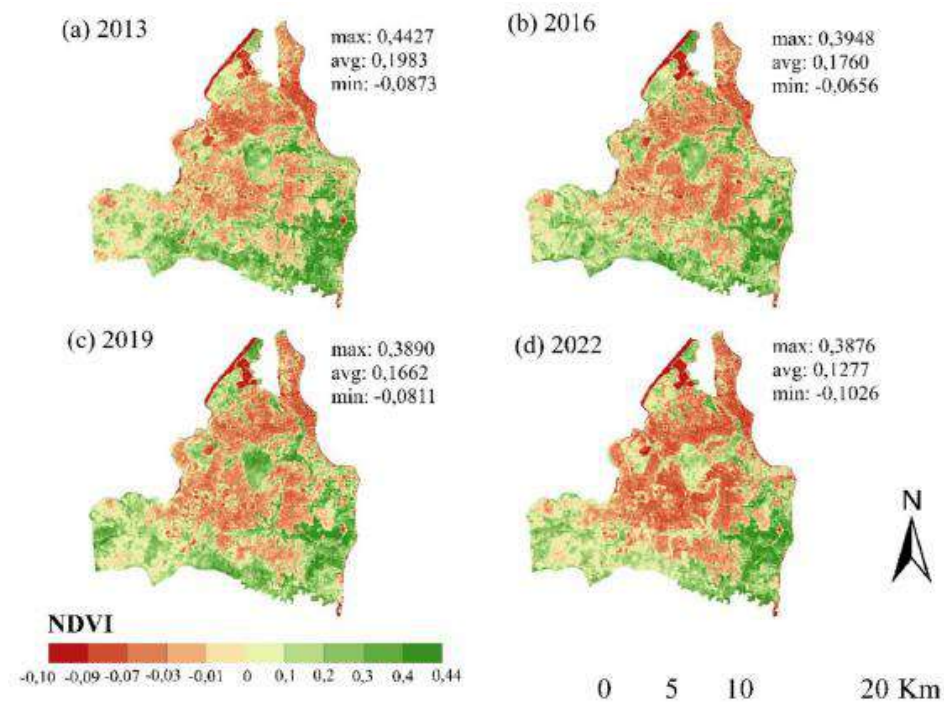


O clima regional, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, é do tipo As' (clima quente e úmido), com dois períodos climáticos distintos: seco e úmido. O clima na cidade de João Pessoa apresenta alta umidade, com temperatura média de 25°C. A maior pluviosidade ocorre geralmente entre abril e julho (estação chuvosa), quando a temperatura diminui. A precipitação média encontra-se no entorno de 1.800 mm/ano (Duarte 2010).

A cidade de João Pessoa tem passado por inúmeras transformações em seu espaço geográfico, em função do intenso processo de urbanização e da elevada especulação do setor imobiliário, o que tem levado à redução da cobertura verde remanescente da Mata Atlântica na malha urbana e, assim, remodelado o espaço urbano da capital. Um estudo realizado por Medeiros *et al.* (2025) mostra que houve uma perda brusca de vegetação entre os anos de 2019 e 2022, principalmente nos bairros Mangabeira e Valentina, situados na Zona Sul da

cidade, e nos bairros de Manaíra e Bessa, localizados na Zona Norte da capital paraibana (Figura 10).

Figura 10– Variabilidade espacial do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para os anos de 2013 (A), 2016 (B), 2019 (C) e 2022 (D)



Fonte: Medeiros *et al.*, 2025

Quanto à situação dos ventos, a cidade é influenciada pelos ventos úmidos de sudeste e a velocidade média é de aproximadamente 12 m/s (Sobreira *et al.* 2011). Por estar no extremo leste do Brasil, com frequência alterada pelos ventos leste e nordeste e pela zona de convergência intertropical, as temperaturas mínimas e máximas diárias variam de 22 a 30 °C, sendo que as temperaturas máximas ocorrem em regiões secas e meses mais quentes, precisamente entre setembro e março (Souza *et al.* 2016). Durante o verão, os maiores valores de umidade relativa variam entre 70 e 80%.

As áreas das ilhas de calor na cidade de João Pessoa correspondem a aproximadamente 26 km² e quase metade da área destas ilhas estão concentradas nos bairros Geisel, Bessa (englobando os núcleos Aeroclube e Jardim Oceania), Valentina, Distrito Industrial, Cristo

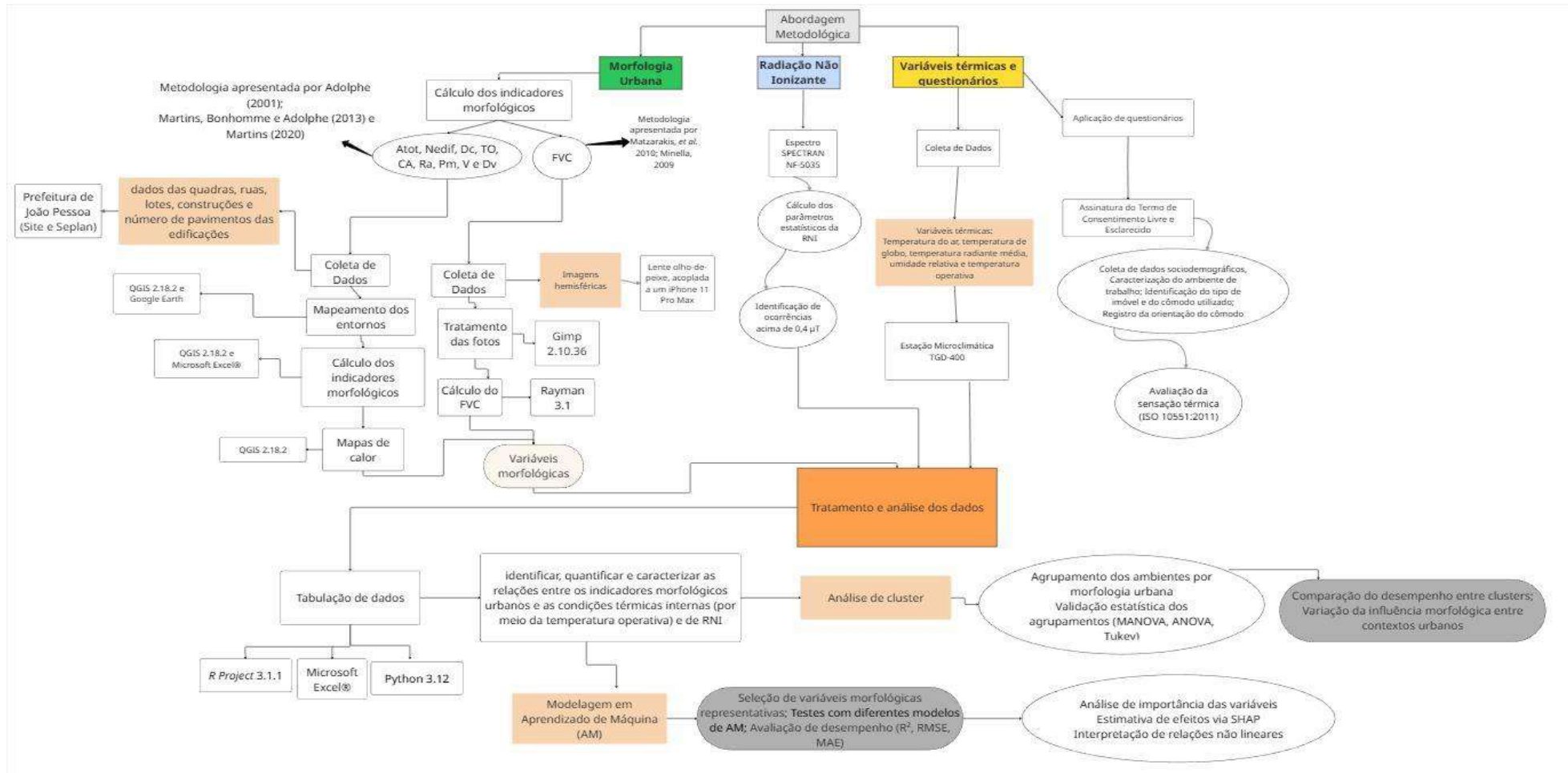
Redentor e Mangabeira. São considerados ainda ilhas de calor os bairros: Bancários, expedicionários, Manaíra, Centro, Cabo branco, Tambaú (Silva *et al.*, 2022; Medeiros *et al.*, 2025).

4.3. Panorama geral dos processos metodológicos

O fluxograma a seguir (figura 11) mostra um panorama geral das etapas metodológicas seguidas nessa tese. Inicialmente foi realizada em cada ATRR a coleta das variáveis térmicas e de radiação não ionizante, bem como a aplicação de questionários de dados individuais e de percepções térmicas. Concomitantemente foi realizado o estudo da morfologia urbana no entorno dos 50 ambientes de trabalho analisados. No estudo da morfologia urbana, foram calculados 10 indicadores morfológicos: área útil total construída, alturas (máxima, mínima e média), densidade construída, taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento, prospecto médio, rugosidade, verticalidade, densidade de cobertura vegetal e fator de visão do céu (FVC) e gerados mapas de calor para caracterizar a forma urbana construída nos entornos dos ambientes de trabalho remoto.

Após a obtenção das variáveis, foram realizadas análises estatísticas descritivas para identificar tendências e dispersões dos dados. Em seguida, modelos de AM supervisionados foram desenvolvidos para investigar a relação entre os indicadores morfológicos urbanos e as variáveis resposta (temperatura operativa e níveis de radiação não ionizante), com comparação de desempenho entre diferentes algoritmos. Posteriormente, foi realizada uma análise de agrupamento (cluster) para identificar grupos homogêneos de ambientes de trabalho remoto residenciais (ATRRs) com base na morfologia urbana, possibilitando análises comparativas entre diferentes tipologias. Uma vez definidos os clusters, os modelos preditivos foram ajustados separadamente para cada grupo, permitindo avaliar a influência relativa dos preditores morfológicos nas condições térmicas e de radiação não ionizante.

Figura 11 – Fluxograma das etapas do processo metodológico



4.4. Questionários Individuais e percepções térmicas

Os profissionais que mostraram interesse em participar da pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (anexo 2).

Durante a coleta dos dados, os profissionais, em uma sessão prévia, foram orientados sobre a finalidade da pesquisa e explicado o questionário de dados e percepções térmicas individuais que precisariam responder (anexo 3). A primeira seção do questionário (questões 1 a 34) contém informações gerais, dados sociodemográficos e dados sobre o local onde se realizava o trabalho remoto como: tipo de imóvel (casa ou apartamento), local da casa onde se realizava as atividades do trabalho, orientação do cômodo.

A segunda seção contém informações sobre sensação térmica (adaptação da ISO 10551:2011). Este questionário envolveu seis questões – questões 35 a 40 do anexo 3. A questão 35 refere-se à percepção térmica do ambiente de trabalho. A pergunta realizada foi: “Classifique a sensação térmica no local onde você desenvolve as atividades *home office*?” As opções de resposta foram apresentadas em uma escala de sete graus de intensidade, variando de +3 a -3: muito quente (+3), quente (+2), ligeiramente quente (+1), neutro (0), levemente frio (-1), frio (-2) e muito frio (-3). A questão seguinte buscou identificar se a sensação térmica percebida era geral ou localizada (em algumas partes do corpo), mas somente, nos casos em que o respondente assinalasse as opções quente, muito quente ou ligeiramente quente, na questão anterior.

A questão 38 investigou a sensação térmica percebida pelo participante no momento da resposta. A pergunta realizada foi: “Com relação a sensação térmica, como você está se sentindo neste momento?” As opções de resposta foram apresentadas em uma escala de sete níveis, variando de +3 a -3: muito calor (+3), com calor (+2), levemente com calor (+1), neutro (0), levemente com frio (-1), com frio (-2) e muito frio (-3). No que se refere à condição de conforto (questão 39), foi perguntado ao voluntário: “De que maneira você se encontra neste momento?” As opções de respostas disponíveis foram: confortável, levemente desconfortável, desconfortável e muito desconfortável. Por fim, a questão 40 avaliou a preferência térmica do indivíduo naquele momento, com as seguintes opções: mais aquecido, um pouco mais aquecido, um pouco mais refrescado e mais refrescado.

4.5 Medições das variáveis térmicas

As medições foram realizadas durante 3 dias consecutivos, 6 a 8 horas por dia (a depender da carga horária do profissional) e foram medidas as seguintes variáveis térmicas: temperatura de bulbo seco – temperatura do ar (t_a), temperatura de globo (t_g), umidade relativa (UR), por meio do equipamento TGD 400 (figura 12) e calculada a temperatura radiante média (t_{rm}) e a temperatura operativa (t_{op}). Este equipamento permite a gravação dos dados mediante a criação de um arquivo local, bem como a transferência deles para um computador, onde pôde ser processado através de aplicativos especializados ou com o auxílio de planilhas eletrônicas. O equipamento atende às exigências da Norma ISO- 7726 (2002) e estava devidamente calibrado. A velocidade do ar foi considerada constante, $v = 0,1$ m/s, estimativa para ambientes fechados (Coutinho, 2005; ASHRAE 55- 2017).

Figura 12 – Estação Microclimática TGD-400



Fonte: Laboratório de Análises do Trabalho (LAT) da Ufpb

Seguindo o que estabelece na norma supracitada o equipamento foi instalado no centro do ambiente onde era realizado o trabalho remoto, a uma altura do abdômen da pessoa em relação ao solo (aproximadamente 0,6 m), tendo em vista que o profissional se encontrava

sentado. Esta estação foi programada para medir as variáveis a cada 60 segundos, durante três dias consecutivos.

Os transdutores conectados ao equipamento TGD 400 efetuavam a medição das variáveis ambientais e possui as seguintes características:

- a) Psicrômetro de aspiração: o psicrômetro efetua a medição da temperatura do ar ou temperatura de bulbo seco, bem como a medição da temperatura de bulbo úmido, com resolução de 0,03 K, precisão de $\pm 0,13$ K, tempo de resposta de 90 s, campo de medição de -20°C a 60°C , fornece o valor da umidade relativa do ar com resolução de 0,1%, precisão de $\pm 0,5\%$ de 70 a 98%, $\pm 1\%$ de 40 a 70% e $\pm 2\%$ de 15 a 40%, campo de medição de 0 a 100%.
- b) Termômetro de Globo: a temperatura de globo, juntamente com a temperatura de bulbo seco e velocidade do ar, é necessária para a obtenção da temperatura média radiante. O termômetro de globo possui um globo pintado de negro, com emissividade ϵ igual a 0,95, e diâmetro externo de 0,15 m, tendo resolução de $0,03^{\circ}\text{C}$, precisão de $\pm 0,15^{\circ}\text{C}$, tempo de resposta de 20 min, campo de medição de 10°C a 100°C .

Foram analisadas também as condições médias climáticas externas em cada coleta de dados. As condições climáticas externas no período de coleta foram obtidas através dos dados disponíveis no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) das estações automáticas existentes.

4.6. Mensuração da radiação não ionizante de extrema baixa frequência

Esta tese avaliou indicadores dos níveis de radiação não ionizantes (RNI) que foram divididos em dois grupos: parâmetros da distribuição dos registros da RNI no ambiente interno das residências (média, desvio padrão dos dados registrados, valor máximo); e indicadores de ocorrência de registros de níveis de risco de RNI (número de ocorrências por minuto de RNI acima de $0,4 \mu\text{T}$), e a proporção desses registros acima de $0,4 \mu\text{T}$ considerados níveis de risco para o desenvolvimento de alterações biológicas no organismo humano (Ilonen, K. *et al*, 2008; Thuróczy, G. *et al.*, 2008; Calvente, I. *et al*, 2010; Roosli, M *et al*, 2011; Sage, C.; Carpenter, D. O., 2012; Huss, A. *et*, 2013;; Kandel, S. *et al*, 2013;

Zaryabova, V.; Shalamanova, T.; Israel, 2013; Grellier, J. *et al*, 2014; Struchen, B. *et al.*, 2016; Elwood, 2017; Silva e Silva, 2020; Silva *et al.*, 2024). Este valor não é um limite regulamentar ou de segurança, mas uma referência de precaução adotada recorrentemente em estudos epidemiológicos que investigam padrões de exposição a longo prazo.

Os dados de RNI foram obtidos por meio do Analisador de Espectro Aaronia USA, modelo SPECTRAN NF-5035 calibrado (figura 13). Este equipamento compreende num dispositivo capaz de exibir os valores de campo medidos em tempo real, para o intervalo de frequência selecionado. Geralmente esse tipo de equipamento pode ser acoplado a um computador por meio de um software de análise, que permite exibir graficamente os resultados das medições. Assim, enquanto o equipamento exibe os níveis de campo eletromagnético, é possível acompanhar, simultaneamente, na tela do computador o comportamento gráfico do campo no tempo (Aaronia Ag, 2009).

Figura 13 – Spectran NF- 5035



Fonte: AARONIA AG, 2009

O Low-frequency Spectrum Analyzer Aaronia SPECTRAN NF-5035, dispositivo que foi utilizado nesta tese, possui uma bobina de medição 3D integrada que permite a medição de campos magnéticos em todas as direções ao mesmo tempo. O equipamento foi instalado próximo ao profissional, a 0,6m de altura em relação ao solo, visto que, ele encontrava-se sentado durante suas atividades. O SPECTRAN NF-5035 operou no intervalo de 1 a 120 Hz

e foi analisada a frequência de 60 Hz (ciclos por segundos), a qual compreende a frequência da rede elétrica no Brasil, conforme a Lei 4.4454/1964, artigo 1.

4.7. Análise e mapeamento morfológico urbano do entorno dos ATRRs

Os dados vetoriais urbanos da cidade, em formato *shapefile* (arquivo de forma), contendo as camadas de quadras, ruas e lotes, foram obtidos por meio do site da prefeitura de João Pessoa (<https://filipeia.joaopessoa.pb.gov.br/>). As informações referentes às camadas de construções e à quantidade de pavimentos das edificações foram disponibilizadas pela Secretaria de Planejamento (Seplan) da prefeitura de João Pessoa.

O tratamento gráfico dos dados foi realizado com o programa de Sistema de Informação Geográfica QGIS 2.18.2. Por meio desse software, foram elaborados mapas das áreas de estudo. O QGIS também permitiu a edição e análise de dados georreferenciados. Ou seja, para um conjunto de *shapefiles* (por exemplo, edificação) foi gerada uma tabela de atributos com valores como área construída no solo e número de pavimentos, que pôde ser completada e manipulada, agregando informações relevantes ao estudo. Dessa forma, foi possível obter, além dos valores referentes à área construída e ao número de pavimentos, as dimensões dos lotes, as áreas não construídas, as áreas vegetadas, entre outros parâmetros.

Foi considerado um raio de 250 m no entorno de cada ambiente de trabalho remoto e esta escolha é alinhada às escalas espaciais das Zonas Climáticas Locais (LCZ), de Stewart e Oke (2012). De acordo com essa classificação, as características da forma urbana e das superfícies que influenciam o comportamento local são melhor representadas em raios entre aproximadamente 200 e 500 m, faixa na qual a morfologia exerce influência sobre trocas de calor, ventilação, sombreamento e armazenamento térmico. Desta forma, o raio de 250 m captura o contexto morfológico imediato que afeta o ambiente interno de cada residência, evitando a sobreposição entre áreas vizinhas e garantir independência espacial das observações.

Com intuito de facilitar os levantamentos, a altura (m) de cada edificação, dentro do raio de estudo, foi estimada com base no número de pavimentos multiplicado por três metros, valor médio assumido para a altura de cada andar (Zhang *et al.*, 2022). Os números de pavimentos foram obtidos a partir dos arquivos disponibilizados pela prefeitura, sendo que,

em alguns casos, esses valores foram atualizados com o auxílio de imagens de geoprocessamento do Google Earth, com o intuito de facilitar a obtenção dos dados, considerando o tamanho da amostra. No cálculo das alturas, não se fez distinção entre a base e a torre das edificações; assim, todos os pavimentos foram considerados com uma mesma altura padrão, de três metros. Essa etapa inicial teve como objetivo mapear o entorno de cada ATRR, para levantar informações como área construída, área não construída, vegetação, entre outras, que serviram de base para a criação de um banco de dados e o cálculo de variáveis consideradas relevantes para a pesquisa.

Além do cálculo pontual de indicadores morfológicos, padrões espaciais foram explorados utilizando mapas de calor de densidade kernel. Esses mapas foram gerados com base nas coordenadas geográficas dos locais de trabalho remotos residenciais, utilizando cada indicador como um campo de ponderação. Uma largura de banda consistente de aproximadamente 600 m e uma resolução raster de 30–50 m, com dados reprojetados para o sistema SIRGAS 2000/UTM Zona 25S, foram adotadas para enfatizar gradientes morfológicos em escala de bairro e a formação de pontos críticos. Esses mapas foram utilizados como ferramentas espaciais exploratórias para visualizar gradientes em escala de bairro e tendências de pontos críticos.

4.7.1. Cálculo dos indicadores morfológicos urbanos

Foi determinado um conjunto de indicadores da morfologia urbana, conforme já mencionado no capítulo 2, a saber: área útil total construída, densidade construída, taxa de ocupação do solo, coeficiente de aproveitamento, rugosidade, verticalidade, prospecto médio, densidade da cobertura vegetal e fator de visão do céu (FVC). Essas variáveis foram calculadas por meio de fórmulas matemáticas, com o auxílio dos softwares QGIS, Rayman e de planilhas eletrônicas.

- a) Determinação da área útil total construída, densidade construída, taxa de ocupação do solo, coeficiente de aproveitamento, rugosidade, verticalidade e prospecto médio**

Esses indicadores foram calculados e analisados conforme metodologia apresentada por Adolphe (2001); Martins, Bonhomme, Adolphe (2013) e Martins (2020), das quais as equações correspondentes já foram apresentadas no capítulo 2, que corresponde as equações 4 a 10. Os dados foram organizados em tabelas no Excel, com intuito de facilitar seu tratamento e visualização.

b) Densidade de cobertura vegetal (Dv)

Para obtenção dos valores de densidade de cobertura vegetal (Dv), foram seguidas as seguintes etapas:

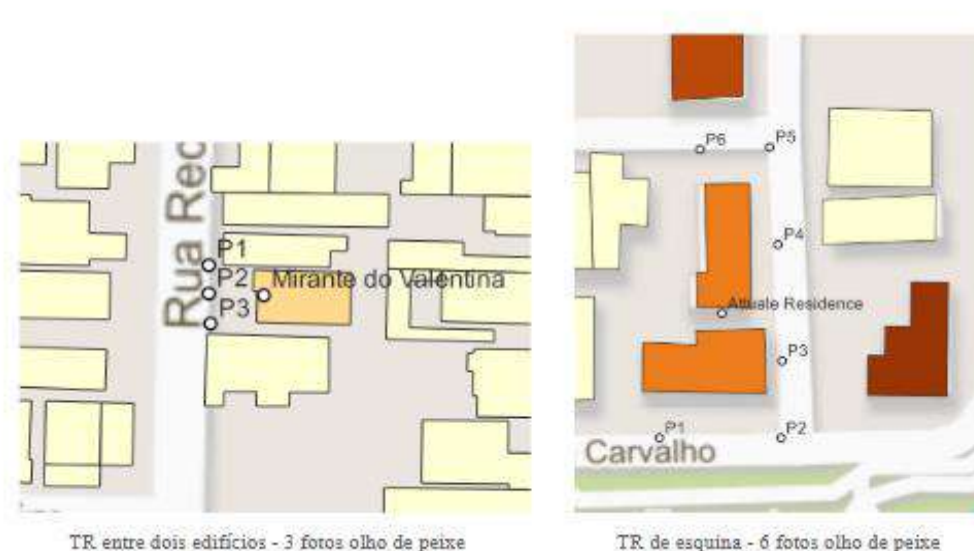
1. Delimitação do raio de 250 m e mapeamento dos entornos das edificações em estudo;
2. Identificação e mapeamento das áreas de vegetação, com uso do software *QGIS* 2.18.2 e auxílio de imagens de geoprocessamento disponibilizadas do *Google Earth*. Foram consideradas, neste estudo, como vegetação densa apenas as formações arbustivas e arbóreas, sendo descartadas as vegetações herbáceas (gramíneas), devido à dificuldade de identificação por meio das imagens de geoprocessamento;
3. Cálculo da área total e da área verde;
4. Cálculo da densidade de vegetação (Dv), conforme a Equação 11 apresentada no Capítulo 2 desta tese.

c) Fator de visão do céu (FVC)

Para o cálculo do fator de visão do céu (FVC), foi utilizado o software *Rayman 3.1* (Matzarakis *et al.*, 2010; Minella, 2009), programa de domínio público (<http://www.mif.unifreiburg.de/RayMan>), desenvolvido por Andreas Matzarakis. O programa permite representar graficamente uma determinada localidade por meio da inserção de fotos olho de peixe. As imagens hemisféricas foram obtidas por meio de uma lente olho de peixe de baixo custo, com ângulo de abertura de 180°, acoplada a um iPhone 11 Pro Max equipado com câmera de 12 megapixels. Durante a captação das imagens, foram utilizados um tripé, para padronizar a altura de 1,40m, e uma superfície plana.

As fotos foram tiradas na calçada do edifício/casa em estudo, na proximidade do meio fio. Para cada ATRR, foram capturadas, no mínimo, três fotos. Para as edificações de ambientes de trabalho remoto situadas entre apenas duas construções, foram realizadas três capturas: uma no canto direito, uma no canto esquerdo e uma no meio. Para edificações localizadas em esquinas ou de grandes dimensões, foram tiradas mais três fotos, conforme as características do entorno, como ilustrado na Figura 14. No anexo 4, estão detalhados o número de fotos, as imagens obtidas e a localização dos pontos de registro para cada ATRR. Assim, para cada endereço, foram capturadas ao menos três imagens de diferentes pontos e foram calculados a média, a mediana, e os valores máximos e mínimos.

Figura 14 – Representação da localização dos pontos de obtenção das fotos em 2 ATRRs



Fonte: Produzido pela autora, 2025

As fotos foram tratadas no programa *Gimp* 2.10.36, no qual foram realizados ajustes de contraste e recorte para a obtenção de um *frame* circular das imagens hemisféricas (Figura 15).

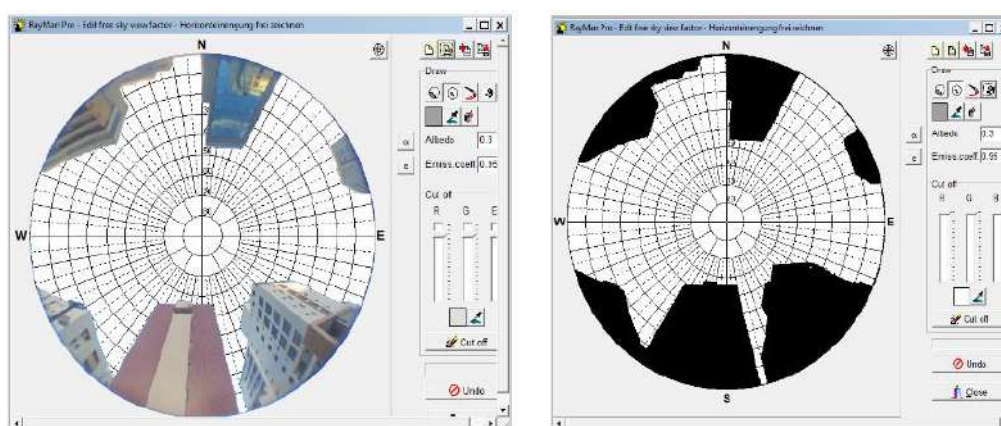
Figura 15 - Edição de imagens no GIMP e representação do resultado do recorte da área de céu



Fonte: Produzido pela autora, 2025

As imagens finalizadas foram inseridas no software *RayMan* e, por meio da ferramenta *Monochrome*, que deixa as áreas de obstrução na cor preta, foi possível obter os valores estimados para o FVC, com base no contraste branco e preto (Figura 16). Foram consideradas áreas de obstrução as construções, os mobiliários urbanos e a vegetação. Essa metodologia teve como base os seguintes autores: Hoppe *et al.* (2022), Matzarakis *et al.* (2010), Minella, 2009 e De Miranda *et al.* (2018).

Figura 16 - Importação da imagem e tratamento do contraste para obtenção dos valores estimados do FVC



Fonte: Produzido pela autora, 2025

4.8. Tratamento dos dados

Para a análise estatística dos dados foi realizada a construção de um banco de dados no software excel (Microsoft 365) para os dados coletados e para as respostas dos questionários. As informações contidas no banco de dados foram transferidas para o software R Project 4.3.0 (<https://www.R-project.org>) e Python 3.12 (<https://www.python.org>). A análise estatística descritiva foi realizada com objetivo de descrever os dados coletados, a fim de verificar a frequência, média e desvio padrão das variáveis estudadas.

Com o objetivo de identificar, quantificar e caracterizar as relações entre os indicadores morfológicos urbanos e as condições térmicas internas (por meio da temperatura operativa) e de radiação não ionizante (RNI) foram testados diferentes modelos de aprendizado de máquina. Os modelos foram desenvolvidos para estimar individualmente cada variável de saída utilizando as variáveis de entrada: rugosidade, densidade construída, percentual de área verde e fator de visão do céu. Considerando que alguns indicadores morfológicos calculados apresentam similaridade, optou-se pela utilização de um conjunto reduzido de variáveis representativas de modo a evitar redundâncias e garantir maior robustez. O desempenho dos modelos foi avaliado por meio de métricas utilizadas em estudos preditivos, como R^2 , RMSE e MAE.

Para avaliar a capacidade de generalização dos modelos e reduzir o risco de sobreajuste utilizou-se a técnica de *Cross-Validation*. Esta técnica possibilita a avaliação generalizada do modelo preditivo ao testar todas as amostras disponíveis, alternando seu uso entre treino e teste. Dessa forma, verificou se os modelos sofriam de *overfitting* (superajuste) ou se funcionavam bem apenas com um subconjunto específico de dados. Uma das formas de aplicação do *cross validation* é o método K-Fold, onde define-se um valor K para dividir os dados totais em partições (Hastie, Tibshirani e Friedman, 2009). Cada partição é utilizada uma vez como dados de teste, enquanto as demais servem como dados de treino, garantindo que todo o conjunto de dados seja avaliado, evitando modelos que não consigam generalizar suas previsões.

Nesta tese, aplicou-se o método de validação cruzada K-Fold com 10 partições ($K=10$). A escolha desse valor teve como objetivo maximizar o volume de dados de treinamento em cada iteração, estratégia fundamental dada a heterogeneidade das características nos

ambientes de trabalho e a necessidade de assegurar uma generalização robusta dos resultados. A implementação computacional foi realizada por meio da biblioteca *Scikit-learn*, utilizando o módulo *Model Selection*, que fornece as ferramentas padronizadas para a seleção e validação de modelos de aprendizado de máquina. Além disso, para avaliar o melhor resultado encontrado nas iterações, a biblioteca *Joblib* do Python foi usada para salvar a partição com o melhor desempenho.

Para cada variável resposta, foram gerados gráficos de predição comparando valores observados versus valores previstos pelos modelos, permitindo identificar o modelo com melhor desempenho para cada caso. Gráficos de importância das variáveis explicativas, obtidos via valores SHAP (*SHapley Additive exPlanations*) foram gerados. Esta técnica quantifica a contribuição individual de cada variável para a predição, possibilitando interpretar modelos complexos e capturar efeitos não lineares e interações entre os indicadores (Lundberg e Lee, 2017; Molnar, 2020). A implementação computacional do método SHAP foi realizada por meio da biblioteca Python *shap*. Para tal, selecionaram-se os módulos específicos conforme a arquitetura de cada modelo: utilizou-se o *TreeExplainer* para os algoritmos baseados em árvores de decisão e o *DeepExplainer* para os modelos fundamentados em redes neurais.

Os modelos *MLP*, *CatBoost* e *Random Forest* tiveram suas arquiteturas e hiperparâmetros ajustados por meio de testes exploratórios, visando maximizar o desempenho preditivo e minimizar o risco de sobreajuste, considerando o tamanho amostral disponível. As arquiteturas dos modelos e as configurações finais dos hiperparâmetros adotados são apresentadas no anexo 5, com o objetivo de garantir a reprodutibilidade do estudo.

A estratégia metodológica adotada nesta tese seguiu uma lógica hierárquica, partindo da modelagem global para a análise específica do contexto. A comparação inicial de modelos de aprendizado de máquina teve como objetivo identificar o algoritmo mais adequado para capturar padrões gerais, enquanto a subsequente modelagem baseada em agrupamentos (clusters) abordou a natureza não linear e dependente do contexto dos efeitos morfológicos urbanos.

Assim, em uma etapa complementar realizou-se a análise de cluster baseada exclusivamente nos indicadores morfológicos urbanos, com o objetivo de identificar

contextos urbanos homogêneos. Essa etapa foi conduzida após a modelagem preditiva global, com o objetivo de aprofundar a análise dos resultados e investigar possíveis efeitos de heterogeneidade morfológica urbana. A validade dos agrupamentos foi verificada por meio de testes estatísticos multivariados. Uma vez definidos os clusters, o modelo foi aplicado separadamente em cada grupo, permitindo investigar como a importância relativa dos indicadores morfológicos e o desempenho do modelo variavam entre diferentes configurações urbanas.

Inicialmente, os ATRRs foram agrupados conforme as características morfológicas do entorno. Esse procedimento foi realizado por meio de agrupamento hierárquico aglomerativo, utilizando a distância euclidiana como métrica de dissimilaridade, o que resultou na formação de três clusters representando diferentes padrões morfológicos urbanos. Após a definição dos clusters, foi avaliado se as quatro métricas morfológicas (densidade construída, rugosidade, porcentagem de áreas verdes e fator de visão do céu) diferiam significativamente entre os grupos. Essa avaliação foi realizada por meio de Análise de Variância Multivariada (MANOVA), aplicando quatro testes tradicionais (Lambda de Wilks, Pillai's Trace, Hotelling–Lawley's Trace e Roy's Largest Root). Em todos os casos, a hipótese nula de igualdade entre pelo menos dois dos três clusters foi rejeitada. Em seguida, aplicou-se ANOVA de um fator para cada métrica morfológica, seguida pelo teste post hoc de Tukey, permitindo identificar especificamente quais indicadores apresentavam diferenças significativas entre os grupos. A combinação desses testes confirmou que os três clusters representavam contextos urbanos estatisticamente distintos.

Em seguida aplicou-se modelos de *Random Forest* de forma separada para cada cluster. O objetivo foi avaliar o potencial dos indicadores morfológicos em explicar as duas variáveis ambientais internas: temperatura operativa (Top) e radiação não ionizante (RNI). Os modelos foram validados por meio de *cross-validation* com 10 *folds*, e o desempenho foi analisado a partir do coeficiente de determinação (R^2), do erro quadrático médio (RMSE), dentre outros, possibilitando avaliar a precisão das estimativas em cada cenário.

Por fim, foi calculada a importância relativa das variáveis preditoras em cada modelo. Essa etapa permitiu identificar o peso explicativo dos indicadores morfológicos nas variáveis ambientais. A análise possibilitou comparar como a influência da morfologia urbana varia

entre os três clusters e entre as diferentes métricas ambientais avaliadas, oferecendo um panorama detalhado da contribuição da forma urbana para as condições internas.

4.9. Considerações éticas

A presente tese foi avaliada e acompanhada, de acordo com os aspectos éticos cabíveis a todas as pesquisas envolvendo seres humanos, baseado nas diretrizes éticas brasileiras (Res. CNS 466/12 e complementares) que afirma que toda pesquisa envolvendo seres humanos deverá ser submetida à apreciação de um CEP (Comitê de Ética em Pesquisas).

Este trabalho faz parte da pesquisa intitulada “Aspectos do conforto e do entorno de home office e a saúde de profissionais”, aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba (CCS/UFPB), sob o parecer nº 6.079.720, emitido pela Plataforma Brasil (CAAE nº 68502423.6.0000.5188), em 25 de maio de 2023 (Anexo 6).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo reserva-se à apresentação e discussão dos resultados encontrados na pesquisa a partir dos procedimentos metodológicos apresentados no capítulo anterior com foco em alcançar o objetivo principal e os objetivos específicos.

Inicialmente apresenta-se a caracterização da amostra, onde foram também analisadas as respostas dos questionários aplicados aos 50 voluntários. Em seguida, são discutidos os resultados das variáveis térmicas, considerando-se, de forma complementar, as condições climáticas externas associadas a cada ambiente de trabalho remoto residencial (ATRR). Posteriormente analisou-se os resultados referentes à radiação não ionizante e das características da morfologia urbana, previamente mencionadas na metodologia em cada ambiente de trabalho remoto residencial (ATRR).

Na sequência, são apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação dos modelos de aprendizado de máquina, com ênfase na análise comparativa de desempenho entre os diferentes algoritmos testados e na identificação das relações entre os indicadores morfológicos urbanos e as variáveis ambientais internas. A interpretação dos modelos é aprofundada por meio da técnica SHAP, permitindo compreender a contribuição relativa de cada variável explicativa nas predições. Por fim, os resultados são analisados à luz da segmentação em clusters dos ambientes morfológicamente homogêneos, possibilitando avaliar como o desempenho dos modelos e a importância dos indicadores variam conforme diferentes contextos urbanos.

Destaca-se que a modelagem inicial teve caráter exploratório e comparativo, com o objetivo de verificar a existência de relações globais entre morfologia urbana e variáveis ambientais internas e identificar o modelo mais adequado. A análise de clusters foi conduzida em uma etapa posterior como procedimento complementar, com intuito de investigar a heterogeneidade urbana e avaliar como o desempenho e a importância das variáveis variam entre diferentes contextos morfológicos.

5.1. Caracterização da amostra e resposta dos questionários

A tabela 4 representa a caracterização da amostra correspondente aos 50 ambientes de trabalho remoto residenciais (ATTRs) situados em ilhas de calor na cidade de João Pessoa.

Tabela 4: Características da amostra

ATTR	data coleta	Ambiente de trabalho	Bairro/Ilha de calor	Endereço	Piso
1	19/04/2023 a 21/04/2023	Ed. Mont Serrat	Bessa	Rua ambrosina soares dos santos nº 71 apt 109 ed. Mont Serrat, Bessa	1º
2	31/05/2023 a 02/06/2023	Attuale Residence	Jardim Oceania	Rua professora Maria Jacy Pinto Costa, 51. apt 302-A. Ed. Atualle Residence jardim Oceania	3º
3	21/06/2023 a 23/06/2023	Residencial Reinos do Sul	Bancários	Rua Tabelião Erinaldo Nunes Oliveira, 51 apt 104, Ed. Res.Reinos do Sol. Bancários	Térreo
4	11/07/2023 a 13/07/2023	Ed. Engenheiro Antônio Lyra	Expedicionários	Rua presidente roosevelt 88, apt 204, ed. Engenheiro antonio lyra expedicionários	2º
5	30/08/2023 a 31/08/2023 e 01/09/2023	Residencial Olga Amorim	Cabo Branco	Avenida cabo branco 3582, cabo branco apt 203	2º
6	20/09/2023 a 22/09/2023	Ed. Rosa do Prado	Bessa	Rua Fernando Henrique dos Santos 756 apto 306, Bessa	3º
7	26/09/2023 a 28/09/2023	Residencial Saint Michel	Bancários	Rua Antônio Miguel Duarte, 115.Residencial Saint Michel. Bancários	3º
8	04/10/2023 a 06/10/2023	Ed. Turmalina	Bancários	Rua Wagner Japiassu, 115, ap 103 bancários	1º
9	10/01/2024 A 12/01/2024	Res. Monte carlos	Bancários	Rua Antônio Dias de Freitas, 205 apt 102	Térreo

10	24/01/2024 a 26/01/2024	Ed. Paulo Miranda	Bancários	Rua bancários Pedro de França Macedo, 451	1º
11	29/01/2024 a 31/01/2024	Casa 01	Bancários	Rua Bancário Enilson Lucena nº 93	térreo
12	03/02/2024 a 05/02/2024	Casa 02	Cabo branco	Rua desportista José Eduardo de Holanda, 1535	térreo
13	10/02/2024 a 12/02/2024	Ed. Tropical	Cabo branco	avenida cabo branco 384, apt 301	3º
14	21/02/2024 a 23/02/2024	Ed. Passargada	Tambaú	Av. Presidente Epitácio Pessoa, 4595 aptº 206	2º
15	07/01/2024 a 09/01/2024	Residencial Conquest	Tambaú	Av. Silvino Lopes, 547	2º
16	06/03/2024 a 08/03/2024	Antonio Medeiros	Tambaú	Rua professora Maria Sales 621, apt 301	3º
17	12/03/2024 a 14/03/2024	Residencial Vela e mar	Bessa	Av. Pres. Afonso Pena, 1768 - Bessa, João Pessoa - PB, 58035-03	2º
18	18/03/2024 a 20/03/2024	Ed. Hercília Paz	Jardim Oceania	Avenida Argemiro de Figueiredo 749, apt 202	2º
19	24/04/2024 a 26/04/2024	Edifício	Expedicionários	Rua professor Joaquim Santiago 274 apt 201	2º
20	14/06/2024 a 16/04/2024	Edifício la Grace	Bessa	Rua Francisco de Andrade Carneiro, 155	2º
21	20/06/2024 a 22/06/2024	Casa 03	Mangabeira	Rua Laura Muniz de Lima 76	térreo
22	06/07/2024 a 08/07/2024	Ed. Maria Tereza	Manaira	avenida Manoel Moraes 878, apt 301	3º

23	12/07/2024 a 14/07/2024	casa 04	Valentina	rua pedro fiuza chaves 156	térreo
24	14/08/2024 a 16/08/2024	Ed. Residencial Maria Celestina II	Bancários	rua comerciante aristides costa, 39, apt 101	1º
25	21/08/2024 a 23/08/2024	apartamento	Tambiá/centro	avenida deputado odon bezerra 279 apt 02	Térreo
26	03/09/2024 a 05/09/2024	apartamento	Mangabeira	rua jacira de vasconcelos claudino 146 bloco H3 APT 302	3º
27	22/09/24 a 24/09/2024	apt Santa Ines	Bessa	rua doutor damasquins Ramos Maciel 925	3º
28	28/09/2024 a 30/09/2024	Condomínio Moliere Maison	Tambaú	rua professora maria sales 731 apt 202	2º
29	04/11/2024 a 06/11/2024	Residencial Príncipe de Dubai	Bancários	rua cecília rodrigues siqueira 380 apt 101	1º
30	07/11/2024 a 09/11/2024	Casa 05	Bancários	rua alcebíades da cunha 215	Térreo
31	15/11/2024 a 17/11/2024	residencial gardenia	Bancários	rua maria eliete de coutinho fabrício 240 apt 102	1º
32	19/11/2024 a 21/11/2024	Residencial Mirante do Valentina	Valentina	Rua Recife, 55 - Planalto Boa esperança	Térreo
33	27/11/2024 a 29/11/2024	Residencial São Miguel Arcanjo II	Bancários	rua tenente francisco de assis moreira 308	3º
34	03/12/2024 a 05/12/2024	residencial litora Sul	Bancários	rua joaquim borba filho 555 apt 104	1º

35	10/12/2024 a 12/12/2024	edificio bandeirantes 5	Bancários	rua juiz arnaldo ferreira alves 193	3º
36	17/12/2024 a 19/12/2024	casa 06	Funcionários II	Rua lourival eustáquio da fonseca 88	Térreo
37	21/12/2024 a 23/12/2024	Residencial Horizonte Tropical	João Paulo II	Rua governador mário covas 201	2º
38	30/12/2024 a 01/01/2025	Residencial Matilde Bandeira	Cidade universitária	rua luiz germóglio 113	1º
39	05/01/2025 a 07/01/2025	edificio monteville	Geisel	av valdemar naziazeno 1220 apt 101	1º
40	08/01/2025 a 10/01/2025	Residencial João Vieira III	Anatólia	Av.flamboyant.210 Apt 203 Anatólia	2º
41	15/01/2025 a 17/01/2025	edificio vistamare	Cabo branco	Avenida manael Cavalcante de Sousa, 380	2º
42	22/01/2025 a 24/01/2025	holandas prime residence	Tambaú	Av. Antônio Lira, 536 - Tambaú, João Pessoa - PB,	2º
43	29/01/2025 a 31/01/2025	villa do mar residencial	Aeroclube	rua vanja viana sales 169 apt 102	Térreo
44	04/02/2025 a 06/02/2025	Casa 07	Cristo	Rua Joana Morais Lordão, 52 - Cristo redentor	Térreo
45	08/02/2025 a 10/02/2025	Residencial Amanda Lacerão	Bessa	rua francisco sarmento meira n70 bessa, apt 301	3º
46	20/02/2025 a 22/02/2025	Edificio Maria Ramos	Mangabeira	rua antonio cordeiro da costa 15	1º

47	05/03/2025 a 07/03/2025	condominio bem te vi	Geisel	rua das misericordias 55 bloco 6 apt 304	3º
48	12/03/2025 a 14/03/2025	Casa 08	Jardim são Paulo	rua antonio laurentino ramos 54	Térreo
49	18/03/2025 a 20/03/2025	Casa 09	Valentina	rua arlindo joaquim da silva 157	Térreo
50	21/03/2025 a 23/03/2025	residencial Emaus	Anatólia	rua dos eucaliptos 170 apt 301	3º

ATRR= ambiente de trabalho remoto residencial

De acordo com os questionários aplicados (anexo 3) pôde-se ter a característica da presente amostra. De acordo com o gráfico 4 e 5 a maioria dos participantes foram do sexo feminino (62%), com idades entre 22 e 65 anos.

Gráfico 4: Sexo biológico dos participantes

SEXO

50 respostas

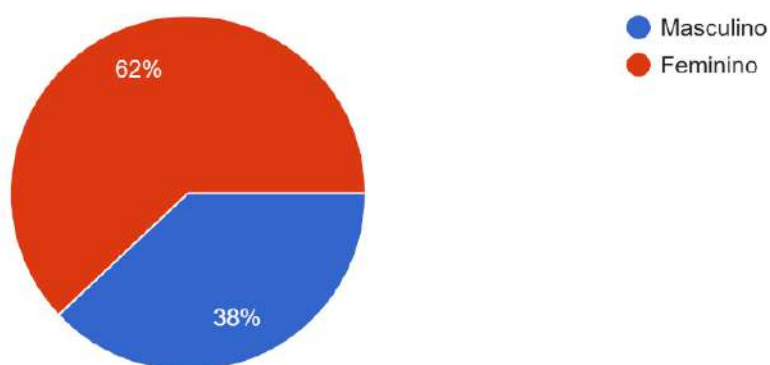
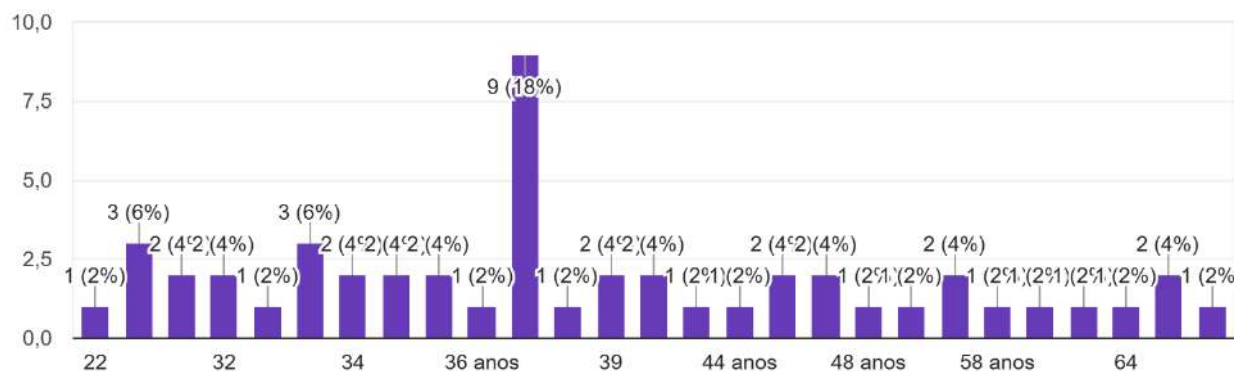


Gráfico 5: Idade dos participantes

IDADE

50 respostas



Em relação ao tipo de imóvel, onde realizava-se o trabalho remoto, 84% eram em apartamentos e 16% em casas, e a maioria desempenhavam seu trabalho no quarto, seguido do cômodo sala, conforme os gráficos 6 e 7 respectivamente. No que se refere à orientação solar, os resultados indicaram predominância das fachadas Sul (38%) e Leste (36%), seguidas pela Norte (20%), conforme o Gráfico 8.

Gráfico 6: Tipo de imóvel do trabalho remoto

TIPO DE IMÓVEL ONDE REALIZA O TRABALHO HOME OFFICE

50 respostas

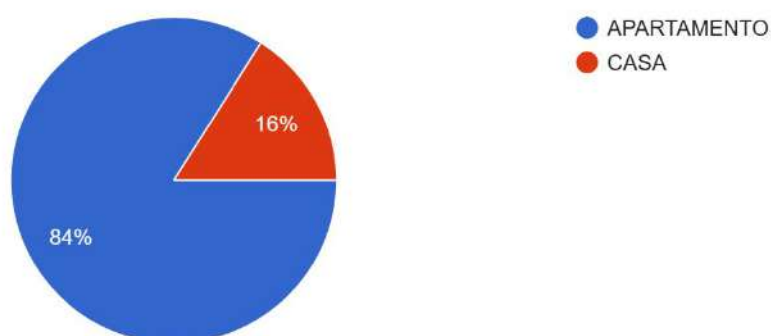


Gráfico 7: Cômmodo da casa onde se realiza o trabalho remoto

QUAL O LOCAL DA CASA ONDE REALIZA AS ATIVIDADES HOME OFFICE:

49 respostas

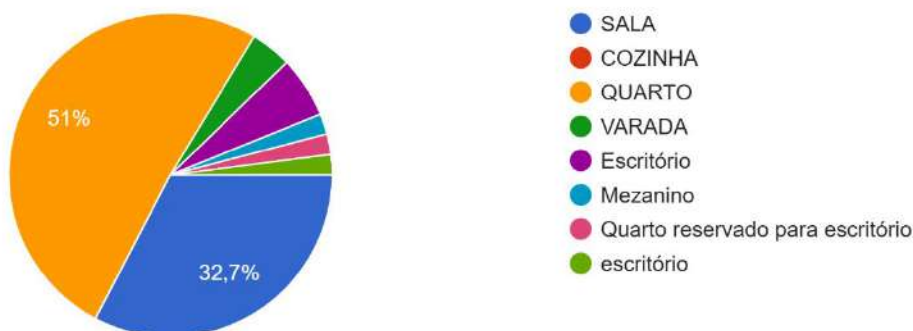
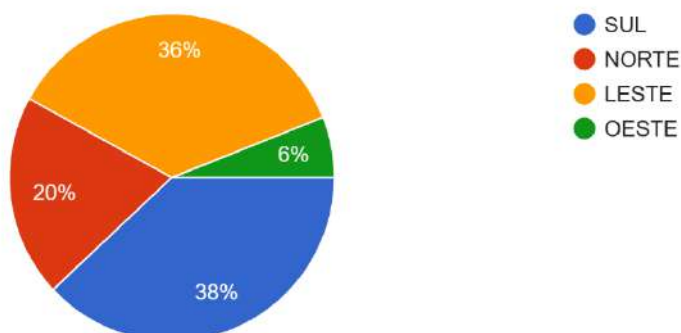


Gráfico 8: Orientação do cômmodo do trabalho Remoto

QUAL A ORIENTAÇÃO DO CÔMODO DE TRABALHO OU ESTUDO:

50 respostas



Em relação à avaliação de sensação térmica, de acordo com o gráfico 9, 34% dos voluntários estavam com a sensação térmica, durante suas atividades remotas, classificada como calorosa, seguidos de 24% quente, 22% ligeiramente quente, e aproximadamente 81% relacionaram essa sensação térmica de calor como geral (em todo o corpo) conforme gráfico 10.

Gráfico 9: Classificação da sensação térmica durante o trabalho remoto

CLASSIFIQUE A SENSÇÃO TÉRMICA NO LOCAL ONDE VOCÊ DESENVOLVE AS ATIVIDADES HOME OFFICE:

50 respostas

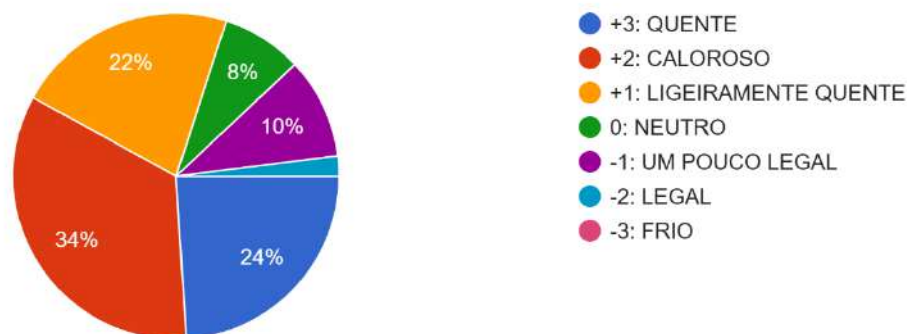
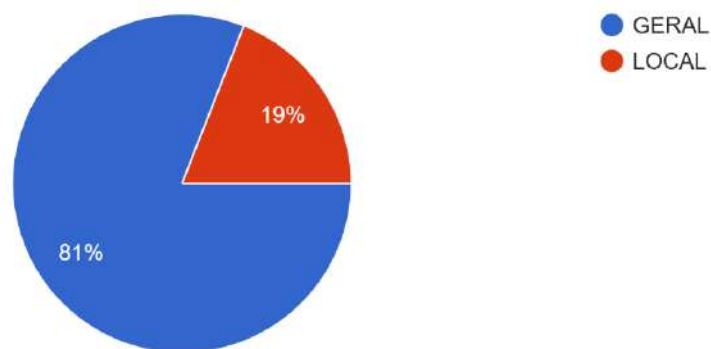


Gráfico 10: Tipo de sensação térmica quente – local ou geral

EM CASO DE SENSÇÃO TÉRMICA QUENTE, CALOROSA OU LIGEIRAMENTE QUENTE, ELA É:

42 respostas



Notadamente, mesmo com a predominância de orientações teoricamente favoráveis à ventilação predominante na região (Sul e Leste), o desconforto térmico manifestou-se de forma acentuada. Percebe-se que 62% dos voluntários estavam se sentindo levemente desconfortáveis, muito desconfortáveis ou desconfortáveis (gráfico 11) e que quase a

totalidade deles gostaria de estar se sentindo mais refrescado ou um pouco mais refrescado para desempenhar suas atividades remotas (gráfico 12).

Gráfico 11: Forma que os voluntários se encontravam em relação a sensação térmica

DE QUE MANEIRA VOCÊ SE ENCONTRA NESTE MOMENTO:

50 respostas

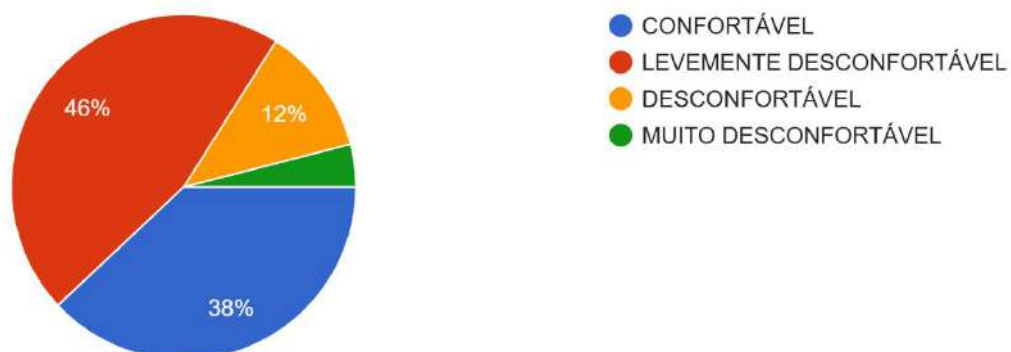
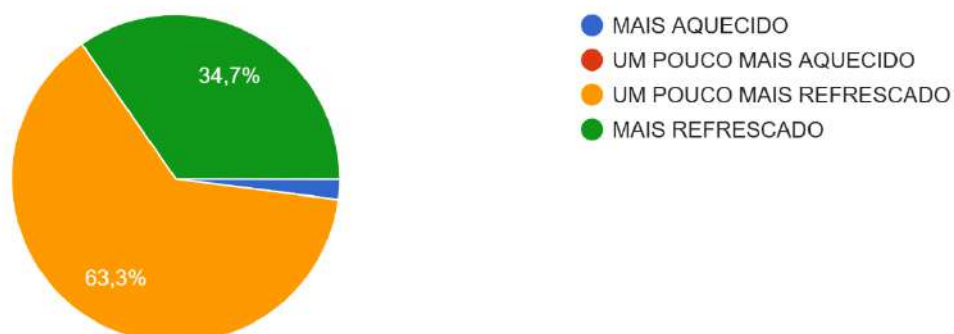


Gráfico 12: Forma que os voluntários gostariam de se sentir

VOCÊ GOSTARIA DE SE SENTIR AGORA:

49 respostas



Resultados semelhantes são reportados por Mihara et al. (2025), que demonstraram que as expectativas térmicas variam conforme o tipo de ambiente e o contexto climático. Os autores observaram que a faixa de conforto em residências pode ser significativamente mais ampla do que em escritórios, devido ao maior controle percebido pelo usuário. De forma complementar, Yang et al. (2021) destacam que características tridimensionais da cidade, associadas à escala das ruas e edificações, influenciam diretamente a sensação térmica. Esses achados reforçam que o conforto individual no ATRR resulta de uma complexa interação entre condições físicas, expectativas psicológicas e a morfologia urbana circundante.

5.2. Variáveis térmicas e condições climáticas externas

A Tabela 5 sistematiza as médias e desvios padrões das variáveis térmicas medidas e calculadas nos 50 Ambientes de Trabalho Remoto Residenciais (ATRRs), confrontando-as com as condições meteorológicas externas registradas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A análise conjunta desses dados permite observar como o envelope edificado e a morfologia urbana local filtram as condições climáticas de João Pessoa–PB, refletindo-se no microclima interno.

Tabela 5: Médias e desvios padrões relativos às variáveis térmicas nos ATRRs e condições climáticas externas

ATRR	Data	Dados internos coletados								UMIDADE RELATIVA (%)	Dados Externos (adaptado INMET)									
		Ta (°C)		Tg (°C)		Trm (°C)		Top (°C)			Ta (°C)				Umidade (%)			Velocidade vento (m/s)	Radiação(kJ/m²)	Chuva (mm)
		MÉDIA	D.P.	MÉDIA	D.P.	MÉDIA	D.P.	MÉDIA	D.P.		MÉDIA	MÁX.	D.P.	MÍN.	MÉDIA	MÁX.	MÍN.			
1	18/04/2023	29,7	0,2	29,8	0,2	29,9	0,2	29,86	0,3	76,7	30,4	32,0	1,58	25,0	68,0	95,0	59,0	0,8	1880,0	0,2
	19/04/2023	30,5	0,4	30,6	0,4	30,6	0,4	31,00	0,5	76,3	30,1	31,7	2,48	24,7	66,8	96,0	60,0	1,0	2350,0	0,0
	20/04/2023	31,2	0,3	31,4	0,3	31,4	0,3	31,17	0,5	71,0	29,9	31,8	1,02	25,0	68,7	93,0	59,0	0,7	2046,0	0,0
2	31/05/2023	27,5	0,3	27,6	0,3	27,7	0,3	27,58	0,3	82,1	28,6	31,6	1,63	23,6	72,0	95,0	56,0	0,8	1714,0	0,0
	01/06/2023	27,6	0,3	27,7	0,3	27,8	0,3	27,73	0,3	81,8	28,4	31,2	1,99	23,6	72,1	97,0	58,0	1,0	1920,6	0,1
	02/06/2023	28,0	0,2	28,1	0,2	28,2	0,2	28,08	0,1	78,2	28,9	31,0	1,78	24,3	70,4	96,0	58,0	1,1	1887,2	0,1
3	21/06/2023	29,4	0,4	29,7	0,4	29,8	0,4	29,58	0,4	68,2	28,5	29,5	1,07	25,1	66,4	85,0	60,0	1,4	2000,0	0,1
	22/06/2023	28,5	0,3	28,8	0,3	28,9	0,3	28,67	0,3	73,8	27,2	29,8	1,55	23,0	77,0	97,0	63,0	1,3	1845,0	0,3
	23/06/2023	28,2	0,4	28,5	0,4	28,6	0,4	28,41	0,4	76,9	27,1	29,5	1,67	23,6	79,0	97,0	69,0	1,3	1657,0	0,3
4	11/07/2023	28,3	0,3	28,4	0,4	28,5	0,4	28,37	0,3	70,9	27,8	29,8	1,80	21,5	66,7	96,0	57,0	1,6	1754,0	0,0
	12/07/2023	28,4	0,3	28,5	0,4	28,6	0,4	28,45	0,3	71,1	27,6	29,8	1,81	21,8	68,0	96,0	58,0	1,5	1893,0	0,0
	13/07/2023	28,6	0,4	28,8	0,5	28,8	0,5	28,69	0,4	69,4	28,9	30,4	1,51	23,4	64,9	97,0	55,0	1,1	2225,0	0,0
5	30/08/2023	29,0	0,3	29,0	0,2	29,0	0,2	28,94	0,3	69,8	29,3	32,0	1,81	23,6	69,2	97,0	56,0	1,2	2093,0	0,0

	31/08/2023	29,6	0,3	29,6	0,2	29,6	0,2	29,55	0,2	68,1	28,4	30,9	1,51	24,0	64,9	86,0	52,0	1,1	1766,0	0,0
	01/09/2023	28,6	0,2	28,7	0,2	28,6	0,2	28,67	0,2	65,7	28,8	31,0	1,80	23,1	57,2	80,0	47,0	1,2	2277,0	0,0
6	20/09/2023	27,7	0,1	27,8	0,1	27,8	0,1	27,77	0,1	79,1	27,8	30,0	1,55	24,2	68,9	86,0	57,0	1,4	1914,0	0,0
	21/09/2023	28,7	0,3	28,7	0,3	28,7	0,4	28,66	0,3	76,2	27,4	29,7	1,86	23,4	70,2	92,0	53,0	1,3	1942,0	0,2
	22/09/2023	27,8	0,1	27,9	0,1	27,9	0,1	27,82	0,1	76,0	28,2	29,7	1,18	24,0	66,8	95,0	59,0	1,3	2364,0	0,0
7	26/09/2023	28,9	0,0	29,7	0,0	30,0	0,0	29,43	0,0	68,5	28,2	30,3	1,09	24,7	65,7	87,0	52,0	1,3	1461,0	0,0
	27/09/2023	28,5	0,3	28,9	0,3	29,0	0,1	28,73	0,4	71,4	28,8	30,4	0,84	25,5	58,7	73,0	53,0	1,7	2599,0	0,0
	28/09/2023	29,3	0,0	30,0	0,0	30,2	0,1	29,75	0,0	62,7	28,6	30,3	1,84	23,5	59,3	86,0	52,0	1,6	2519,0	0,0
8	04/10/2023	29,4	0,2	29,2	0,2	29,2	0,2	29,42	0,1	71,0	28,7	30,6	0,89	25,8	59,9	74,0	53,0	1,8	2405,0	0,0
	05/10/2023	29,0	0,0	29,0	0,0	29,0	0,0	29,20	0,3	72,6	28,8	31,5	1,3	23,4	62,6	88,0	49,0	1,7	2217,0	0,0
	06/10/2023	29,4	0,2	29,2	0,2	29,2	0,2	29,45	0,1	72,6	28,4	30,8	1,29	25,3	69,4	89,0	60,0	1,4	1666,0	0,0
9	10/01/2024	29,8	0,5	29,9	0,5	28,1	0,1	30,42	0,2	71,7	30,3	32,1	0,82	26,8	62,1	75,0	56,0	1,6	2456,0	0,0
	11/01/2024	29,0	0,3	29,1	0,4	29,1	0,4	29,50	0,2	77,0	26,1	28,5	1,35	23,5	84,2	97,0	70,0	1,3	1297,0	3,3
	12/01/2024	28,5	1,0	28,6	0,9	28,6	0,8	28,52	0,2	78,5	27,8	30,1	2,00	23,8	75,6	94,0	61,0	1,1	1635,0	0,2
10	23/01/2024	30,3	0,2	30,7	0,2	30,8	0,2	30,53	0,2	73,9	30,4	32,0	1,28	27,7	64,4	74,0	58,0	2,4	2075,0	0,0
	24/01/2024	29,5	0,3	29,8	0,4	29,9	0,4	29,67	0,4	76,9	29,9	32,0	1,26	27,4	68,0	80,0	60,0	2,2	1605,0	0,0
	25/01/2024	30,0	0,4	30,2	0,4	30,2	0,4	30,09	0,4	77,3	30,7	32,4	1,30	27,5	65,2	77,0	59,0	1,9	2111,0	0,0

11	29/01/2024	29,6	0,5	29,6	0,7	29,6	0,7	30,00	0,6	72,8	31,0	33,7	1,85	26,5	62,3	83,0	53,0	1,1	1748,0	0,0
	30/01/2024	29,8	0,5	29,7	0,5	29,7	0,5	29,73	0,4	69,8	31,5	33,8	2,00	26,6	56,4	78,0	45,0	1,2	2228,0	0,0
	31/01/2024	29,4	0,7	29,4	0,7	29,4	0,7	30,25	0,6	63,6	30,9	33,9	2,00	24,3	55,4	86,0	45,0	1,3	2307,0	0,0
12	02/02/2024	31,1	0,3	31,1	0,3	31,1	0,4	31,10	0,3	67,5	31,1	33,6	1,76	27,2	58,2	76,0	50,0	1,3	1952,0	0,0
	03/02/2024	30,2	0,0	30,3	0,0	30,3	0,2	30,25	0,0	67,3	31,2	33,7	2,00	26,7	56,8	74,0	45,0	1,2	2116,0	0,0
	04/02/2024	30,6	0,4	30,8	0,3	30,8	0,3	30,70	0,3	68,1	31,6	34,5	1,90	27,4	60,4	79,0	47,0	1,4	2259,0	0,0
13	10/02/2024	30,8	0,8	31,1	0,7	31,1	0,7	30,97	0,7	74,6	30,8	33,4	1,84	27,1	65,2	81,0	52,0	1,3	1786,0	0,0
	11/02/2024	31,2	0,4	31,5	0,6	31,6	0,8	30,43	0,1	72,4	29,2	33,3	2,00	25,1	74,5	94,0	55,0	0,9	1277,0	1,3
	12/02/2024	30,6	0,2	30,9	0,2	30,9	0,3	30,78	0,2	72,6	31,0	33,1	1,24	26,3	64,4	86,0	55,0	1,3	2096,0	0,0
14	21/02/2024	30,7	0,5	30,8	0,5	30,8	0,5	30,79	0,4	71,1	29,4	31,8	2,10	24,6	73,3	97,0	59,0	1,1	2096,0	0,0
	22/02/2024	30,8	0,6	30,9	0,6	30,9	0,6	30,85	0,6	72,6	30,1	32,4	2,16	25,1	74,0	97,0	58,0	1,0	1937,0	0,0
	23/02/2024	30,7	0,5	30,8	0,5	30,8	0,5	30,71	0,4	72,9	30,2	32,8	2,40	24,9	74,0	96,0	61,0	1,2	1887,0	0,1
15	07/01/2024	29,0	0,5	29,5	0,3	29,7	0,4	29,35	0,3	69,8	29,9	31,9	1,94	24,5	61,6	85,0	52,0	1,4	2437,0	0,0
	08/01/2024	29,6	0,7	29,8	0,6	29,9	0,6	29,75	0,4	73,9	29,3	32,0	1,48	23,7	66,4	89,0	58,0	2,0	2190,0	0,0
	09/01/2024	29,8	0,3	30,0	0,4	30,0	0,4	29,95	0,3	69,5	30,1	32,1	1,57	26,4	65,0	79,0	58,0	1,5	2384,0	0,0
16	06/03/2024	30,7	0,3	30,7	0,2	30,7	0,2	30,70	0,2	76,4	30,2	33,1	1,87	26,4	72,5	90,0	61,0	1,1	1835,0	0,0
	07/03/2024	31,0	0,3	31,1	0,3	31,1	0,3	31,03	0,2	73,0	31,8	34,0	1,84	26,6	64,3	89,0	55,0	1,3	2084,0	0,0

	08/03/2024	30,9	0,3	31,0	0,3	31,0	0,3	30,95	0,3	70,6	31,4	33,5	1,87	27,7	59,6	74,0	51,0	1,1	1974,0	0,0
17	12/03/2024	31,3	0,3	31,3	0,2	31,3	0,2	31,33	0,2	77,5	28,9	32,1	1,88	25,7	82,0	96,0	67,0	1,0	1522,0	0,9
	13/03/2024	X	X	X	X	X	X	X	X	X	29,4	32,0	1,97	25,6	76,3	97,0	62,0	1,3	2026,0	0,2
	14/03/2024	30,7	0,2	30,7	0,1	30,7	0,1	30,68	0,1	78,4	28,6	32,0	1,50	25,8	82,8	96,0	65,0	0,9	1085,0	0,2
18	19/03/2024	30,0	0,3	29,9	0,4	29,9	0,4	29,91	0,3	88,6	31,5	33,7	2,00	26,9	63,2	82,0	54,0	1,1	2258,0	0,0
	20/03/2024	29,7	0,1	29,6	0,1	29,6	0,1	29,63	0,1	93,8	30,9	33,9	2,25	25,9	63,2	85,0	48,0	1,1	1967,0	0,0
	21/03/2024	29,7	0,4	29,6	0,4	29,6	0,4	29,62	0,3	93,2	30,6	33,8	2,40	25,5	68,1	90,0	55,0	1,1	1729,0	0,0
19	24/04/2024	30,4	0,3	30,6	0,3	30,6	0,3	30,51	0,2	78,0	30,6	33,4	2,34	25,3	68,8	92,0	57,0	1,3	1893,0	0,0
	25/04/2024	30,7	0,5	30,8	0,5	30,8	0,5	30,74	0,4	72,7	30,7	33,3	2,50	24,5	63,8	90,0	52,0	1,1	1980,0	0,0
	26/04/2024	30,1	0,4	30,2	0,5	30,3	0,5	30,19	0,4	84,1	29,0	32,8	2,23	25,0	79,7	96,0	62,0	1,1	1298,0	0,3
20	14/06/2024	30,0	0,2	30,2	0,1	30,3	0,2	30,13	0,1	74,2	28,1	31,2	1,60	24,1	74,4	95,0	61,0	1,1	1637,0	0,5
	15/06/2024	29,7	0,2	29,8	0,1	29,8	0,1	29,74	0,1	74,6	27,1	29,3	0,86	24,1	78,3	97,0	69,0	1,3	1765,0	0,1
	16/06/2024	29,0	0,3	29,0	0,2	29,1	0,2	29,04	0,2	73,1	28,5	30,3	1,22	24,2	68,0	87,0	60,0	1,3	1824,0	0,1
21	20/06/2024	29,0	0,8	29,0	0,8	29,0	0,8	28,87	0,7	85,4	28,7	30,9	1,9	23,5	71,3	97,0	60,0	1,1	1934,7	0,0
	21/06/2024	28,8	0,9	29,0	0,9	29,0	0,9	28,91	0,9	84,8	28,5	30,8	1,5	24,3	71,6	94,0	62,0	1,0	1797,0	0,0
	22/06/2024	29,3	0,9	29,3	0,8	29,3	0,8	29,30	0,8	85,6	27,2	30,5	1,6	23,2	80,4	97,0	64,0	1,4	1561,9	1,1
	06/07/2024	28,1	0,3	28,2	0,3	28,2	0,3	28,13	0,3	86,0	27,0	29,0	1,9	23,0	87,0	97,0	68,0	1,0	1324,0	1,2

22	07/07/2024	29,4	0,3	29,4	0,3	29,4	0,3	29,39	0,2	73,0	28,8	25,0	1,8	29,1	66,8	66,0	86,0	1,3	1910,4	0,0
	08/07/2024	29,1	0,3	29,2	0,3	29,2	0,3	29,16	0,3	71,9	28,0	30,0	1,9	21,9	64,7	91,0	56,0	1,0	1786,0	0,0
23	12/07/2024	26,4	0,3	26,5	0,2	26,5	0,2	26,45	0,2	92,0	25,4	29,5	1,8	23,0	83,0	97,0	65,0	1,1	909,3	0,2
	13/07/2024	26,9	0,7	26,8	0,6	26,9	0,6	26,89	0,6	82,8	25,2	29,3	1,8	22,6	71,5	87,0	54,0	1,3	1037,0	0,1
	14/07/2024	27,1	0,4	27,0	0,4	27,0	0,3	27,04	0,3	87,7	26,1	29,0	2,3	21,0	75,0	96,0	60,0	1,3	1194,8	0,2
24	14/08/2024	28,8	0,4	29,0	0,4	29,0	0,4	28,92	0,4	66,8	27,8	30,7	2,0	24,8	63,4	76,0	51,0	1,2	1432,0	0,0
	15/08/2024	28,2	0,4	28,4	0,4	28,4	0,4	28,28	0,4	71,0	27,5	30,6	2,2	24,1	63,0	77,0	51,0	1,2	1550,4	0,0
	16/08/2024	28,3	0,3	28,5	0,2	28,5	0,5	28,39	0,3	66,2	27,6	30,2	1,7	24,1	58,3	74,0	49,0	1,3	1662,0	0,0
25	21/08/2024	28,6	0,2	28,6	0,2	28,6	0,2	28,62	0,2	76,6	27,8	30,3	2,8	22,3	71,3	93,0	59,0	1,3	1720,0	0,0
	22/08/2024	28,9	0,3	28,8	0,2	28,8	0,2	28,81	0,2	74,0	28,0	30,7	1,9	24,9	65,4	80,0	53,0	1,4	1866,0	0,0
	23/08/2024	28,5	0,1	28,5	0,2	28,5	0,2	28,48	0,1	82,3	27,4	30,0	1,9	24,3	67,2	79,0	56,0	1,2	1462,0	0,0
26	03/09/2024	27,2	0,2	27,3	0,1	27,3	0,1	27,22	0,1	77,9	26,2	29,5	3,0	21,4	71,0	94,0	54,0	1,4	1864,6	0,0
	04/09/2024	27,7	0,2	27,7	0,2	27,7	0,2	27,72	0,2	71,7	27,4	30,8	3,0	21,7	59,5	88,0	39,0	1,3	1993,0	0,0
	05/09/2024	27,7	0,2	27,7	0,2	27,6	0,2	27,66	0,2	77,7	27,6	30,6	2,5	22,4	63,8	84,0	46,0	1,3	1934,0	0,0
27	22/09/2024	27,8	0,1	28,5	0,1	28,4	0,2	28,10	0,1	77,0	26,4	29,9	2,3	22,7	76,2	96,0	56,0	1,3	1603,4	1,2
	23/09/2024	26,1	0,3	26,6	0,3	26,8	0,3	26,47	0,3	83,2	27,6	30,4	2,2	23,3	63,7	84,0	50,0	1,2	2015,0	0,0
	24/09/2024	27,4	0,5	27,6	0,4	27,7	0,4	27,52	0,4	74,5	27,7	30,3	1,9	23,4	64,1	87,0	54,0	1,3	1963,0	0,0
	28/09/2024	27,9	0,4	28,2	0,4	28,3	0,4	28,10	0,4	83,1	28,1	30,9	1,7	24,8	68,0	85,0	56,0	1,4	1812,0	0,0

28	29/09/2024	28,1	0,2	28,4	0,2	28,5	0,2	28,30	0,2	78,1	28,4	30,8	1,6	25,2	61,4	75,0	53,0	1,3	1923,0	0,0
	30/09/2024	27,9	0,2	28,3	0,2	28,4	0,2	28,17	0,2	77,0	28,0	30,6	1,8	24,8	60,0	78,0	49,0	1,4	1892,0	0,0
29	04/11/2024	30,1	0,4	30,0	0,5	30,0	0,5	30,05	0,4	62,3	29,1	31,9	2,1	24,4	51,4	71,0	38,0	1,3	2190,0	0,0
	05/11/2024	29,7	0,3	29,7	0,2	29,7	0,2	29,70	0,2	65,9	28,9	31,4	2,0	24,1	60,6	80,0	50,0	1,4	1955,0	0,0
	06/11/2024	29,6	0,3	29,6	0,3	29,6	0,3	29,62	0,3	67,0	28,1	31,2	2,5	23,0	67,2	92,0	50,0	1,3	15300,0	0,0
30	07/11/2024	29,6	0,3	30,1	0,3	30,3	0,3	29,92	0,3	70,5	28,6	31,3	1,8	24,9	62,0	77,0	50,0	1,3	1734,0	0,0
	08/11/2024	29,7	0,3	30,1	0,2	30,3	0,3	30,00	0,2	72,6	28,1	30,4	1,4	24,8	68,4	81,0	59,0	1,6	1496,0	0,0
	09/11/2024	29,2	0,6	29,5	0,6	29,6	0,6	29,40	0,5	77,5	28,4	31,0	1,5	25,1	67,8	85,0	57,0	1,4	1388,0	0,0
31	15/11/2024	29,1	0,2	29,2	0,2	29,2	0,2	29,13	0,1	71,4	29,1	32,1	1,9	25,0	58,6	74,0	45,0	1,4	1826,0	0,0
	16/11/2024	29,5	0,2	29,5	0,2	29,5	0,2	29,50	0,1	70,1	29,0	32,0	1,9	24,8	58,8	74,0	47,0	1,4	1695,0	0,0
	17/11/2024	29,0	0,2	29,1	0,1	29,1	0,1	29,00	0,1	71,7	29,2	32,2	2,0	25,7	60,3	73,0	47,0	1,4	1785,0	0,0
32	19/11/2024	28,3	0,3	28,3	0,2	28,6	0,1	28,48	0,2	83,2	28,9	32,2	2,0	24,5	63,3	78,0	52,0	1,3	1746,0	0,0
	20/11/2024	28,7	0,4	28,8	0,2	28,9	0,2	28,80	0,3	78,8	28,7	31,2	1,6	25,3	64,8	77,0	56,0	1,5	1751,0	0,0
	21/11/2024	29,3	0,4	29,4	0,3	29,4	0,3	29,35	0,3	77,9	28,6	30,8	1,6	25,1	62,5	77,0	54,0	1,6	2157,0	0,0
33	27/11/2024	30,6	0,4	30,8	0,4	30,9	0,4	30,73	0,4	100,0	29,5	31,9	2,0	24,9	56,2	75,0	46,0	1,3	1941,0	0,0
	28/11/2024	30,5	0,7	30,6	0,8	30,7	0,8	30,56	0,7	100,0	29,5	32,7	2,3	24,3	56,9	75,0	43,0	1,4	2049,0	0,0
	29/11/2024	30,6	0,6	30,8	0,7	30,9	0,6	30,76	0,5	100,0	29,5	32,4	2,2	24,7	59,9	83,0	44,0	1,4	1940,0	0,0
	03/12/2024	30,3	0,2	30,4	0,2	30,4	0,2	30,35	0,2	100,0	28,1	30,6	1,5	24,5	69,3	90,0	59,0	1,5	1381,0	0,0

34	04/12/2024	30,1	0,2	30,3	0,2	30,3	0,1	30,20	0,1	100,0	28,8	30,4	1,3	25,9	63,9	75,0	56,0	1,7	1816,0	0,0
	05/12/2024	30,1	0,2	30,3	0,1	30,3	0,1	30,20	0,1	100,0	29,0	31,8	1,8	25,2	57,5	74,0	44,0	1,5	1815,0	0,0
35	10/12/2024	30,7	0,8	30,8	0,9	30,8	1,0	30,73	0,9	100,0	29,1	32,0	1,9	25,0	59,2	77,0	44,0	0,0	1940,0	0,0
	11/12/2024	30,9	0,9	31,1	0,9	31,2	1,0	31,02	0,2	100,0	29,8	32,5	2,1	25,5	61,0	76,0	50,0	0,0	2047,0	0,0
	12/12/2024	31,6	0,8	31,7	1,0	31,8	1,1	31,68	0,3	100,0	29,2	31,9	1,4	26,0	64,4	79,0	52,0	0,0	1956,0	0,0
36	17/12/2024	29,8	0,7	29,7	0,6	29,7	0,5	29,72	0,6	100,0	29,6	32,5	2,1	25,4	64,5	83,0	49,0	0,0	1899,3	0,0
	18/12/2024	30,3	0,7	30,0	0,6	29,9	0,6	30,12	0,6	100,0	29,6	32,7	2,4	24,3	61,3	90,0	43,0	0,0	2174,1	0,0
	19/12/2024	30,4	0,6	30,1	0,4	30,0	0,4	30,04	0,5	100,0	29,6	32,5	2,2	25,3	65,7	84,0	54,0	0,0	1893,0	0,0
37	21/12/2024	29,5	0,1	29,7	0,1	29,8	0,1	29,64	0,1	100,0	29,3	32,0	2,2	25,1	70,9	89,0	59,0	0,0	1712,0	0,0
	22/12/2024	29,8	0,2	29,9	0,2	30,0	0,2	29,89	0,2	100,0	29,8	32,4	2,0	26,1	63,3	78,0	52,0	0,0	2026,0	0,0
	23/12/2024	29,8	0,2	29,8	0,2	29,8	0,2	29,78	0,2	100,0	29,9	32,4	2,0	25,6	57,8	77,0	45,0	0,0	2205,0	0,0
38	30/12/2024	29,8	0,2	30,1	0,2	30,2	0,2	29,99	0,1	100,0	28,6	31,9	2,1	24,6	71,7	93,0	55,0	0,0	1467,0	0,0
	31/12/2024	30,3	0,3	30,7	0,5	30,8	0,5	30,54	0,4	100,0	29,6	32,7	2,2	24,3	61,3	90,0	43,0	0,0	1808,0	0,0
	01/01/2025	30,0	0,3	30,3	0,4	30,4	0,4	30,17	0,3	100,0	29,5	32,7	1,8	26,2	65,7	79,0	53,0	0,0	1614,0	0,0
39	05/01/2025	30,6	0,9	30,9	1,0	31,0	1,0	30,78	0,9	100,0	29,2	32,3	1,9	25,3	71,1	92,0	57,0	0,0	1597,0	0,2
	06/01/2025	31,2	0,7	31,7	0,7	31,9	0,7	31,50	0,7	100,0	29,8	32,9	2,1	25,7	68,8	90,0	56,0	0,0	1679,0	0,0
	07/01/2025	30,8	0,3	31,6	0,4	31,9	0,9	31,32	0,5	100,0	29,8	32,5	2,0	26,1	63,5	80,0	51,0	0,0	1986,0	0,0
	08/01/2025	30,1	0,4	30,2	0,3	30,3	0,3	30,18	0,4	100,0	28,9	32,0	1,9	24,9	64,7	80,0	53,0	0,0	1715,0	0,0

40	09/01/2025	30,4	0,4	30,4	0,4	30,5	0,4	30,40	0,3	100,0	29,7	32,7	1,6	26,4	66,0	79,0	56,0	0,0	2009,0	0,0
	10/01/2025	29,9	0,5	30,0	0,5	30,1	0,5	29,95	0,5	100,0	29,7	32,6	1,8	26,6	69,3	82,0	57,0	0,0	2085,0	0,1
41	15/01/2025	30,2	0,5	30,4	0,5	30,5	0,6	30,32	0,5	66,4	29,5	31,9	2,1	24,6	64,6	90,0	53,0	0,0	2159,8	0,1
	16/01/2025	29,7	0,6	30,0	0,6	30,0	0,6	29,87	0,5	66,5	29,1	32,3	2,4	24,6	62,273	83	49	0,0	1923,0	0,0
	17/01/2025	29,5	0,6	29,7	0,6	29,7	0,6	29,62	0,5	67,3	28,6	32,5	2,7	24,8	66,364	86	54	0,0	1167,2	0,0
42	22/01/2025	29,1	0,2	29,3	0,2	29,3	0,2	29,19	0,2	75,6	30,3	33,6	1,7	27,2	59,8	75,0	43,0	1,6	2077,2	0,0
	23/01/2025	29,2	0,3	29,3	0,4	29,3	0,4	29,25	0,4	73,9	29,8	33,1	2,8	24,2	58,455	90	43	1,2	2143,6	0,1
	24/01/2025	29,2	0,4	29,3	0,2	29,3	0,2	29,26	0,3	73,6	28,7	32,7	3,3	24,2	68,818	91	46	1,1	1831,8	0,3
43	29/01/2025	29,1	0,1	29,3	0,1	29,3	0,1	29,19	0,1	87,9	29,1	31,2	2,4	23,4	78,8	96,0	61,0	1,3	1560,0	1,0
	30/01/2025	29,8	0,2	29,9	0,2	30,0	0,2	29,87	0,2	79,8	29,5	32,2	2,5	25	68,909	94	56	1,3	1914,1	0,1
	31/01/2025	29,6	0,3	29,8	0,3	29,8	0,3	29,69	0,3	84,9	29,4	32,5	3,0	23,4	60,182	88	43	1,2	2278,8	0,0
44	04/02/2025	30,4	0,3	30,5	0,3	30,6	0,3	30,50	0,3	100,0	25,6	28,6	1,0	22,8	89,5	96,0	71,0	1,1	476,4	4,5
	05/02/2025	27,6	0,4	27,8	0,3	27,9	0,3	27,73	0,3	100,0	25,6	29,8	2,0	23,2	90	97	72	1,2	822,6	3,6
	06/02/2025	27,5	0,2	27,6	0,2	27,6	0,2	27,57	0,2	100,0	25,7	29,7	2,4	22,6	88,545	97	69	1,0	910,1	0,1
45	08/02/2025	29,5	0,7	29,6	0,6	29,7	0,6	29,57	0,6	73,3	28,2	31,9	3,5	22,2	69,1	93,0	54,0	1,1	1836,9	0,0
	09/02/2025	30,2	0,3	30,4	0,3	30,4	0,3	30,31	0,3	98,4	29,7	32	2,0	25,9	65,364	81	56	1,2	1919,3	0,0
	10/02/2025	30,9	0,3	30,9	0,4	30,9	0,4	30,92	0,3	98,4	29,2	32,8	2,8	24,3	66,273	86	51	1,3	1916,6	0,1
46	20/02/2025	32,6	0,9	32,7	1,0	32,7	1,0	32,64	0,9	66,5	30,0	32,2	2,0	26,2	64,1	87,0	54,0	1,2	2058,0	0,0

	21/02/2025	32,4	1,0	32,5	1,0	32,5	1,1	32,46	1,0	63,8	30,0	33	2,1	25,8	61,455	79	51	1,1	2009,2	0,0
	22/02/2025	32,1	1,1	32,3	1,0	32,3	1,0	32,48	1,0	64,6	29,7	33,1	3,1	24,1	63,545	87	51	1,2	2186,5	0,0
47	05/03/2025	28,9	0,1	28,9	0,1	28,9	0,1	28,90	0,1	72,9	29,1	32,0	2,1	24,9	66,5	85,0	55,0	1,2	1913,8	0,0
	06/03/2025	28,9	0,3	28,9	0,3	28,9	1,3	28,90	0,3	77,2	29,7	32,6	1,9	26,6	64,818	83	54	1,3	2077,2	0,1
	07/03/2025	29,0	0,2	29,0	0,2	29,0	0,2	28,88	0,3	77,8	27,9	31,1	2,4	24,1	80,909	97	61	1,0	1668,1	0,8
48	12/03/2025	30,5	0,6	30,9	0,6	31,0	0,6	30,14	0,5	77,3	30,2	32,9	2,1	26,3	62,7	80,0	50,0	1,1	2277,1	0,0
	13/03/2025	29,8	1,0	30,0	0,9	30,0	0,9	29,88	0,9	78,1	29,0	32,5	3,2	24	67,545	92	53	1,7	2113,6	0,0
	14/03/2025	29,7	0,7	29,8	0,8	29,8	0,8	29,76	0,7	78,8	28,1	32,1	2,4	24,2	77,364	95	60	1,2	1637,9	0,0
49	18/03/2025	29,8	0,4	29,9	0,4	29,8	0,4	29,87	0,4	78,2	29,0	32,2	2,5	24,9	69,8	90,0	52,0	1,1	1986,3	0,0
	19/03/2025	30,1	0,4	30,1	0,4	30,1	0,4	30,12	0,3	76,2	28,5	32,2	2,6	24,1	71,182	91	52	1,0	1736,6	0,9
	20/03/2025	30,8	0,6	30,8	0,6	30,7	0,6	30,77	0,6	74,4	29,5	31,7	2,1	24,8	68,455	90	58	1,3	2334,7	0,0
50	21/03/2025	30,5	0,5	30,5	0,5	30,5	0,5	30,51	0,4	70,5	29,6	32,0	1,9	25,6	67,2	84,0	58,0	1,2	1836,4	0,0
	22/03/2025	30,3	0,2	30,1	0,1	30,1	0,1	30,17	0,1	89,4	29,5	32,7	3,1	23,9	65,273	90	49	1,1	2186,1	0,0
	23/03/2025	30,4	0,4	30,4	0,3	30,4	0,3	30,41	0,3	94,4	29,1	32,2	2,9	23,6	64,818	89	51	1,1	2087,7	0,0

ATTRR= ambiente de trabalho remoto residencial

Ta= temperatura do ar

Tg= temperatura de globo

Trm= temperatura radiante média

Top= temperatura operativa

d.p. = desvio padrão

De acordo com o gráfico 13 e a tabela supracitada, percebe-se que todos os ambientes de trabalho remoto apresentaram temperaturas acima das faixas de referência indicadas pelas normas internacionais (ISO 7730 (2005); ISO 9241 (2012); ASHRAE 55 (20217)) e pela Norma Regulamentadora 17 – Ergonomia, para locais de trabalho em ambientes internos onde são executadas atividades que exijam manutenção constante da solicitação intelectual, que corresponde a 23°C a 26° C, mesmo considerando que os ambientes analisados possuem ventilação natural. A temperatura média máxima medida no interior dos ambientes de trabalho ocorreu nas datas 20/02/2025 a 22/02/2025 e correspondeu ao ATRR 46, onde consequentemente, também houve os maiores valores de temperatura radiante média, temperatura de globo e temperatura operativa, de acordo com os gráficos 14, 15 e 16 respectivamente.

Gráfico 13: Média das temperaturas do ar em cada ATRR



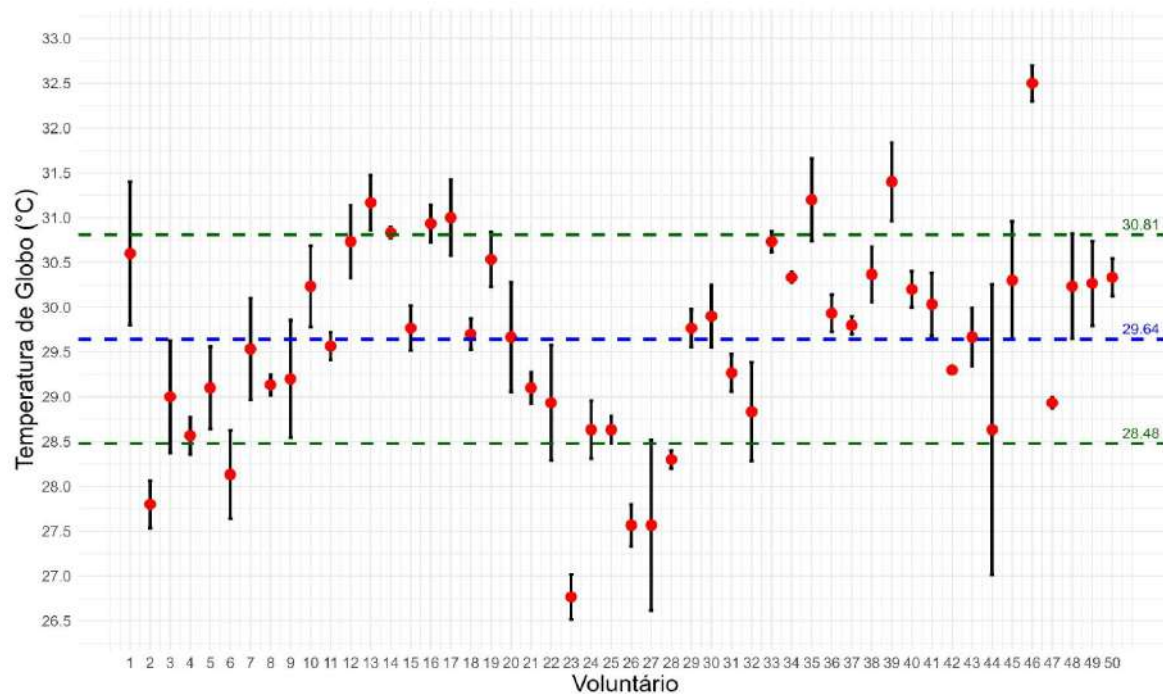
Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 14: Média das temperaturas radiante médias em cada ATRR



Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 15: Média das temperaturas de globo em cada ATRR



Fonte: elaborado pela autora

Gráfico 16: Média da top em cada ATRR



Fonte: elaborado pela autora

Os resultados demonstram uma acentuada estabilidade térmica interna, evidenciada pelos baixos desvios padrões das temperaturas de ar (T_a) e de globo (T_g), que raramente excederam $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Porém essa estabilidade ocorre em níveis elevados: em diversos casos (como nos ATRR 12, 13 e 35), a temperatura operativa (T_{op}) interna manteve-se consistentemente acima dos 30°C . Este comportamento sugere que a inércia térmica das vedações e a radiação solar acumulada (frequentemente superior a 2000 kJ/m^2) sobrecarregam o ambiente interno. Vale destacar que valores dessa magnitude indicam uma alta densidade de fluxo energético solar, típica de cidades tropicais de baixa latitude como João Pessoa, e representam um aporte térmico que atravessa o envelope edificado, superando a capacidade de resfriamento por ventilação natural.

Observa-se, ainda, que as temperaturas internas acompanham a sazonalidade local, com picos mais elevados nos meses de verão (janeiro a março). Entretanto, mesmo em meses de outono e inverno, as temperaturas internas nos ATRRs mantiveram-se próximas ou superiores a 28°C , patamar que, associado à alta umidade relativa média, contribui

diretamente para a sensação de calor e o desejo de resfriamento expressos pelos voluntários na Seção 5.1.

Com relação aos dados externos, estes sinalizaram temperaturas variando de 34 °C à 21,5°C; umidade externa variando de 97% a 45%; e a maior incidência de radiação solar ocorreu nos dias da coleta no ATRR 7 (2599,0 e 2519,0 kJ/m²). Os ventos externos variaram entre 0,7 e 2 m/s. As condições térmicas no local de trabalho podem representar grande estressor ambiental. Diversos estudos examinaram o efeito da temperatura ambiental sobre os níveis de estresse. Por exemplo, Lan e Lian (2009) descobriram que os participantes apresentaram mais tensão psicológica e distúrbios de humor a 28 °C em comparação com 21 °C. Por outro lado, Sepehri *et al.* (2021) demonstraram que temperaturas ambientes abaixo de 22 °C podem causar um aumento substancial na frequência respiratória, na atividade eletrodérmica e na temperatura da pele, o que indica estresse elevado.

Para Kawakubo *et al.* (2025), o conforto térmico é um dos fatores mais importantes que afetam a produtividade, o que levou a uma extensa pesquisa, especialmente em ambientes como escritórios. O desconforto causado por condições de temperatura inadequadas reduz a produtividade, tornando importante manter um ambiente interno adequado. Diante dessas descobertas, melhorar o ambiente térmico em casa para aumentar o conforto térmico e a produtividade é uma meta cada vez mais importante para trabalhadores remotos.

Compreender as nuances do conforto térmico em vários locais e tipos de edifícios é essencial para a criação de ambientes que promovam o bem-estar. Dear *et al.* (2018) descobriram que as faixas de conforto térmico em espaços residenciais podem ser diferentes daquelas em ambientes de escritório devido a diferentes expectativas térmicas e oportunidades para ajustes comportamentais e ambientais. Sua pesquisa conduzida em Sydney, Austrália, identificou que a zona de conforto, com uma faixa aceitável de 80%, era 2°C mais ampla do que o modelo adaptativo da Norma ASHRAE 55.

Moon, Kim e Choi (2024), demonstraram que o conforto térmico está relacionado à redução do absenteísmo e das reclamações, além do aumento da produtividade e do desempenho na aprendizagem. Com o recente aumento do teletrabalho após a pandemia do coronavírus de 2019, o conforto térmico tornou-se ainda mais crítico para a saúde e o bem-estar das pessoas.

Sendo assim, trabalhar em ambientes térmicos inadequados pode afetar o sistema nervoso autônomo, responsável pela manutenção da homeostase corporal, podendo os casos graves levarem a doenças cardiovasculares. Esses ambientes também podem prejudicar a função cognitiva, a capacidade de tomada de decisão e o desempenho no trabalho (Shin *et al.* 2024). O estudo de Liu *et al.* (2024) propôs limiares de fatores térmicos para garantir um bom estado de saúde. Para prevenir a síndrome do edifício doente as faixas térmicas ideais correspondem a manutenção de temperatura no ambiente do trabalho dentro da margem de 20 a 24° C no verão e 23 a 26° C no inverno, com umidade relativa do ar entre 40 e 80%. À medida que a prática do trabalho remoto continua a se expandir, há uma necessidade crescente de evidências empíricas que relacionem as temperaturas ao conforto e à produtividade dos residentes.

5.3. Radiação não ionizante

A tabela 6, apresenta os valores dos dados da radiação não-ionizante, como média e desvio padrão; valor máximo e proporção de registros acima de 0,4 μT para cada ambiente de trabalho remoto residencial estudado.

Tabela 6: Valores obtidos da radiação não ionizante nos ATRRs estudados.

ATRR	Data	MÉDIA (μT)	VALOR MÁXIMO (μT)	D.P. (μT)	Nº de registros acima de 0,4 μT	proporção registros acima de 0,4 μT (%)
1	18/04/2023	1,27	2,29	0,23	21877	100%
	19/04/2023	1,25	2,76	0,21	16466	100%
	20/04/2023	1,29	2,66	0,21	23164	100%
2	31/05/2023	1,18	1,35	0,05	28947	100%
	01/06/2023	1,17	1,35	0,05	32169	100%
	02/06/2023	1,15	1,49	0,05	30879	100%
3	21/06/2023	1,13	1,30	0,05	442	100%
	22/06/2023	1,25	6,27	0,16	28925	100%
	23/06/2023	1,25	2,16	0,14	15136	100%
4	11/07/2023	1,15	1,41	0,09	26306	100%
	12/07/2023	1,15	1,39	0,09	27982	100%

	13/07/2023	1,6	1,95	0,12	21141	100%
5	30/08/2023	1,6	4,84	0,42	30025	100%
	31/08/2023	1,65	4,75	0,42	28781	100%
	01/09/2023	1,67	8,12	0,45	24346	100%
6	20/09/2023	1,16	1,55	0,04	42972	100%
	21/09/2023	1,14	1,26	0,03	21405	100%
	22/09/2023	1,15	1,27	0,03	22974	100%
7	24/09/2023	1,45	5,13	2,60	19672	100%
	25/09/2023	1,2	1,55	0,09	27540	100%
	26/09/2023	1,64	1,99	0,12	18688	100%
8	04/10/2023	1,27	1,8	0,16	27139	100%
	05/10/2023	1,29	2,34	0,16	31391	100%
	06/10/2023	1,26	1,84	0,16	29742	100%
9	10/01/2024	1,71	10,59	1,35	28603	100%
	11/01/2024	1,45	3,48	0,67	15209	95%
	12/01/2024	1,29	2,84	0,52	23179	100%
10	23/01/2024	1,17	1,28	0,03	29759	100%
	24/01/2024	1,16	1,27	0,03	38444	100%
	25/01/2024	1,15	1,26	0,03	40401	100%
11	29/01/2024	1,14	1,73	0,07	13160	100%
	30/01/2024	1,16	1,58	0,06	19977	100%
	31/01/2024	1,15	1,45	0,07	19743	100%
12	02/02/2024	1,2	1,3	0,00	13877	100%
	03/02/2024	1,17	1,25	0	11439	100%
	04/02/2024	1,17	1,24	0,00	21092	100%
13	10/02/2024	1,12	1,13	0,02	26822	100%
	11/02/2024	1,12	1,27	0,02	35990	100%
	12/02/2024	1,1	0,60	0,02	36130	100%
14	21/02/2024	1,45	5,52	0,39	28962	100%
	22/02/2024	1,43	4,98	0,41	30841	100%
	23/02/2024	1,44	5,02	0,43	39085	100%
15	07/01/2024	1,49	3,85	0,32	23799	100%
	08/01/2024	1,45	4,02	0,3	23632	100%
	09/01/2024	1,14	1,56	0,04	27492	100%
16	06/03/2024	1,22	1,48	0,04	56665	100%
	07/03/2024	1,22	1,35	0,05	23166	100%
	08/03/2024	1,21	1,48	0,05	23548	100%
17	12/03/2024	1,98	8,25	1,12	7105	100%
	13/03/2024	X	X	X	X	X
	14/03/2024	1,26	3,44	0,22	21067	100%
18	19/03/2024	6,13	18,79	4,27	24604	100%

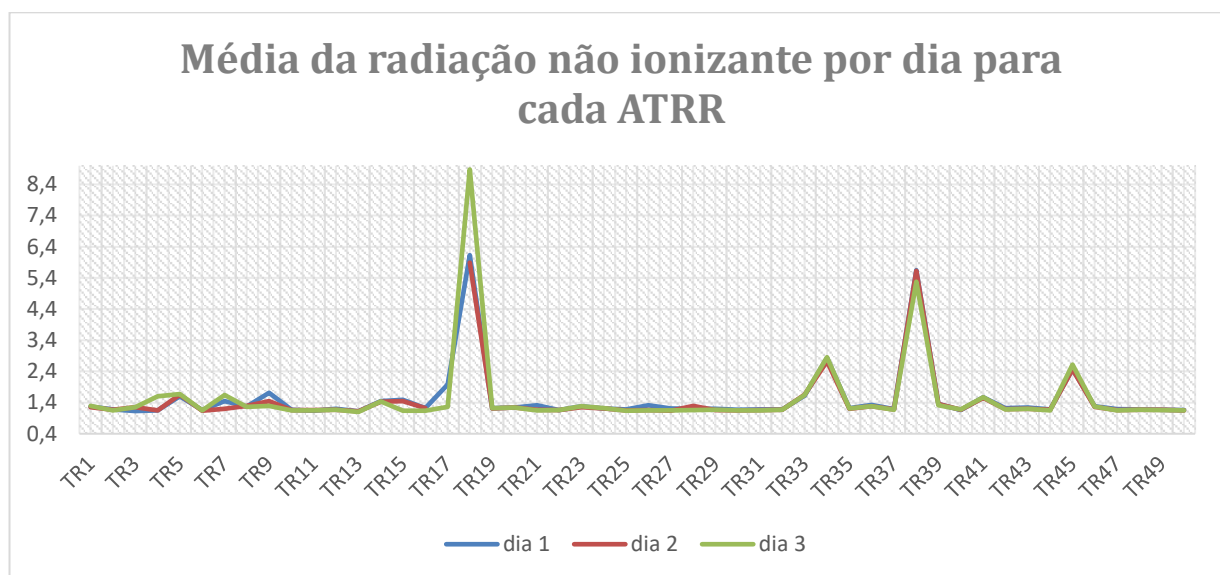
	20/03/2024	5,89	22,18	3,84	19472	100%
	21/03/2024	8,88	35,93	6,08	17781	100%
19	24/04/2024	1,22	1,85	0,08	12818	100%
	25/04/2024	1,21	1,8	0,08	28962	100%
	26/04/2024	1,22	1,85	0,08	30027	100%
20	14/06/2024	1,24	1,58	0,07	35437	100%
	15/06/2024	1,24	1,6	0,08	32255	100%
	16/06/2024	1,24	1,67	0,07	34338	100%
21	20/06/2024	1,31	2,44	0,23	10184	100%
	21/06/2024	1,17	1,61	0,11	17026	100%
	22/06/2024	1,15	2,1	0,11	20300	100%
22	06/07/2024	1,16	1,29	0,04	27813	100%
	07/07/2024	1,16	1,29	0,04	23699	100%
	08/07/2024	1,16	1,28	0,04	21041	100%
23	12/07/2024	1,28	1,89	0,18	24776	100%
	14/07/2024	1,25	1,86	0,18	24844	100%
	15/07/2024	1,28	1,82	0,18	23610	100%
24	14/08/2024	1,21	1,43	0,05	26573	100%
	15/08/2024	1,21	1,49	0,05	27386	100%
	16/08/2024	1,22	1,5	0,07	28940	100%
25	21/08/2024	1,18	1,28	0,03	2793	100%
	22/08/2024	1,15	1,43	0,02	3062	100%
	23/08/2024	1,14	1,24	0,03	436	100%
26	03/09/2024	1,13	1,27	0,06	28804	100%
	04/09/2024	1,16	1,32	0,06	26740	100%
	05/09/2024	1,15	1,32	0,07	24175	100%
27	22/09/2024	1,21	1,56	0,07	24609	100%
	23/09/2024	1,14	1,46	0,06	37322	100%
	24/09/2024	1,15	1,48	0,06	15206	100%
28	28/09/2024	1,2	1,38	0,04	34259	100%
	29/09/2024	1,29	1,32	0,04	24567	100%
	30/09/2024	1,16	1,29	0,03	25509	100%
29	04/11/2024	1,2	1,33	0,02	23818	100%
	05/11/2024	1,16	1,27	0,02	23480	100%
	06/11/2024	1,17	1,26	0,02	23668	100%
30	07/11/2024	1,17	1,31	0,04	24368	100%
	08/11/2024	1,15	1,32	0,03	33763	100%
	09/11/2024	1,15	1,3	0,03	25252	100%
31	14/11/2024	1,18	2,25	0,07	26731	100%
	15/11/2024	1,16	1,4	0,07	28501	100%
	16/11/2024	1,15	1,36	0,07	42292	100%

32	20/11/2024	1,18	1,47	0,04	18501	100%
	22/11/2024	1,17	1,47	0,04	25694	100%
	23/11/2024	1,17	1,38	0,04	22230	100%
33	27/11/2024	1,62	2,86	0,35	27200	100%
	28/11/2024	1,65	2,88	0,41	23278	100%
	29/11/2024	1,64	2,84	0,40	17268	100%
34	03/12/2024	2,83	6,37	1,12	32143	100%
	04/12/2024	2,72	6,5	1,23	28037	100%
	05/12/2024	2,85	9,91	1,26	31029	100%
35	10/12/2024	1,22	1,44	0,03	26276	100%
	11/12/2024	1,2	1,38	0,03	28339	100%
	12/12/2024	1,21	1,53	0,05	37204	100%
36	17/12/2024	1,32	4,23	0,19	30353	100%
	18/12/2024	1,28	1,65	0,11	29571	100%
	19/12/2024	1,28	1,65	0,11	11449	100%
37	21/12/2024	1,19	1,53	0,04	27440	100%
	22/12/2024	1,18	3,83	0,06	26810	100%
	23/12/2024	1,17	1,52	0,05	38181	100%
38	30/12/2024	5,65	11,98	2,73	15233	100%
	31/12/2024	5,63	12,02	2,68	26351	100%
	01/01/2025	5,28	10,16	2,45	21754	100%
39	05/01/2025	1,35	1,89	0,15	28022	100%
	06/01/2025	1,35	1,91	0,15	33747	100%
	07/01/2025	1,31	1,77	0,12	26035	100%
40	08/01/2025	1,16	1,43	0,06	19998	100%
	09/01/2025	1,17	1,54	0,07	30693	100%
	10/01/2025	1,18	1,92	0,09	33307	100%
41	15/01/2025	1,57	2,5	0,31	27443	100%
	16/01/2025	1,55	2,51	0,32	21445	100%
	17/01/2025	1,57	,2,61	0,33	25498	100%
42	22/01/2025	1,22	1,63	0,11	31815	100%
	23/01/2025	1,19	1,61	0,12	42013	100%
	24/01/2025	1,18	1,61	0,11	22405	100%
43	29/01/2025	1,24	1,43	0,05	27089	100%
	30/01/2025	1,2	1,42	0,06	27293	100%
	31/01/2025	1,2	1,4	0,05	32555	100%
44	04/01/2025	1,18	1,3	0,03	29256	100%
	05/01/2025	1,17	1,31	0,03	29900	100%
	06/01/2025	1,15	1,3	0,02	33818	100%
45	08/01/2025	2,47	5,56	1,04	26956	100%
	09/01/2025	2,46	5,71	1,01	35896	100%

	10/01/2025	2,62	5,75	1,13	27533	100%
46	20/02/2025	1,28	2,31	0,15	41223	100%
	21/02/2025	1,26	2,4	0,50	43457	100%
	22/02/2025	1,27	1,9	0,34	30261	100%
47	05/03/2025	1,19	1,28	0,03	29795	100%
	06/03/2025	1,16	1,24	0,04	30055	100%
	07/03/2025	1,15	1,22	0,05	30368	100%
48	12/03/2025	1,18	1,53	0,05	26319	100%
	13/03/2025	1,17	1,53	0,05	30964	100%
	14/03/2025	1,17	1,51	0,05	30079	100%
49	18/03/2025	1,17	1,43	0,00	25414	100%
	19/03/2025	1,17	1,36	0,03	28629	100%
	20/03/2025	1,16	1,47	0,03	3895	100%
50	21/03/2025	1,16	1,36	0,04	22330	100%
	22/03/2025	1,15	1,37	0,05	30870	100%
	23/03/2025	1,15	1,38	0,04	27459	100%

Percebe-se, de acordo com a tabela supracitada, que todos os ambientes residenciais de trabalho remoto apresentaram valores consideravelmente maiores do que o valor de 0,4 μ T, valor este referenciado por pesquisas epidemiológicas contemporâneas como o marco para potenciais riscos à saúde em exposições de longa duração. Os ATRRs tiveram média de 1,15 μ T a 8,8 μ T. Através do gráfico 17, temos uma melhor visualização de que o ATRR de maior valor ocorreu no ATRR 18, (valores máximos por dia: 18,79 μ T; 22,18 μ T e 35,93 μ T respectivamente) situado no bairro do Bessa e o de menor valor ocorreu no ATRR 13 (valores máximos por dia: 1,13 μ T; 1,27 μ T e 0,60 μ T respectivamente) no bairro de Cabo Branco.

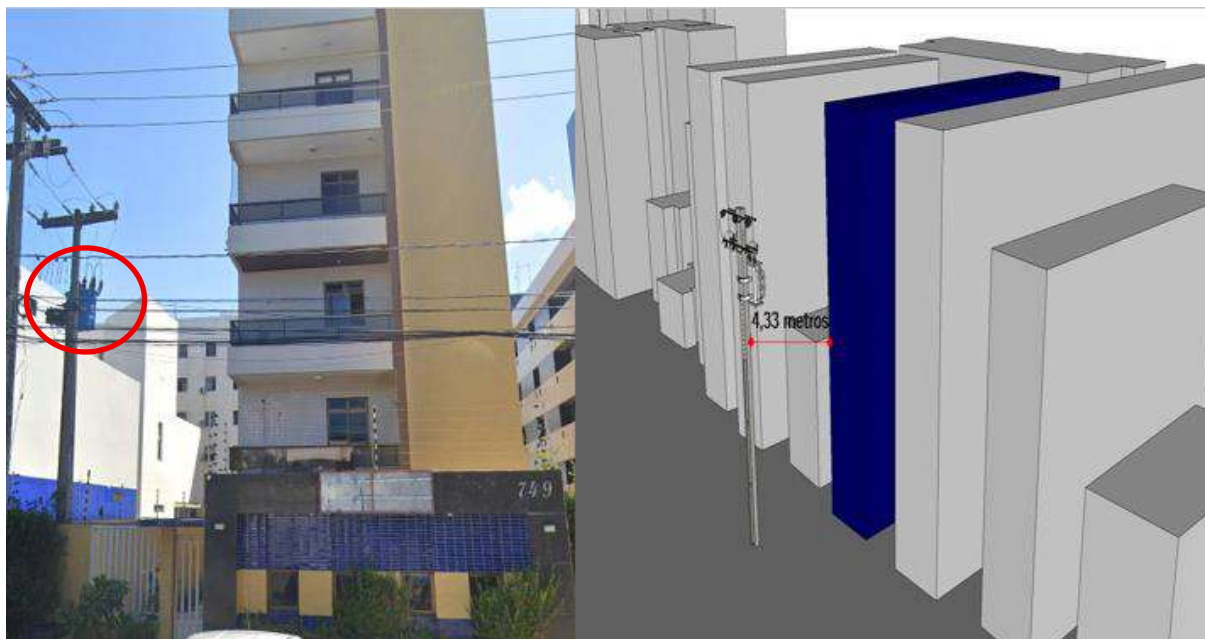
Gráfico 17: Valores obtidos da radiação não ionizante nos ATRRs estudados.



Fonte: Elaborado pela autora

O ATRR18 é adjacente a um transformador de energia elétrica interno à edificação, distando 4,33 metros e o andar correspondente a este ATRR é o 2º andar (figura 17). É provável que a proximidade do ambiente residencial aos transformadores pode implicar na elevação dos níveis de intensidade de RNI bem como da oscilação destes.

Figura 17: Distância ATRR18 e transformador de energia elétrica



O estudo realizado por Hareuveny (2011), alerta o fato de apartamentos localizados nos primeiros andares, adjacentes a estações de transformadores de energia elétrica, apresentarem exposição a campos eletromagnéticos bem maiores que os demais apartamentos referências do mesmo edifício. Em seu estudo ele adiciona como critério de inclusão das residências a serem analisadas, apartamentos no segundo andar. Estes apartamentos adjacentes aos transformadores de energia elétrica podem ser classificados como altamente expostos quando comparado a qualquer outro apartamento num mesmo edifício, pois estes apresentaram valores maiores de campo magnético do que os demais apartamentos de andares acima. Os transformadores internos expõem tanto o público em geral quanto os trabalhadores a níveis potencialmente elevados de campos eletromagnéticos de frequência extremamente baixa, resultando em implicações agudas e graves para a saúde (Rathebe *et al.*, 2024).

Um estudo realizado em Madri (Lopez *et al.*, 2021) explorou a correlação entre as medições de exposição a campos eletromagnéticos de radiofrequência e indicadores epidemiológicos. Utilizando um analisador de espectro para avaliar os níveis de exposição em diferentes ambientes e aplicando questionários de saúde aos moradores, foi encontrada uma relação estatisticamente significativa entre a exposição e sintomas como dores de cabeça, tonturas, distúrbios do sono e um aumento de dez vezes nas taxas de câncer em relação à média nacional.

Para Elwood (2017) essa exposição residencial por períodos longos pode causar problemas epidemiológicos aos moradores, principalmente no que diz respeito à problemática da leucemia infantil. Fontes de radiação eletromagnética não ionizante podem ter importância clínica, pois um pequeno aumento na exposição pode causar riscos à saúde. A exposição a níveis de radiação eletromagnética de baixa frequência cria hipersensibilidade eletromagnética em seres humanos (Traini *et al.*, 2023). Os sintomas relatados são dores de cabeça, dores no corpo, letargia, zumbido, náusea, sensação de queimação, arritmia cardíaca e ansiedade. Esses sintomas podem variar de indivíduo para indivíduo. Essa exposição também resulta em estresse oxidativo nos tecidos do corpo humano (Kiziloğlu *et al.*, 2023).

Os limites nos documentos da ICNIRP e da IEEE são projetados para prevenir um pequeno número de efeitos adversos da exposição de curto prazo a campos de frequência de energia e não previnem todos os efeitos biológicos identificados ou efeitos de longo prazo,

e exposições a campos residenciais e ocupacionais que cumpriram esses limites têm sido associadas a problemas de saúde. De acordo com Halgamuge e McLean (2018) estudos demonstraram que as radiações de extrema baixa frequência alteram os padrões de ondas cerebrais durante o sono, incluindo a redução do sono REM (Rapid Eye Movement), importante para a memória e o aprendizado. Essas radiações também demonstraram reduzir a qualidade e a quantidade do sono, o que pode levar à redução do desempenho e ao aumento do risco de acidentes.

Um estudo atual realizado por Silva *et al.* (2025) onde a abordagem proposta - refinamento da seleção dos pontos de medição dentro das edificações, garantindo que as avaliações capturem os níveis de exposição com maior precisão - foi aplicada em quatro edificações na cidade de Natal, capital do Rio Grande do Norte, localizada na região Nordeste do Brasil. Os resultados mostraram picos de intensidade de campo elétrico até 17,40 vezes maiores e médias até 14,13 vezes maiores do que os valores obtidos em medições realizadas ao nível do solo, como as realizadas pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). As maiores taxas de exposição atingiram 82,27% e 59,43% dos limites estabelecidos pela Comissão Internacional de Proteção contra Radiação Não Ionizante (ICNIRP) para as faixas de frequência de rádio FM e telefonia móvel, respectivamente.

A intensidade da exposição pode variar de acordo com a especificação e a frequência de operação de dispositivos presentes no ambiente. Além disso, a influência da radiação eletromagnética em seres humanos varia de acordo com a taxa de absorção específica de cada pessoa. Assim, a quantidade de distribuição dos campos elétricos e magnéticos e sua absorção por seres humanos são analisadas e, com base nisso, as evidências científicas sobre os perigos da radiação eletromagnética podem ser identificadas (Meenu *et al.* 2025).

Ao longo dos anos, houve um aumento na verticalização das cidades em todas as regiões do Brasil. A região Nordeste, que inclui a cidade de João Pessoa, teve um aumento de quase três vezes nesse período. Esse contexto reforça a preocupação global com o impacto das radiações de extrema baixa frequência no corpo humano, destacada por fontes como a Organização Mundial da Saúde (2002), juntamente com estudos como Ramirez-Vazquez *et al.* (2024) e Jalilian *et al.* (2019), que fornecem uma revisão sistemática de pesquisas recentes sobre exposição a essas radiações, conduzidas globalmente e especificamente na

Europa. Paralelamente, a Comissão Internacional de Proteção contra Radiação Não Ionizante também lidera essa discussão ao estabelecer diretrizes de avaliação e limites de exposição para Radiação Não Ionizante (ICNIRP, 2020).

Observa-se que o ambiente interno é um tema em alta em termos de exposição a campos eletromagnéticos de radiofrequência, visto que cada vez mais o usuário possui um vasto número de dispositivos eletrônicos emissores, equipados com tecnologias Wi-Fi, Bluetooth, entre outras. Portanto, é necessário controlar esses ambientes de um ponto de vista experimental, onde frequentemente somos expostos a radiação prolongada ao longo do tempo; além disso, simulações, que podem nos ajudar a entender a propagação do sinal, são necessárias, sendo ambos os aspectos (simulações e medições experimentais) complementares.

5.4. Indicadores morfológicos

Os resultados dos indicadores morfológicos calculados para o entorno dos 50 ambientes de trabalho remoto residenciais (ATTRs) encontram-se resumidos na Tabela 7. Temos para cada entorno de ambiente de trabalho remoto (em um raio de 250m), o número de edificações, a área útil construída, densidade construída, alturas máximas, mínimas e médias, taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento, a rugosidade, verticalidade, prospecto médio e a densidade de cobertura vegetal. Temos ainda dados relativos ao fator de visão do céu. Todos esses indicadores são essenciais para compreender a variação do microclima urbano e seu reflexo nos ambientes internos.

Tabela 7: Quadro resumo indicadores morfológicos urbanos.

ATRR	Nº Edf	Área útil total construída (m²)	Densidade Construída (adimensional)	Altura mínima (m)	Altura máxima (m)	Altura média (m)	Taxa de Ocupação (adimensional)	Coeficiente de Aproveitamento (adimensional)	Rugosidade (m)	Verticalidade (m)	Prospecto Médio (adimensional)	Densidade de cobertura vegetal (%)	FVC - FOTOS OLHOS DE PEIXE / SOFTWARE RAYMAN				
													Média	Desvio Padrão	Mediana	Máxima	Mínima
1	256	183827,63	0,94	3,00	36,00	6,76	0,30	3,10	2,81	9,30	0,572	4,17	0,607	0,057	0,629	0,649	0,542
2	148	308764,13	1,57	3,00	96,00	14,55	0,24	6,50	4,72	19,49	1,583	8,82	0,577	0,093	0,589	0,674	0,405
3	330	148135,50	0,75	3,00	24,00	5,72	0,33	2,32	2,26	6,95	0,631	4,06	0,790	0,055	0,785	0,847	0,737
4	215	177113,32	0,90	3,00	81,00	5,47	0,37	2,45	2,71	7,40	0,572	7,32	0,659	0,043	0,646	0,721	0,621
5	55	90673,94	0,46	3,00	39,00	8,89	0,10	4,76	1,39	14,27	0,600	17,73	0,666	0,099	0,684	0,766	0,529
6	150	177062,78	0,90	3,00	39,00	9,24	0,27	3,29	2,71	9,88	0,520	5,94	0,649	0,056	0,669	0,693	0,586
7	135	150119,00	0,76	3,00	63,00	7,83	0,23	3,34	1,49	10,01	0,582	24,91	0,724	0,054	0,702	0,808	0,673
8	290	120789,88	0,62	3,00	36,00	4,97	0,34	1,82	1,85	5,45	0,450	12,91	0,782	0,125	0,852	0,857	0,638
9	324	90750,00	0,46	3,00	12,00	4,30	0,29	1,59	1,39	4,79	0,400	10,83	0,838	0,048	0,849	0,880	0,773
10	303	75713,30	0,39	3,00	12,00	4,10	0,25	1,53	1,16	4,60	0,390	25,95	0,862	0,072	0,870	0,935	0,772
11	334	119951,78	0,61	3,00	33,00	4,60	0,36	1,71	1,83	5,13	0,431	7,87	0,909	0,019	0,909	0,926	0,890

12	201	255879,08	1,30	3,00	123,00	8,97	0,22	5,86	3,91	17,58	1,641	14,56	0,807	0,048	0,838	0,844	0,735
13	49	112099,33	0,57	3,00	21,00	11,20	0,12	4,81	1,71	14,44	0,643	19,74	0,725	0,100	0,664	0,875	0,652
14	155	236454,00	1,20	3,00	87,00	14,26	0,22	5,53	3,61	16,59	0,561	18,55	0,681	0,057	0,658	0,747	0,625
15	227	557651,77	2,84	3,00	96,00	16,04	0,35	8,05	8,52	24,16	1,196	7,76	0,389	0,055	0,366	0,451	0,349
16	179	444307,64	2,26	3,00	48,00	11,56	0,43	5,29	7,10	15,87	0,807	2,68	0,665	0,011	0,666	0,680	0,650
17	108	52890,77	0,27	3,00	27,00	6,42	0,11	2,41	0,81	7,22	0,543	29,44	0,797	0,048	0,823	0,826	0,742
18	225	161103,74	0,82	3,00	30,00	6,51	0,28	2,90	2,46	8,70	0,304	5,99	0,845	0,035	0,863	0,867	0,805
19	641	166936,17	0,85	3,00	66,00	4,09	0,46	1,86	2,55	5,59	0,469	6,74	0,727	0,025	0,737	0,745	0,698
20	460	112282,64	0,57	3,00	39,00	4,20	0,28	2,05	1,72	6,16	0,402	5,46	0,820	0,010	0,815	0,832	0,814
21	471	69048,50	0,35	3,00	9,00	3,48	0,31	1,15	1,05	3,45	0,354	19,19	0,797	0,026	0,783	0,827	0,780
22	542	257892,04	1,31	3,00	96,00	6,14	0,39	3,39	3,94	10,17	0,663	4,64	0,729	0,019	0,721	0,751	0,716
23	801	105481,58	0,54	3,00	9,00	3,60	0,46	1,16	1,61	3,49	0,267	7,65	0,971	0,007	0,968	0,979	0,967
24	550	190257,85	0,97	3,00	51,00	5,01	0,42	2,29	2,91	6,87	0,581	2,76	0,562	0,045	0,582	0,594	0,511
25	638	151649,08	0,77	3,00	15,00	3,71	0,50	1,55	2,32	4,65	0,286	12,75	0,623	0,227	0,704	0,799	0,367
26	548	112964,77	0,58	3,00	12,00	4,06	0,35	1,63	1,73	4,90	0,502	5,1	0,749	0,146	0,773	0,916	0,501
27	569	161081,12	0,82	3,00	30,00	4,79	0,43	1,89	2,46	5,66	0,386	5,45	0,721	0,068	0,683	0,799	0,680

28	347	386795,51	1,97	3,00	63,00	7,57	0,46	4,30	5,91	12,91	0,656	3,57	0,645	0,044	0,620	0,695	0,619
29	551	159044,45	0,81	3,00	24,00	4,42	0,40	2,04	2,43	6,11	0,519	3,9	0,801	0,063	0,787	0,883	0,745
30	459	121714,16	0,62	3,00	39,00	4,26	0,37	1,67	1,86	5,02	0,423	13,81	0,840	0,068	0,867	0,890	0,763
31	514	99160,56	0,51	3,00	33,00	3,67	0,36	1,42	1,52	4,26	0,331	8,05	0,885	0,024	0,896	0,902	0,857
32	659	102743,44	0,52	3,00	12,00	3,68	0,41	1,26	1,57	3,79	0,316	8,70	0,923	0,013	0,929	0,931	0,908
33	404	106378,89	0,54	3,00	36,00	4,45	0,27	1,98	1,63	5,95	0,405	15,7	0,828	0,038	0,821	0,869	0,793
34	598	128001,14	0,65	3,00	24,00	3,96	0,41	1,59	1,96	4,78	0,434	9,42	0,842	0,087	0,891	0,893	0,742
35	558	120038,89	0,61	3,00	15,00	4,12	0,36	1,71	1,83	5,12	0,456	4,66	0,828	0,041	0,846	0,858	0,781
36	1051	137798,67	0,70	3,00	9,00	4,00	0,55	1,27	2,11	3,80	0,304	4,64	0,731	0,140	0,715	0,879	0,600
37	214	58179,69	0,30	3,00	15,00	5,14	0,15	1,95	0,89	5,86	0,470	12,45	0,942	0,030	0,942	0,986	0,903
38	560	153348,88	0,78	3,00	24,00	4,22	0,43	1,82	2,34	5,46	0,544	4,36	0,679	0,242	0,784	0,851	0,402
39	833	119450,66	0,61	3,00	21,00	3,42	0,51	1,20	1,83	3,60	0,212	5,99	0,857	0,017	0,864	0,89	0,837
40	415	93532,61	0,48	3,00	12,00	3,73	0,36	1,34	1,43	4,02	0,251	11,71	0,722	0,268	0,875	0,878	0,412
41	273	230822,46	1,18	3,00	90,00	7,99	0,29	3,99	3,53	11,98	0,599	14,12	0,719	0,012	0,716	0,733	0,709
42	271	300940,08	1,53	3,00	42,00	7,30	0,37	4,12	4,60	12,36	0,589	5,24	0,705	0,059	0,715	0,758	0,641

43	202	213557,57	1,09	3,00	141,00	8,69	0,25	4,30	3,26	12,89	1,074	2,66	0,813	0,024	0,820	0,832	0,786
44	440	64120,23	0,33	3,00	12,00	3,40	0,27	1,22	0,98	3,66	0,223	37,47	0,987	0,005	0,990	0,990	0,981
45	363	106257,16	0,54	3,00	24,00	4,98	0,27	2,03	1,62	6,08	0,380	20,2	0,855	0,055	0,839	0,916	0,810
46	979	138740,50	0,71	3,00	12,00	3,74	0,58	1,21	2,12	3,63	0,363	2,72	0,899	0,036	0,888	0,949	0,870
47	424	74782,28	0,38	3,00	12,00	3,57	0,25	1,54	1,14	4,61	0,384	23,91	0,860	0,104	0,891	0,947	0,710
48	390	133019,64	0,68	3,00	54,00	4,70	0,33	2,03	2,03	6,09	0,508	11,91	0,876	0,036	0,858	0,917	0,852
49	790	101892,44	0,52	3,00	9,00	3,45	0,47	1,11	1,56	3,34	0,098	8,93	0,610	0,296	0,713	0,841	0,277
50	561	118544,63	0,60	3,00	24,00	3,81	0,38	1,60	1,81	4,81	0,401	8,15	0,959	0,007	0,959	0,966	0,953

5.4. 1. Densidade, Verticalização e Rugosidade: O Cenário de Tambaú

Observa-se que os entornos dos ATRRs 15, 16, 28 apresentaram os valores mais elevados de densidade, rugosidade e verticalidade, todos eles localizados no bairro de Tambaú, sendo este um dos bairros de João Pessoa que vem passando por constantes transformações urbanas, marcado pela crescente e intensa verticalização não planejada das construções habitacionais (Silveira; Silveira, 2014).

Esses indicadores mencionados influenciam o comportamento do escoamento do ar na malha urbana. Nakamura e Oke (1988) mostram o importante efeito da orientação das ruas e quadras e do prospecto (altura e largura) em cânions urbanos. Em áreas com grandes prospectos e extremamente densas e rugosas, a velocidade do vento é reduzida e o calor é mais dificilmente dispersado. Na escala local da cidade, o fluxo do vento em contato com uma superfície está sujeito aos efeitos do atrito. Sendo o grau de rugosidade da superfície que determinará a intensidade dos efeitos provocados por este fenômeno (Martins, 2020).

De modo geral, os entornos analisados nos ATRRs no bairro de Tambaú (ATRR14, ATRR15, ATRR16, ATRR28 e ATRR42) caracterizaram-se por áreas mais densas, com grande variação de altura, com prédios altos (acima de 4 pavimentos), taxa de ocupação em torno de 22 a 46% e pouca vegetação, com no máximo de 18% de cobertura vegetal (ATRR14). Por outro lado, nos bairros Bancários, Valentina e Mangabeira, verificaram-se construções com alturas mais homogênea, variando entre um e dois pavimentos. No entanto, apresentam taxa de ocupação em torno de 35%, devido à alta densidade de construções. Esses entornos também registraram FVC elevado.

Ainda de acordo com a Tabela 7, verifica-se que os entornos dos ATRRs: 5 e 13 (ambos no bairro vizinho do Cabo Branco) apresentaram poucas construções (55 e 49 respectivamente), evidenciando extensas áreas não construídas, que incluem trechos cobertos pelo mar, lotes vazios e uma faixa coberta por vegetação (em torno de 15 a 20%). Os entornos apresentaram baixa densidade (inferior a 0,60) e taxa de ocupação em torno de 10%. No entorno do ATRR 12, localizado em Cabo Branco, observou-se a presença de construções com alturas elevadas (altura máxima 123m). Isso se deve ao fato de esse entorno

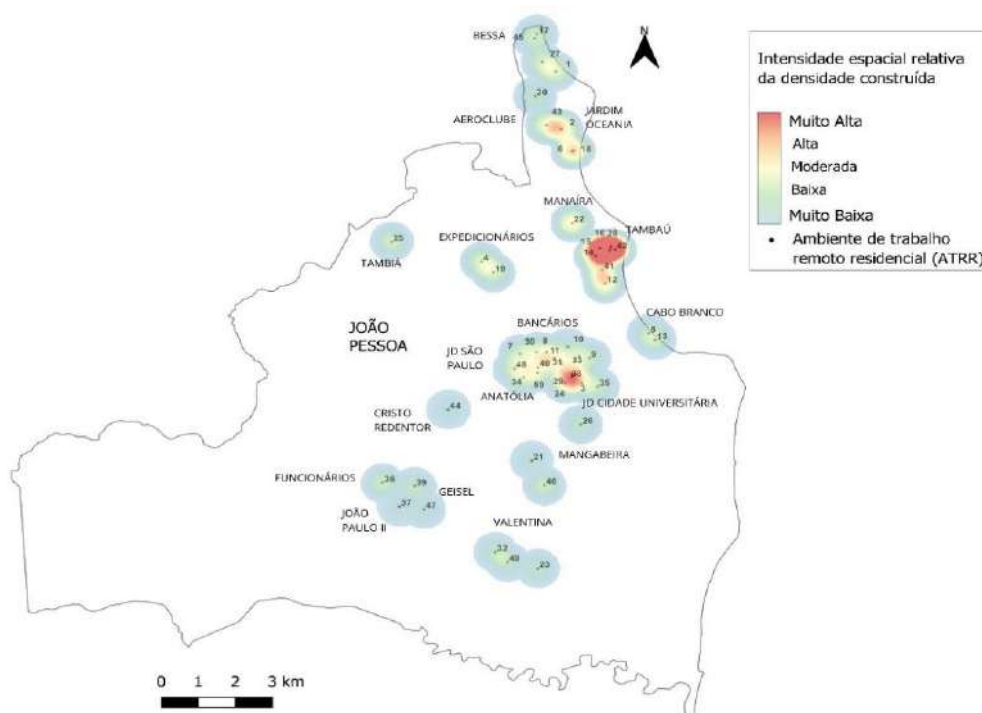
englobar parcialmente o bairro Altiplano, o que resultou em valores moderados de densidade (1,30) e rugosidade (3,91).

No anexo 7, encontram-se as principais características morfológicas de cada ATRR. A seguir são apresentados os mapas de calor dos principais indicadores morfológicos os quais caracterizam a forma urbana nos entornos dos ATRRS. Os mapas baseados em pontos, mostrando os valores individuais de cada indicador morfológico são fornecidos no anexo 8.

5.4.2. Mapas de calor dos indicadores morfológicos

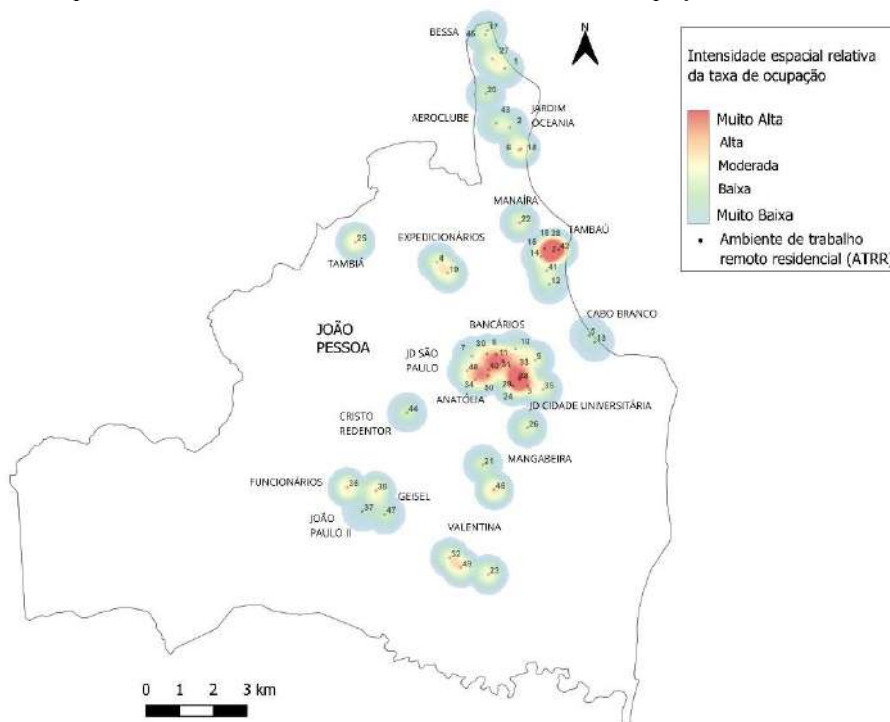
O mapa de calor da densidade construída (Figura 18) indica concentrações espaciais de formas urbanas compactas. As disposições urbanas nos entornos dos ATRRs apresentaram densidades construídas que variaram de 0,27 a 2,84. De acordo com o mapa abaixo os entornos mais adensados dos ambientes estudados corresponderam aos ATRRs 15, 16, 28 e 42 localizados nos bairros de Tambaú, com taxas de ocupação entre 35% e 46% (Figura 19).

Figura 18 - Mapa de calor de densidade de kernel da densidade construída na área de estudo



Fonte: Produzido pela autora, 2025

Figura 19 - Mapa de calor de densidade de kernel da taxa de ocupação na área de estudo

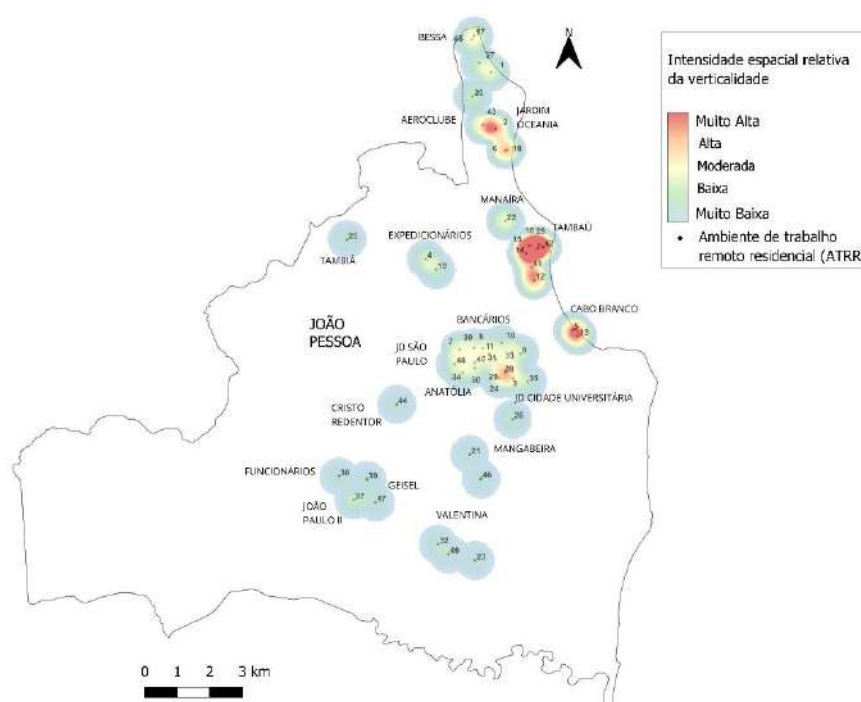


Fonte: Produzido pela autora, 2025

As áreas adjacentes que apresentaram as menores densidades encontraram-se nos ATRRs 17, 37 e 44 nos bairros do Bessa, João Paulo II e Cristo Redentor, respectivamente e esses entornos registraram a taxa de ocupação variando entre 11% e 27%. Com o ritmo acelerado da urbanização, a influência da morfologia urbana, como a densidade de construções, distribuição de espaços verdes e configurações de corpos d'água, com a área térmica tornou-se cada vez mais significativa (Deilami *et al.*, 2018; Roth, 2013). Compreender essa relação é crucial para mitigar os efeitos das ilhas de calor urbanas, otimizar o planejamento urbano e melhorar a qualidade ambiental.

O mapa de calor da verticalidade (Figura 20) revela gradientes espaciais claros, com maiores concentrações de desenvolvimento vertical nos setores centrais e costeiros. Áreas com maior verticalidade, particularmente nos setores centrais e costeiros, correspondem a bairros previamente classificados como ilhas de calor urbanas e tendem a apresentar maior frequência de valores elevados de Top e NIR. Em contraste, áreas menos verticais e mais dispersas geralmente apresentam níveis de exposição mais baixos, embora exceções sejam documentadas na Tabela 5.

Figura 20 - Mapa de calor de densidade de kernel da verticalidade na área de estudo



Fonte: Produzido pela autora, 2025

Os entornos com valores de verticalidade mais significativos observados nesta tese foram os ATTRs: 2, 12, 14, 15 e 16. Trata-se de regiões que vêm passando por um intenso processo de verticalização, com algumas edificações ultrapassando 90 metros de altura (Figura 21). Esses espaços urbanos caracterizam-se por uma forma urbana geralmente com reduzido fator de visão, o que contribui, por um lado, para níveis mais elevados de sombreamento durante o dia. Por outro lado, esses *cânions* urbanos podem dificultar a circulação dos ventos, favorecendo o acúmulo de poluentes e de calor, intensificando o efeito de ilha de calor e comprometendo o conforto térmico, especialmente durante a noite.

Figura 21 - Representação de dois extremos da variação de altura das edificações ao redor de 2 ATRRs (ATRR 22- no bairro de Valentina e ATRR 15- bairro de tambaú)



Fonte: Produzido pela autora, 2025

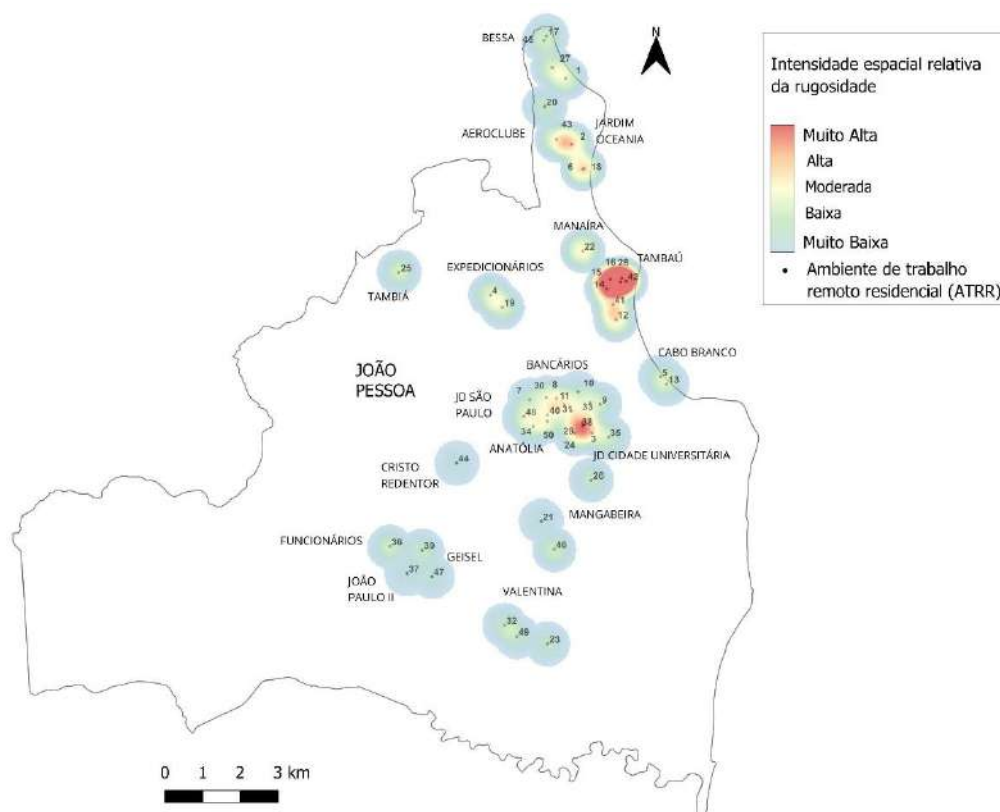
A verticalização das cidades pode provocar mudanças importantes no espaço físico, gerando impactos ambientais variados, seja no clima urbano, nas áreas verdes, no conforto térmico, na mobilidade, na qualidade do ar, entre outros (Nucci, 2008). Os edifícios são um componente essencial das cidades e um dos principais contribuintes para o efeito das ilhas de calor. Sendo assim, a morfologia urbana engloba diversas formas de quarteirões, e a homogeneidade dos edifícios dentro do mesmo quarteirão permite que ele seja considerado uma zona térmica independente (Yelixiati *et al.*, 2024). Estudos de Berger *et al.* (2017) e outros confirmaram a relação inseparável entre a morfologia urbana e a verticalização dos edifícios e a variação climática urbana.

Desta forma, uma das características do desenvolvimento urbano é a transformação da morfologia urbana. Esse processo leva muitas vezes a mudanças no uso e cobertura do solo e é acompanhado pelo crescimento vertical das estruturas urbanas (Hu *et al.*, 2022). Tais mudanças afetam diretamente o microclima local e as propriedades térmicas dentro das áreas urbanas (Guo *et al.*, 2024), resultando em mudanças nos mecanismos que afetam o ambiente térmico em escalas mais refinadas (Zhu *et al.*, 2025).

Quanto à rugosidade absoluta (Figura 22), indicador que está associado a presença de obstáculos (por exemplo edifícios) em uma área, os valores mais importantes

encontraram-se nas áreas mais adensadas e compactas, que foram os ATRRs 15, 16, 28 e 42, todos localizados no bairro de Tambaú. Os valores menos expressivos são observados em tecidos urbanos horizontais, que foram os ATRRs 17 (Bessa), 21 (mangabeira), 37 (João Paulo) e 44 (Cristo Redentor). Essas áreas são caracterizadas pela presença de espaços livres, como trechos da orla marítima (como o Bessa), além de zonas urbanas ainda em processo de expansão, com edificações mais dispersas e lotes desocupados. Esses entornos também apresentaram baixa verticalidade (Figuras 20). A rugosidade é um indicador que influencia na velocidade média do vento em uma área urbana, impedindo ou dificultando na passagem de vento.

Figura 22 - Mapa de calor de densidade de kernel da rugosidade na área de estudo



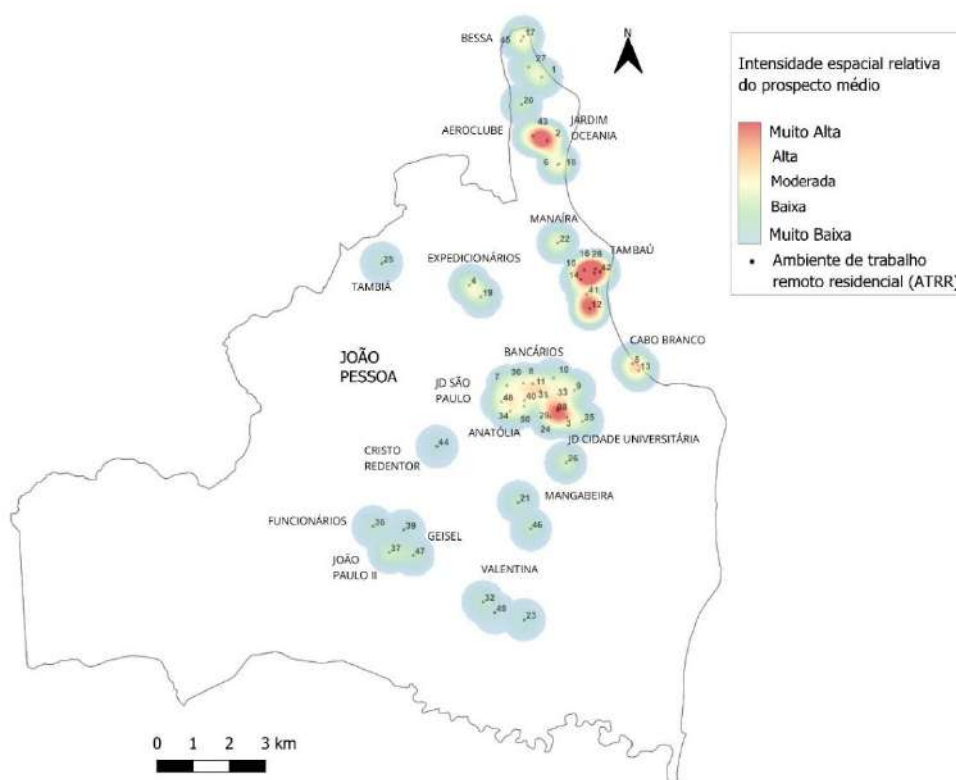
Fonte: Produzido pela autora, 2025

Projetos irregulares de edifícios e traçados curvos podem aumentar a rugosidade da superfície impermeável e a variação de sombra, ajudando a reduzir o acúmulo de calor na

superfície. Entretanto, áreas com alta rugosidade podem bloquear o fluxo de vento, reduzir a ventilação e dificultar a dissipação de calor, levando a temperaturas superficiais mais altas. (Wang *et al.*, 2025). As características do formato dos edifícios e sua distribuição e arranjo espacial também modulam a temperatura local, modificando a hidrodinâmica do dossel urbano local e o transporte turbulento de calor que depende do arranjo desses elementos de rugosidade e da formação de cânions de rua (Afshari, 2023).

Os maiores valores de prospecto médio (entre 0,80 e 1,64) foram encontrados principalmente nos ATRRs 2, 12, 15, e 43, localizados nos bairros Bessa, Cabo Branco e Tambaú (Figura 23). Essas são zonas em que a altura média das edificações, em relação ao lote, é superior à distância entre os espaços que as separam, caracterizando áreas onde os cânions urbanos apresentam visão reduzida do céu e, consequentemente, menor potencial de dispersão de calor e poluentes. É importante notar que prospectos elevados podem também diminuir consideravelmente a iluminação natural, dependendo da orientação da rua.

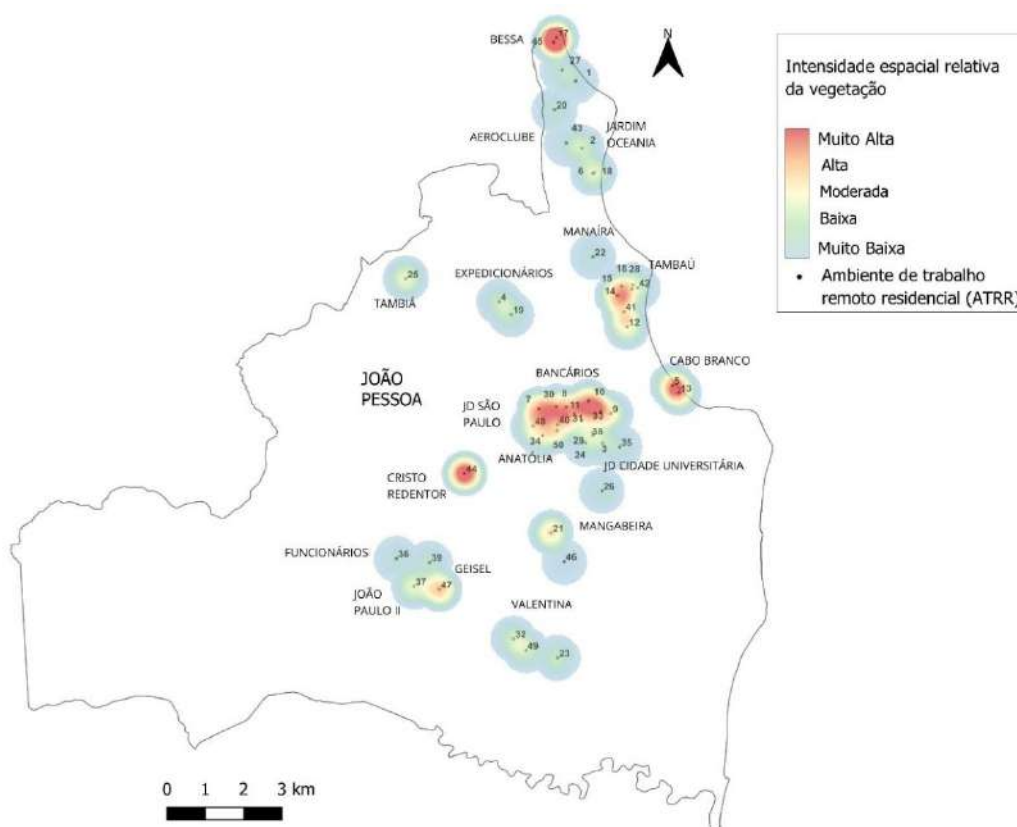
Figura 23 - Mapa de calor de densidade de kernel do prospecto na área de estudo



Fonte: Produzido pela autora, 2025

A densidade de vegetação (Figura 24) apresentou valores relativamente baixos na maioria dos entornos estudados ($<15\%$). Em alguns ATRRs como os 16, 24, 28, 29, 43 e 46 apresentaram valores quase nulos ($<5\%$). É importante evidenciar que o ATRR 46 foi onde se registrou as maiores temperaturas do ambiente. Por outro lado, o ATRR que apresentou o maior valor de densidade da cobertura vegetal foi o ATRR 44 no bairro do Cristo, com 37,47%, seguidos dos ATRRs 7, 10, 17 e 47 onde foram registrados valores de cobertura vegetal entre 24 e 29% (tabela 7). A cobertura vegetal contribui para a permeabilidade do solo nos espaços abertos, aspecto especialmente relevante em zonas muito densas. Os vazios existentes na cidade de João Pessoa, quando desprovidos de vegetação e dependendo do material que recobre suas superfícies, podem comprometer os processos de infiltração de água e de regulação da umidade do ar, contribuindo para o aumento da temperatura local.

Figura 24 - Mapa de calor de densidade de kernel da porcentagem de áreas verdes na área de estudo



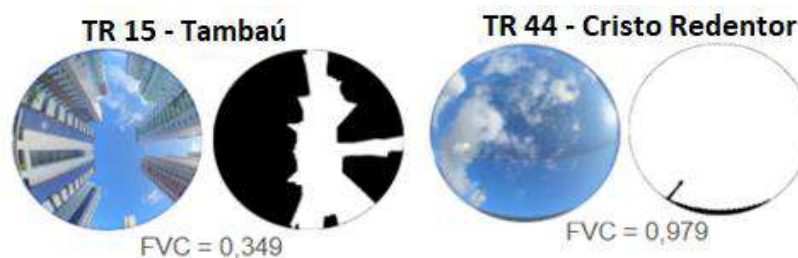
Fonte: Produzido pela autora, 2025

Wang *et al.* (2024) conduziram uma análise quantitativa em San Antônio (EUA) sobre os mecanismos de condução de características morfológicas urbanas tridimensionais em ambientes térmicos, descobrindo que frações de superfície impermeável aumentam a temperatura, enquanto frações de cobertura vegetal proporcionam um efeito de resfriamento. O controle da taxa de cobertura dos edifícios e o aumento da taxa de cobertura de vegetação desempenham papéis importantes na redução da temperatura do ar. Defende-se edifícios dispersos e mais baixos para melhorar a circulação do ar e evitar o acúmulo excessivo de poluição atmosférica. (Fan *et al.*, 2025).

A cobertura vegetal limitada e a ventilação restrita entre edifícios densamente compactados podem exacerbar ainda mais os efeitos das ilhas de calor. Essas alterações na forma urbana impactam os atributos de umidade, térmicos, radiativos e aerodinâmicos do entorno, resultando na retenção de calor nas áreas urbanas (Dev Roy *et al.*, 2025)

Em relação ao fator de visão do céu, verificou-se que os ATRRs que apresentaram os menores valores e, portanto, os maiores graus de obstrução, foram o ATRR2 (0,577), localizado no bairro do Bessa e o ATRR15 (0,389), localizado no bairro de Tambaú, já apresentados na tabela 7 e na figura 25 abaixo. Estes dois postos também tiveram valores mais altos que os demais ATRRs para rugosidade, área construída, densidade e verticalidade. A pesquisa realizada por Choi, Lee e Moon (2018) indicou que um FVC elevado, quando associado a materiais com albedo adequado e a uma ventilação urbana eficiente, desempenha um papel importante no aperfeiçoamento das condições de conforto térmico, como a duração da alta temperatura do ar.

Figura 26 - Fotos olho de peixe dos ATRRs com menor e maior FVC



Fonte: Produzido pela autora, 2025

O Fator de Visão do Céu é um indicador importante da morfologia das construções. Valores mais altos de FVC significam mais visibilidade do céu, o que ajuda a aumentar a dissipação da radiação de onda longa e a ventilação na superfície, geralmente contribuindo para temperaturas superficiais locais mais baixas (Ouyang *et al.*, 2024). Os dados detalhados referentes à localização dos pontos e aos valores calculados de FVC para cada ambiente de trabalho remoto residencial encontram-se no Anexo 4.

Percebe-se, desta forma, que a morfologia urbana desempenha um papel cada vez mais importante nas mudanças do microclima urbano. No entanto, poucos estudos têm focado como tais mudanças são exibidas em ambientes internos. Por outro lado, a energia tornou-se uma parte essencial do estilo de vida atual, especialmente para o uso diário de eletrodomésticos em residências, escritórios e outros ambientes construídos. Embora na vida moderna os dispositivos eletrônicos tenham se tornado onipresentes, as radiações eletromagnéticas desses aparelhos podem causar efeitos no conforto térmico de seus ocupantes atrelados a aspectos da morfologia urbana que pode intensificar essa intensidade das radiações não ionizantes de baixa frequência.

5.4.3. Interação entre Morfologia Urbana e Microclima Interno nos ATRR

Para facilitar as análises comparativas entre os ATRRs foi utilizada a classificação da rugosidade e do fator de visão do céu (tabela 8), adaptado de Oke (1987), Salat (2011) e Adolphe *et al.*, (2002). Essa sistematização visou tornar as observações deste estudo mais claras e comparáveis.

Tabela 8- classificação rugosidade e Fator de visão do céu

Rugosidade (metros)		Fator de visão do céu	
ALTA	$\geq 7 \text{ m}$	ALTO	$\geq 0,7$
MODERADA	$1,8 < \text{rugosidade} < 7$	MODERADO	$0,4 < \text{FVC} < 0,7$
BAIXA	$\leq 1,8 \text{ m}$	BAIXO	$\leq 0,4$

Adaptado de Oke (1987), Salat (2011) e Adolphe *et al.*, (2002)

Em seguida temos uma breve análise destacando alguns ATTRs com características mais dominantes, a saber:

➤ **Área de rugosidade elevada e baixo FVC**

Nos ambientes situados em áreas de alta rugosidade associada ao baixo fator de visão do céu (FVC), como no ATTR 15 (rugosidade de 8,52 m; verticalidade de 24,16m; FVC 0,389) constatou-se um aumento significativo da temperatura operativa ($>28^{\circ}\text{C}$) e a ocorrência de RNI superiores a $0,4 \mu\text{T}$. Além disso, a densidade construída elevada (2,84) comprometeu a ventilação natural, favorecendo a retenção de calor. Esse padrão está em consonância com estudos que indicam que a densidade construtiva e a redução do FVC aumentam o estresse térmico e potencializam a exposição eletromagnética (Emmanuel, 2005; Grimond, 2007).

➤ **Área de rugosidade intermediária e FVC médio**

Nos casos de rugosidade intermediária e FVC médio, como no ATTR 2 (rugosidade 4,72 m; FVC 0,577; verticalidade 19,49 m), ATTR 6 (rugosidade 2,71, FVC 0,649, verticalidade 9,88), ATTR 28 (rugosidade 5,91 m; FVC 0,645; verticalidade 12,91 m), as condições térmicas foram um pouco mais moderadas, embora ainda tenha constatado que os níveis de RNI foram superiores a $0,4 \mu\text{T}$. A presença de sombras heterogêneas e ventilação parcial sugere que, mesmo em cenários intermediários, há uma combinação de fatores que podem agravar ou amenizar o desconforto. Esses casos evidenciam a importância tanto do

planejamento urbano quanto do layout interno dos postos de trabalho para reduzir desconforto térmico e exposição à radiação (Fanger, 1970; Nakata et al., 2021).

➤ **Área de baixa rugosidade e FVC alto**

Nos ambientes com baixa rugosidade e alto FVC, como o ATRR 37 (rugosidade de apenas 0,89m e FVC 0,942) no ATRR 44 (rugosidade 0,98 m; FVC 0,987) e no ATRR 50 (rugosidade 1,81 m; FVC 0,959), registraram-se temperaturas internas elevadas, porém a entrada de radiação solar direta tenha resultado em níveis de RNI elevados. Nessas situações, a baixa verticalidade (3 a 5 m) limitou o sombreamento urbano, aumentando a incidência direta de radiação solar sobre os ambientes internos. A baixa rugosidade favoreceu a dissipação térmica, entretanto o alto FVC permitiu maior entrada de radiação solar direta, refletindo-se em picos de exposição. Este cenário demonstra que maior visibilidade do céu não garante automaticamente conforto térmico nem redução da RNI, reforçando a necessidade de uma análise integrada das variáveis urbanas e internas (Givoni, 1998; Havenith, 2019).

A análise comparativa dos extremos, como o ATRR 15 (FVC 0,389) em contraste com o ATRR 44 (FVC 0,987), evidencia a heterogeneidade urbana da cidade de João Pessoa. Enquanto áreas de baixo FVC apresentaram limitações significativas de ventilação e resfriamento, intensificando o desconforto térmico, ambientes de alto FVC registraram maior entrada de radiação direta, repercutindo tanto em calor quanto em maior exposição à RNI.

De forma geral, a comparação entre os 50 ATRRs demonstra que os fatores morfológicos urbanos não atuam isoladamente, mas em combinação, gerando efeitos amplificados sobre o conforto térmico e a exposição à radiação. A variabilidade entre os ATRRs analisados é expressiva: a rugosidade variou de 0,81 m (ATRR 17) até 8,52 m (ATRR 15), a densidade construída oscilou de 0,27 (ATRR 17) até 2,84 (ATRR 15), e o FVC apresentou extremos de 0,389 (ATRR 15) e 0,987 (ATRR 44). Essa heterogeneidade urbana sugere que estratégias de adequação de ambientes de trabalho remoto devem ser personalizadas, considerando a geometria urbana, a presença de fontes elétricas e a configuração interna do ambiente.

Assim, este tópico forneceu evidências descritivas de que a heterogeneidade dos ambientes domiciliares e urbanos podem influenciar o conforto e a saúde ocupacional. Esses resultados reforçam a importância de integrar a análise morfológica, térmica e eletromagnética na concepção de ambientes de trabalho remoto mais saudáveis e sustentáveis, alinhando-se às recomendações da literatura em ergonomia ambiental e urbanismo sustentável (Havenith, 2019; Nakata *et al.*, 2021; Emmanuel, 2005).

Estas reflexões evidenciam que os fatores morfológicos urbanos interagem de maneira complexa com as condições internas de temperatura e radiação não ionizante, produzindo efeitos específicos para cada contexto. Os indicadores morfológicos não agem isoladamente, sua combinação determina o padrão de conforto térmico e exposição a RNI. Isto reforça que estratégias de projeto ou adequação de postos de trabalho remoto devem ser personalizadas, considerando tanto a geometria urbana quanto a localização de fontes elétricas e o layout interno, em consonância com a literatura sobre ergonomia ambiental e sustentabilidade urbana.

Nesta mesma magnitude, a criação de uma morfologia urbana sustentável também tem sido reconhecida como um importante desafio global para pesquisadores e planejadores, com os benefícios de reduzir a temperatura do ar urbano e as concentrações de poluentes atmosféricos (Mokarram et al., 2024). A morfologia urbana sustentável, incluindo a forma, o tamanho, a densidade e o layout em diferentes escalas (do regional ao nível da cidade, bairro, quarteirão e rua) da área construída (Boeing, 2018), demonstrou ter efeitos diretos e indiretos na temperatura do ar (Xu et al., 2020; Yang et al., 2023).

5.5. Relação entre os indicadores morfológicos e as condições internas ambientais

Para ratificar as análises descritivas e responder ao objetivo global desta tese, foram construídos modelos preditivos utilizando técnicas de aprendizado de máquina. A seleção dos modelos *CatBoost*, *Random Forest* e *Multi-Layer Perceptron* (MLP) fundamenta-se nas características do problema investigado e na natureza dos dados analisados, que apresentam relações possivelmente não lineares, interações complexas entre variáveis e potenciais efeitos de colinearidade.

Os resultados obtidos no processo de aplicação e seleção dos modelos levaram em consideração as métricas de avaliação MSE, RMSE, MAE, MAPE e R^2 . Os desempenhos alcançados para cada variável resposta (temperatura operativa e radiação não ionizante) e as respectivas métricas calculadas encontram-se apresentados nas Tabelas 9 e 10.

Tabela 9 - Comparativo das métricas de desempenho obtidas para os modelos da variável resposta Temperatura operativa

VARIÁVEL RESPOSTA TEMPERATURA OPERATIVA (Top)					
Modelo	Métrica de avaliação de desempenho				
	MSE	RMSE	MAE	MAPE	R^2
CATBOOST	0,2272	0,4767	0,3728	1,2740%	0,8901
MLP	0,1792	0,4233	0,3265	1,1103%	0,9070
RANDOM FOREST	0,1402	0,3744	0,2925	0,9833%	0,9264

Tabela 10 - Comparativo das métricas de desempenho obtidas para os modelos da variável resposta RNI

VARIÁVEL RESPOSTA RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE (RNI)					
Modelo	Métrica de avaliação de desempenho				
	MSE	RMSE	MAE	MAPE	R^2
CATBOOST	0,0015	0,0388	0,0298	2,4562%	0,8506
MLP	0,0022	0,0468	0,0368	2,9284%	0,8911
RANDOM FOREST	0,0010	0,0312	0,0239	1,9802%	0,9030

Conforme ilustrado nas tabelas acima, o algoritmo *Random Forest*, para ambas as variáveis resposta (Top e RNI) demonstrou desempenho superior ($R^2=0,9264$ e $R^2=0,9030$ respectivamente), registrando os menores valores para as métricas de erro: MSE, RMSE, MAE, MAPE. Conforme Hyndman e Athanasopoulos (2018), quanto menor esses valores, mais consistentes são os resultados.

As figuras 27 e 28 apresentam os gráficos com os valores preditos e reais dos três melhores modelos testados tanto para a temperatura operativa como para a RNI.

Figura 27 -Melhores modelos de predição para Temperatura operativa (T_{op})

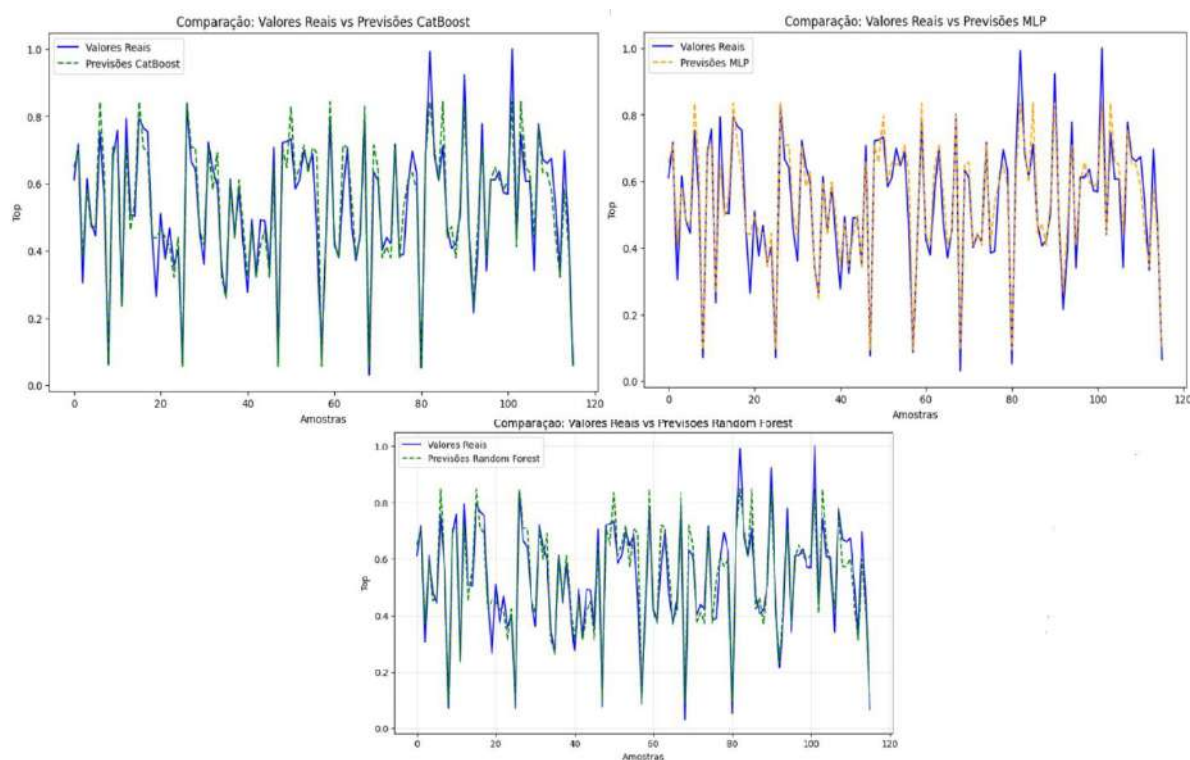
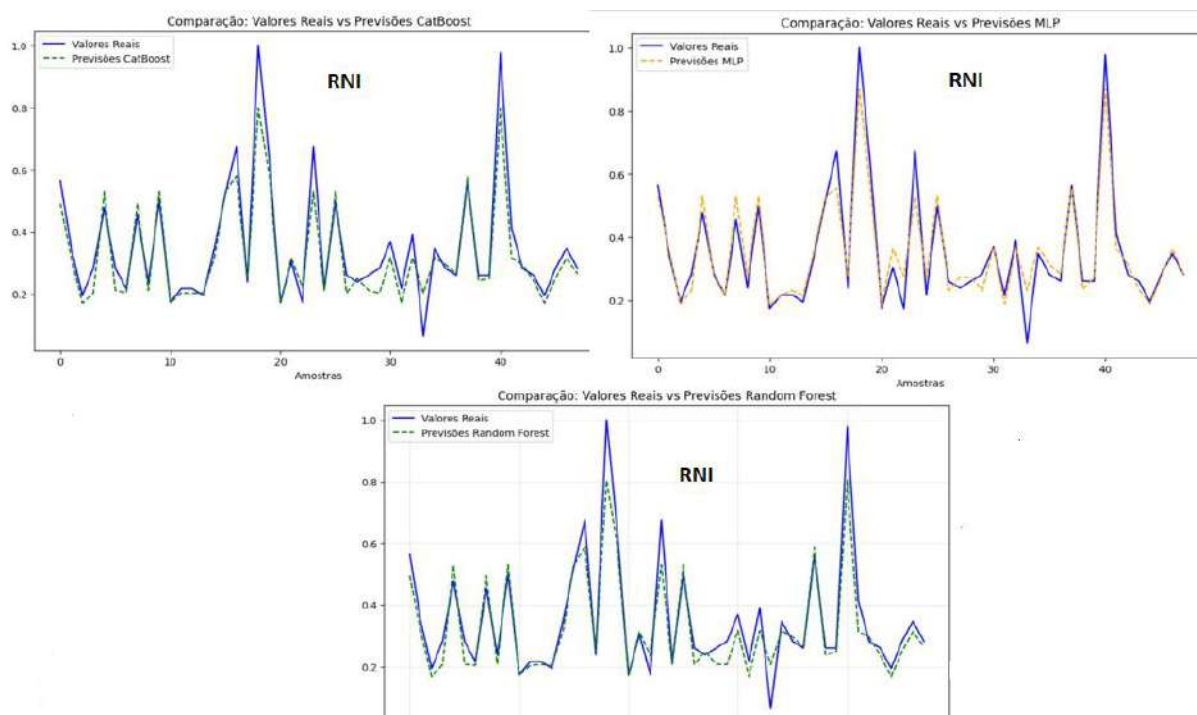


Figura 28 -Melhores modelos de predição para Radiação não ionizante (RNI)



Desta forma, o modelo *Random Forest* apresentou desempenho mais robusto na previsão da temperatura operativa (Top) e da radiação não ionizante (RNI) a partir das variáveis de entrada rugosidade, fator de visão do céu, densidade construída e percentagem de áreas verdes. Os valores previstos mostraram forte concordância com os valores observados, com as duas séries praticamente sobrepostas ao longo de todas as amostras, para as duas variáveis respostas. Os ajustes estatísticos foram elevados, indicando que os modelos explicam mais de 90% da variabilidade da Top e da RNI.

Esses resultados evidenciam que as características morfológicas urbanas contribuem para explicar a variabilidade da temperatura operativa interna e a radiação não ionizante interna, permitindo que modelos *Random Forest* capturem as relações não lineares entre a forma urbana, conforto térmico e a radiação não ionizante. Os dois modelos conseguiram reproduzir tanto os picos quanto os vales da temperatura e RNI, o que indica robustez em relação à variabilidade espacial dos dados. O baixo erro percentual reforça a confiabilidade das previsões e sugere que abordagens baseadas em AM são vantajosas para esse estudo.

Para avaliar a influência individual das variáveis morfológicas, foi realizada a análise de importância via SHAP (SHapley Additive exPlanations), permitindo quantificar a contribuição relativa média de cada variável preditora no desempenho do modelo *Random Forest*. Os resultados estão resumidos na Tabela 11, enquanto as Figuras 29 e 30 apresentam os gráficos SHAP correspondentes para Top e RNI, respectivamente. Vale destacar que as tendências apresentadas na tabela 11 referem-se a padrões médios globais observados nos valores SHAP e não representam efeitos lineares, determinísticos ou universais.

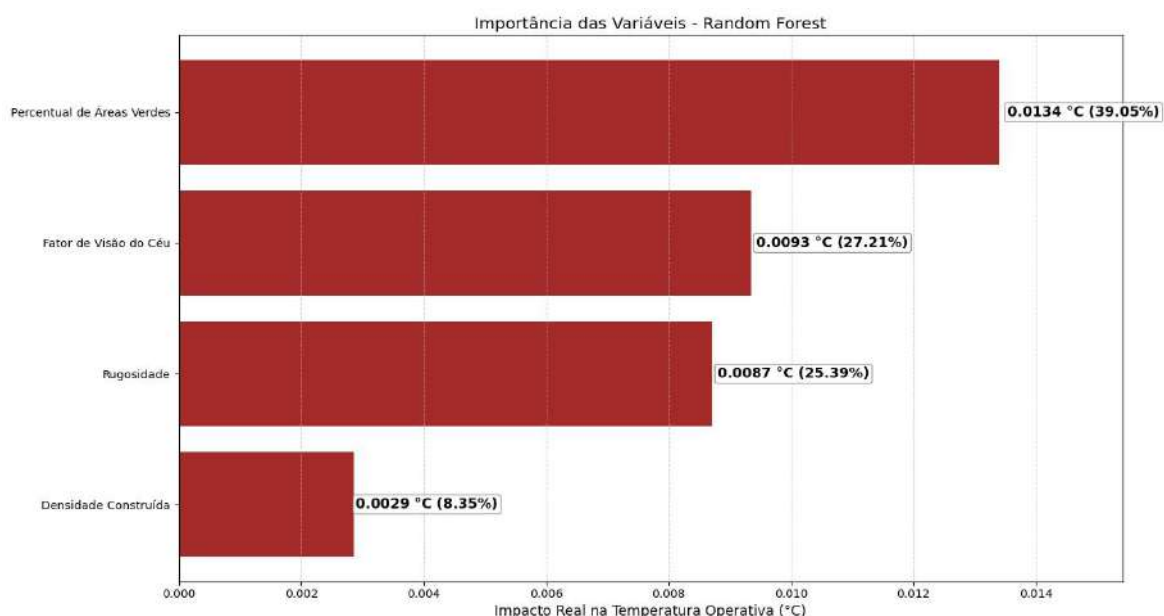
Tabela 11 – Síntese das tendências médias globais observadas nos valores SHAP dos indicadores morfológicos sobre as variáveis internas

Indicador morfológico	Top Importância SHAP	Tendência média do efeito	RNI Importância SHAP	Tendência média do efeito
Áreas verdes (%)	Alta ($\approx 39\%$)	Associação com menores níveis de Top	Baixa-moderada ($\approx 19\%$)	Associação com menores níveis de RNI
FVC	Moderada-alta ($\approx 27\%$)	Associação com maiores níveis de Top	Moderada ($\approx 26\%$)	Associação com maiores níveis de RNI

Indicador morfológico	Top Importância SHAP	Tendência média do efeito	RNI Importância SHAP	Tendência média do efeito
Rugosidade urbana	Moderada ($\approx 25\%$)	Regulação da Top	Alta ($\approx 28\%$)	Modulação da RNI
Densidade construída	Baixa ($\approx 8\%$)	Efeito secundário	Moderada ($\approx 26\%$)	Modulação da RNI

Para a temperatura operativa, o modelo atribuiu a maior importância ao percentual de áreas verdes (aproximadamente 39%), indicando que a presença de vegetação nas proximidades exerce papel importante no conforto térmico interno, possivelmente associada ao sombreamento, evapotranspiração e ao ganho térmico vindo do ambiente externo. Em seguida o fator de visão do céu, responsável por 27% da contribuição total. Esse resultado sugere que a abertura do céu exerce papel importante provavelmente pelo aumento da exposição à radiação solar e pela menor obstrução geométrica do entorno. A rugosidade apresentou a terceira maior relevância (25,36%), reforçando efeitos associados à ventilação e ao escoamento do ar entre as edificações. A densidade urbana foi a variável menos relevante (8,35%), sugerindo influência secundária da compactação urbana sobre a transferência de calor para o interior das edificações.

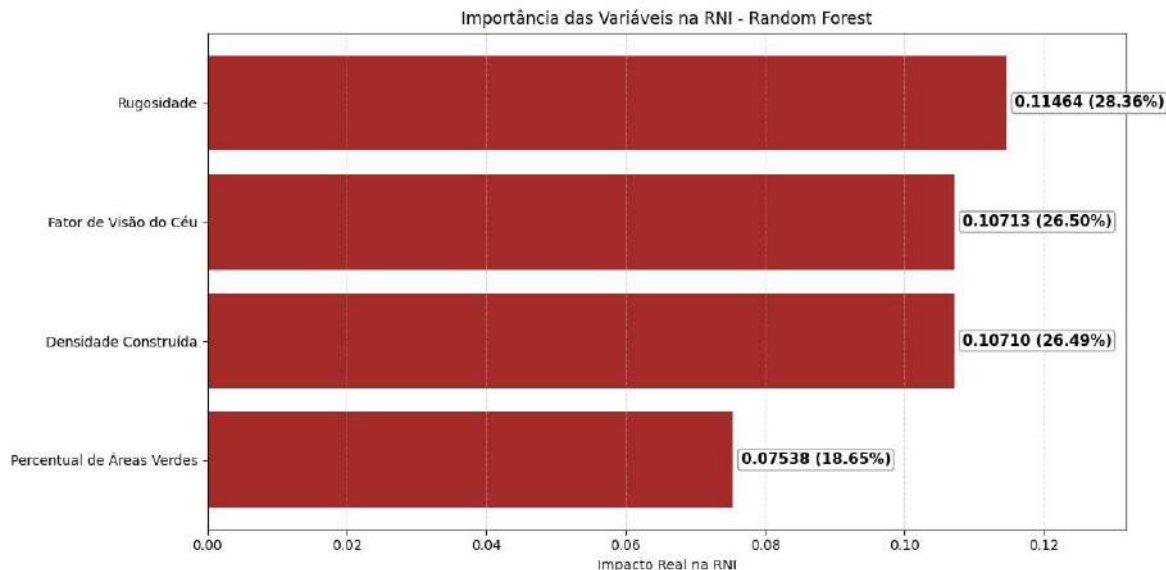
Figura 29 - Importância das Variáveis preditoras do modelo via SHAP para Top



De acordo com Fan *et al.*, 2025, a morfologia urbana pode explicar 51,2% da variação da temperatura do ar. Pesquisas mostraram que a taxa de cobertura de edifícios, a taxa de área construída, a altura dos edifícios e a taxa de volume dos edifícios contribuíram para um aumento na temperatura dos ambientes enquanto a taxa de cobertura de vegetação e o fator de vista do céu tiveram um efeito de resfriamento. Geralmente, áreas com maior densidade de construções e extensa cobertura impermeável tendem a apresentar temperaturas elevadas, enquanto edifícios mais altos mitigam o calor por meio de ventilação e sombreamento aprimorados (Zhang *et al.*, 2024).

Em relação à radiação não ionizante (figura 30), o modelo apresenta que a rugosidade urbana foi o indicador com maior contribuição (28,36%), indicando que a complexidade volumétrica do entorno construído desempenha papel relevante nos níveis de exposição interna à RNI. Ambientes urbanos mais rugosos tendem a apresentar maior quantidade de superfícies refletoras, múltiplas barreiras físicas e efeitos de difração e espalhamento, o que pode alterar a propagação das ondas e a intensidade final percebida nos ambientes internos.

Figura 30 - Importância das Variáveis predictoras do modelo via SHAP para RNI



Destacam-se o FVC e a densidade construída, ambos com importâncias semelhantes (aproximadamente 26%). O FVC influencia o grau de exposição das edificações

às fontes externas de emissão, especialmente antenas, estruturas elevadas e campos provenientes do entorno urbano. Valores mais altos de abertura do céu podem favorecer maior incidência direta de sinais, enquanto configurações mais fechadas podem atenuar ou redirecionar a propagação. Já a densidade construída parece atuar principalmente como modulador espacial da propagação do sinal. Por fim, o percentual de áreas verdes apresentou a menor contribuição relativa (18,65%) para explicar a variabilidade da RNI. Esse resultado sugere que, diferentemente do comportamento térmico, a vegetação exerce papel menos expressivo na modulação de ondas eletromagnéticas em escala urbana, reforçando que a exposição à RNI está mais associada à configuração geométrica e densidade do ambiente construído do que à presença de elementos naturais.

Desta forma, os resultados sugerem que a variabilidade da RNI nos ATTRs é explicada por fatores estruturais da forma urbana, enquanto elementos ambientais, como vegetação, apresentam influência secundária. Esses achados reforçam a necessidade de considerar a morfologia urbana como componente relevante nos estudos de exposição à radiação não ionizante em contextos densos e complexos.

A literatura enfatiza a coerência destes resultados. Estudos com simulações de microclima usando ENVIMET mostram que a vegetação se correlaciona com a temperatura do ar e com a temperatura radiante média em cenários urbanos variados, particularmente sob baixas velocidades de vento, e as diferenças morfológicas (densidade, layout, altura dos edifícios) expressas também pelo FVC influenciam o conforto térmico de forma mensurável (Lyu *et al.*, 2019).

Outro trabalho recente, realizado em Beijing com classificação de zonas climáticas locais (LCZ), demonstrou que o FVC tem correlações positivas com a temperatura do ar em determinados cenários urbanos, embora a relação não seja linear e dependa da tipologia de zona climática local (Wang *et al.*, 2023). Estas não linearidades reforçam que os efeitos médios (como os estimados nos modelos desta tese) são plausíveis e esperados, dado que múltiplos fatores morfológicos (densidade, altura, abertura de ruas) interagem para modular a visibilidade do céu e o balanço radiativo.

Um estudo de simulação de ambiente interno via ENVI MET demonstrou que aumentos no FVC (de 0,05 para 0,45) podem diminuir a temperatura interna em vários graus dependendo do horário do dia, mas esse efeito tem variabilidade mensal e sazonal

significativa (Wang *et al.*, 2023). Esse tipo de resultado corrobora a interpretação de que o FVC em um ambiente residencial elevado influencia o conforto, mas que não necessariamente provoca grandes saltos térmicos, especialmente porque outros mecanismos (ventilação, radiação difusa, obstruções localizadas) também desempenham papéis críticos.

No Brasil há estudos que demonstram a relação entre FVC e variáveis térmicas intraurbanas. Em Pelotas (RS), foi observado que locais com menor obstrução do céu (FVC mais alto) tendem a apresentar temperaturas mais baixas, reforçando a ideia de que o FVC atua como regulador microclimático (Collinschonn e Ferreira, 2015). Além disso, conforme Carvalho e Silva (2023), na própria cidade de João Pessoa, investigações anteriores já relacionaram a verticalização urbana, a obstrução da abóbada celeste e a variabilidade térmica em espaços abertos, o que dá suporte contextual local à relevância do FVC na dinâmica microclimática.

A densidade construída pode também impactar nas temperaturas e no conforto térmico (Yang e Chen, 2016; Perini e Magliocco, 2014). Kalnay e Cai (2003) mostraram que a rápida urbanização e a alta densidade urbana causaram um aumento médio de 0,27 °C na temperatura do ar ao longo da última década nos Estados Unidos). Contribuições paralelas da climatologia urbana destacaram como a morfologia urbana (captada por indicadores como rugosidade, verticalidade e fator de visão do céu) molda os microclimas locais, alterando a troca de radiação, os padrões de ventilação e o sombreamento (Emmanuel, 2005; Grimmond, 2007).

Em relação a RNI, a exposição em ambientes internos é influenciada não apenas por fontes internas (como roteadores Wi-Fi, dispositivos eletrônicos, antenas internas dentre outros) mas também pelas condições externas que modulam a propagação e a atenuação das ondas eletromagnéticas que chegam às edificações (Frank, 2021). De acordo com Andersen *et al.* (2018) a densidade construída e a rugosidade urbana podem modificar o campo eletromagnético externo por meio de bloqueio, reflexão múltipla e difração, mecanismos amplamente descritos em estudos de propagação em ambientes urbanos complexos.

Assim, a relação entre exposição à RNI interna e morfologia urbana mostra que não deve se limitar a fontes tecnológicas, mas incluir também a forma e organização do ambiente urbano. Essa abordagem integrada é essencial, principalmente em cidades que apresentem regiões de ilhas de calor, onde a combinação entre cânions urbanos, altura dos edifícios e

FVC reduzido pode criar padrões complexos de propagação, com implicações na saúde ambiental e no planejamento urbano.

5.6. Desempenho dos Modelos *Random Forest* em diferentes configurações morfológicas urbanas

Devido ao bom desempenho dos modelos preditivos globais e da evidência de que os indicadores morfológicos urbanos exercem influência tanto sobre a temperatura operativa quanto sobre a RNI, avançou-se para uma etapa complementar. Reconhecendo que a forma urbana não se organiza de maneira homogênea no espaço e que diferentes configurações morfológicas podem resultar em respostas ambientais distintas, procedeu-se à segmentação dos ambientes estudados por meio de análise de clusters.

Os modelos *Random Forest* foram aplicados separadamente em cada grupo, permitindo avaliar se o desempenho preditivo e a importância relativa das variáveis morfológicas se mantêm estáveis ou se variam conforme os diferentes contextos urbanos identificados. Os resultados foram integrados de modo a evidenciar como diferentes configurações urbanas contribuem para explicar a variabilidade, de forma não linear e contextual, o desempenho térmico e a exposição a RNI nos ambientes analisados.

De acordo com a tabela 12, percebe-se que a análise multivariada de variância (MANOVA) indicou diferenças importantes entre os clusters formados a partir dos indicadores morfológicos analisados, conforme evidenciado pelos testes de Wilks, Pillai, Hotelling-Lawley e Roy ($p < 0,001$). As análises univariadas (ANOVA) confirmaram que todas as variáveis apresentaram diferenças significativas entre os grupos evidenciando a existência de tipologias urbanas distintas, associadas a diferentes configurações morfológicas.

Tabela 12 – Medidas descritivas, MANOVA e ANOVA de um fator para métricas urbanas por clusters

Grupos (clusters)		Variáveis			
		Densidade construída	Fator de visão do céu	Rugosidade	Percentual de áreas verdes
Medidas descritivas	Cluster 1	$\bar{x} = 0,96$ (s = 0,49)	$\bar{x} = 0,74$ (s = 0,13)	$\bar{x} = 2,87$ (s = 1,46)	$\bar{x} = 5,74$ (s = 2,06)
	Cluster 2	$\bar{x} = 0,68$ (s = 0,31)	$\bar{x} = 0,77$ (s = 0,09)	$\bar{x} = 2,03$ (s = 0,93)	$\bar{x} = 15,21$ (s = 3,16)
	Cluster 3	$\bar{x} = 0,41$ (s = 0,14)	$\bar{x} = 0,85$ (s = 0,07)	$\bar{x} = 1,13$ (s = 0,19)	$\bar{x} = 27,18$ (s = 4,42)
MANOVA	Lambda de Wilks	Lambda = 0,12 (p < 0,001)			
	Pillai's Trace	Trace = 0,95 (p = 0,001)			
	Hotteling - Lawleys's Trace	Trace = 7,05 (p < 0,001)			
	Roy's Root	Root = 6,97 (p < 0,001)			
Um fator ANOVA		F = 246,04 (p < 0,001)	F = 108,29 (p < 0,001)	F = 271,74 (p < 0,001)	F = 7905,44 (p < 0,001)

O Cluster 1 concentrou as condições urbanas mais críticas. Os maiores valores médios de densidade construída e rugosidade, combinados com os menores valores médios do fator de visão do céu e percentual de áreas verdes, configuram um ambiente urbano denso, compacto e verticalizado. Esse comportamento é coerente com a literatura, que demonstra que áreas mais densas tendem a acumular calor, reduzir a ventilação natural e apresentar maior interferência de equipamentos elétricos e infraestrutura urbana (Elkhazinda *et al.*, 2022; Liu *et al.*, 2022). A menor abertura do céu, evidenciada pelo FVC reduzido, atua como modulador adicional, limitando a dissipação da radiação de onda longa e intensificando a retenção de calor nos ambientes internos (Wang *et al.*, 2023).

O Cluster 2, por sua vez, apresenta valores intermediários para todas as métricas, representando um cenário morfológico de transição entre os dois extremos. Ele não se

caracteriza nem pela abertura espacial e presença de áreas verdes do Cluster 3 nem pela forte compactação e verticalização do Cluster 1, mas sim por uma configuração mista, com níveis moderados de densidade, rugosidade, FVC e cobertura vegetal. Essa condição reforça que as variáveis morfológicas não operam de maneira linear permitindo que ambientes intermediários exibam combinações específicas de efeitos térmicos e eletromagnéticos (Wang *et al.*, 2024).

Por fim, o Cluster 3 representa o contexto urbano menos denso e mais aberto da amostra. Esse grupo apresenta os menores valores médios de densidade construída e rugosidade, associados ao maior valor médio do fator de visão do céu e maiores percentuais de áreas verdes. Em termos morfológicos, esse resultado indica áreas com edificações mais baixas, espaçadas e com pouca variação de altura, características que, conforme discutido pela literatura, favorecem maior exposição ao céu, maior dissipação térmica e menor obstrução à ventilação natural (Brandão e Barbosa, 2024). Entretanto, os resultados indicam que essas áreas podem apresentar maior incidência direta de radiação solar e, possivelmente maior variabilidade de RNI associada à menor barreira física entre ambientes internos e fontes externas (Alfouly *et al.*, 2025).

Os resultados reforçam que a relação entre morfologia urbana, conforto térmico e exposição a RNI não é linear. Enquanto as variáveis internas (representadas pela Top e RNI) tendem a apresentar certa homogeneidade até o terceiro pavimento os indicadores morfológicos apresentam maior variabilidade e distinguem diferentes cenários urbanos (Emmanuel, 2005). Isso significa que, mesmo quando as condições internas parecem semelhantes, o potencial de risco dos ambientes é moldado por características do entorno.

Além disso, a identificação de níveis elevados (considerando o nível de precaução adotado recorrentemente em estudos epidemiológicos de 0,4 μT) de RNI em todos os ambientes investigados, com picos em residências próximas a transformadores internos, sugere a necessidade de debates mais profundos sobre a infraestrutura elétrica de edifícios, especialmente considerando a expansão do trabalho remoto e a permanência prolongada de ocupantes nesses espaços. A literatura já alerta que exposições crônicas acima de 0,4 μT podem estar associadas a potenciais efeitos biológicos, em especial riscos relacionados à leucemia infantil. Embora não se trate de um limiar causal, o achado de que 100% da amostra

apresentou valores superiores a essa referência indica a relevância de políticas preventivas e de monitoramento contínuo.

Após a definição dos clusters com base nos indicadores de morfologia urbana, foram ajustados modelos de *random forest* separadamente para cada agrupamento. A Tabela 13 apresenta as métricas de desempenho dos modelos de *random forest* ajustados para cada cluster, utilizando validação cruzada com 10 folds. Os resultados indicam que os modelos apresentaram bom desempenho preditivo geral, com variação do ajuste em função dos clusters morfológicos urbanos.

Tabela 13 – Métricas de ajuste pelo método *cross-validation* com 10 *folds*

Variáveis	Métricas	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Temperatura operativa	R ²	0,8287	0,9038	0,7189
	RMSE	0,5221	0,3751	0,6797
	MSE	0,2726	0,1407	0,4620
	MAE	0,4095	0,3015	0,5010
	MAPE	1,3883	1,0448	1,6814
Radiação Não ionizante	R ²	0,9898	0,8697	0,8875
	RMSE	0,0924	0,0374	0,3771
	MSE	0,0085	0,0014	0,1422
	MAE	0,0505	0,0238	0,1083
	MAPE	3,506	1,9381	4,3051

Para a temperatura operativa (Top), os Clusters 1 e 2 apresentaram coeficientes de determinação elevados ($R^2 = 0,8287$ e $R^2 = 0,9038$, respectivamente), indicando forte capacidade explicativa do modelo nesses contextos urbanos e o Cluster 3 apresentou um valor de R^2 ligeiramente inferior (0,7189). Os valores de RMSE variou entre 0,3751 °C (Cluster 2) e 0,6797 °C (Cluster 3), permanecendo baixo quando comparado à amplitude térmica observada nos registros experimentais, que ultrapassa 29 °C. Os valores de MSE permaneceram baixos em todos os cenários, variando entre 0,1407 no Cluster 2 e 0,4620 no Cluster 3, o que indica baixa dispersão dos erros quadráticos e estabilidade do ajuste.

De forma complementar, os valores de MAE, que representam o erro médio absoluto e são menos sensíveis a valores extremos, variaram entre 0,3015 °C e 0,5010 °C, evidenciando que, em média, os desvios entre valores observados e estimados se mantiveram inferiores a 0,6 °C, mesmo nos contextos urbanos mais heterogêneos. E por último, o MAPE apresentou valores reduzidos, situando-se entre 1,0448% (Cluster 2) e 1,6814% (Cluster 3), indicando elevada precisão relativa dos modelos e confirmando sua adequação para aplicações em análises ambientais urbanas.

Em relação a radiação não ionizante média (RNI), o desempenho dos modelos também foi aceitável. O Cluster 1 apresentou ajuste excelente ($R^2 = 0,9898$), enquanto os Clusters 2 e 3 mantiveram valores elevados de explicação ($R^2 = 0,8697$ e $R^2 = 0,8875$, respectivamente). O erro quadrático médio permaneceu reduzido, com RMSE variando entre 0,0374 μT (Cluster 2) e 0,3771 μT (Cluster 3). Os valores de MSE variaram de 0,0014 no Cluster 2 a 0,1422 no Cluster 3, enquanto os valores de MAE oscilaram entre 0,0238 μT e 0,1083 μT , refletindo erros médios absolutos bastante reduzidos em relação à magnitude da variável. O MAPE da RNI, embora ligeiramente mais elevado no Cluster 3 (4,3051%), manteve-se em níveis considerados aceitáveis.

Dessa forma, a partir dos resultados de desempenho apresentados na tabela 13, procedeu-se à análise da importância relativa das métricas morfológicas para cada grupo (tabela 14), permitindo identificar como os indicadores morfológicos se associam à temperatura operativa e os níveis de radiação não ionizante nos ambientes de trabalho remoto residenciais.

Tabela 14 – Grau de importância das métricas de morfologia urbana por grupo

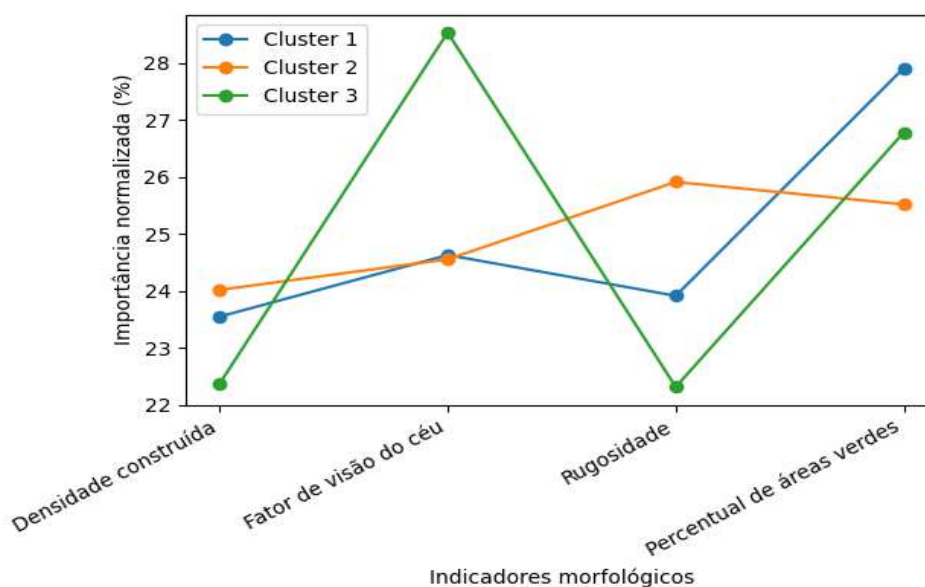
Variável resposta	Preditores	Grau de importância (%)		
		Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Temperatura Operativa	Densidade construída	23,55	24,02	22,37
	Fator de visão do céu	24,63	24,55	28,54
	rugosidade	23,91	25,91	22,31
	Percentual de áreas verdes	27,91	25,52	26,78

Radiação não ionizante	Densidade construída	22,33	24,34	24,67
	Fator de visão do céu	24,17	25,10	25,53
	rugosidade	24,24	27,43	25,03
	Percentual de áreas verdes	29,26	23,13	24,77

Os resultados mostram, conforme tabela 13, que nenhum indicador atua de forma isolada, sendo observada uma composição distinta de influências conforme o contexto urbano representado pelos agrupamentos. Para a temperatura operativa (figura 31), observa-se que o fator de visão do céu e a percentagem de áreas verdes apresentaram os maiores valores de importância relativa tanto no cluster 1 (FVC= 24,63% e percentual de áreas verdes= 27,91%) reforçando o papel combinado da vegetação, da densidade e da geometria urbana na modulação da temperatura operativa em ambientes densos, como no cluster 3 (FVC= 28,54 e percentual de áreas verdes= 26,78%), caracterizando ambientes mais abertos, nos quais a exposição ao céu e a vegetação são os principais moduladores térmicos.

No Cluster 2, a distribuição homogênea das importâncias sugere que a temperatura operativa resulta da interação conjunta entre densidade construída, rugosidade, fator de visão do céu e áreas verdes, sem predominância de um único indicador, o que contribui para maior previsibilidade térmica nesse contexto urbano intermediário.

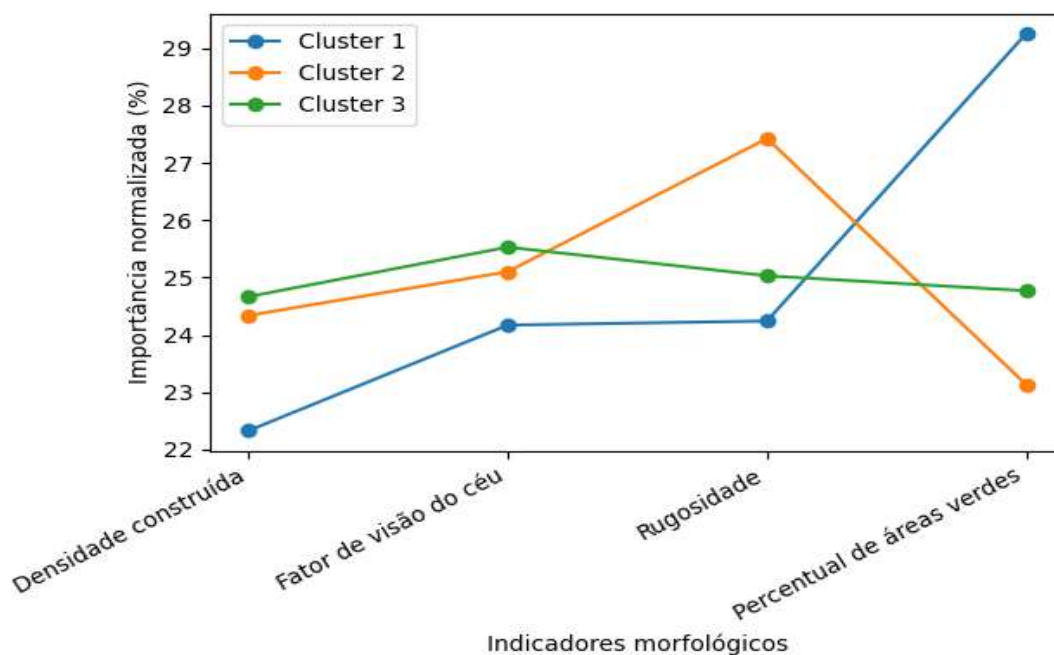
Figura 31 – Grau de importância das métricas da morfologia urbana na Top



No caso da radiação não ionizante, a distribuição das importâncias foi novamente distinta entre clusters (figura 32), indicando variações no modo como o entorno urbano modula os campos internos de RNI. No Cluster 1, a maior importância associada ao percentual de áreas verdes e à rugosidade (29,26% e 24,24% respectivamente) sugere que, em ambientes densos, a vegetação e a complexidade geométrica urbana atuam como elementos moduladores da propagação e atenuação da RNI.

No Cluster 2, a análise da importância evidencia uma distribuição relativamente equilibrada da influência das variáveis na predição da radiação não ionizante. Observa-se um leve predomínio da rugosidade, que apresenta o maior peso relativo (27,43%), seguida pelo fator de visão do céu (25,10%) e pela densidade construída (24,34%), enquanto o percentual de áreas verdes apresenta contribuição ligeiramente inferior (23,13%). No Cluster 3, a importância dos indicadores apresentou distribuição mais homogênea, com valores próximos entre si, o que indica um ambiente morfologicamente menos contrastado, onde a NIR é modulada por múltiplos fatores simultaneamente.

Figura 32 – Grau de importância (por cluster) das métricas da morfologia urbana na RNI



A comparação global dos modelos de aprendizado de máquina apresentados na seção 5.5 e a análise por clusters morfológicos demonstram que a relação entre morfologia

urbana, temperatura operativa e radiação não ionizante é robusta e dependente do contexto espacial. Os resultados da etapa comparativa indicaram que o modelo *Random Forest* apresentou desempenho mais alto para ambas as variáveis resposta, evidenciando a capacidade de capturar relações não lineares entre densidade construída, fator de visão do céu, rugosidade urbana e cobertura vegetal. No entanto, a análise por clusters revelou que essa capacidade preditiva não se manifesta de forma uniforme no espaço urbano, sendo representada pelas diferentes tipologias morfológicas identificadas.

5.7. Avaliação das Hipóteses e Integração dos Resultados

A análise dos ATRRs investigados indicam que a relação entre a morfologia urbana, as condições térmicas e os níveis de radiação não ionizante (RNI) não é homogênea, mas varia conforme as características específicas de cada ambiente de trabalho. Essa heterogeneidade é revelada quando se recuperam os dados da tabela 5, 6 e 7 referentes aos ambientes analisados, evidenciando diferenças que reforçam ou relativizam as hipóteses formuladas no capítulo 1, subitem 1.5.

Para hipótese H1 (que retrata a configuração morfológica e microclima interno), os resultados demonstram que o adensamento urbano e a redução do FVC atuam como determinantes do desconforto térmico, confirmando a hipótese proposta. ATRRs localizados em áreas de alta verticalização (como os ATRRs: 12, 14, 15 e 16) mantiveram temperaturas operativas (Top) médias acima de 29°C, evidenciando que a morfologia compacta limita a dissipação térmica e a ventilação. Em contrapartida, áreas com maior abertura espacial e presença de vegetação (como os ATRRs 23, 26 e 27) registraram condições mais amenas, validando a relação direta entre forma urbana e balanço térmico interno. Os resultados dos modelos preditivos baseados em AM (*CatBoost*, *MLP* e *Random Forest*) reforçam essa relação, uma vez que o FVC apareceu entre as variáveis morfológicas de maior relevância na explicação do comportamento térmico dos ATRRs, em conjunto com o percentual de áreas verdes. A análise de importância das variáveis e os padrões identificados pelos modelos indicaram que valores reduzidos de FVC estão associados ao aumento da temperatura operativa e à intensificação do desconforto térmico.

Para a hipótese H2 (que retrata a rugosidade urbana e a variabilidade da RNI), os dados indicam que a complexidade volumétrica do entorno dos ATRRs se articula com a propagação dos campos eletromagnéticos. Ambientes inseridos em áreas urbanas de rugosidade alta (acima de 7 m), como os ATRRs 15 e 16, exibiram não apenas valores médios superiores a $0,4 \mu\text{T}$, mas uma maior instabilidade nos níveis de RNI. Isso sugere que a rugosidade urbana atua como um indicador indireto da densidade da infraestrutura elétrica (transformadores e redes), onde a geometria da cidade impõe barreiras ou canais para a radiação não ionizante. A análise de cluster evidenciou agrupamentos nos quais ambientes localizados em zonas com elevada rugosidade urbana apresentaram valores mais elevados e maior variabilidade de RNI, enquanto áreas mais homogêneas tenderam a registrar níveis inferiores e mais estáveis. Esse comportamento reforça a interpretação de que a rugosidade urbana não atua apenas como característica morfológica, mas como indicador indireto da complexidade da infraestrutura elétrica e do ambiente tecnológico urbano.

Por fim, a hipótese H3 (que retrata impactos convergentes) foi ratificada e constitui o achado central desta tese. A convergência dos resultados demonstra que a morfologia urbana atua como um mediador sinérgico. Os indicadores morfológicos urbanos apresentaram relevância preditiva significativa tanto para a temperatura operativa quanto para a radiação não ionizante. Os modelos *Random Forest* e a análise de clusters evidenciaram que variáveis como a rugosidade e o FVC possuem importância preditiva para ambas as variáveis resposta (Top e RNI). Dessa forma, H3 prova que o risco ambiental no trabalho remoto não deve ser tratado de forma fragmentada. Assim, os resultados indicam que determinadas combinações de variáveis morfológicas não apenas somam seus efeitos, mas interagem de forma sinérgica, intensificando tanto as condições térmicas internas quanto a exposição a RNI. Esse achado reforça que a relação entre morfologia urbana, desempenho térmico e RNI não pode ser descrita por modelos lineares simples. Em vez disso, observa-se que diferentes arranjos de rugosidade, densidade construída e FVC produzem respostas distintas, com intensidades variáveis conforme o contexto urbano local.

6. CONCLUSÕES

Esta tese analisou de forma integrada as condições térmicas e os níveis de radiação não ionizante (RNI) em ambientes de trabalho remoto residencial (ATRRs), sob a influência da morfologia urbana em bairros caracterizados como ilhas de calor no município de João Pessoa - PB. A investigação, fundamentada em medições *in loco* em 50 ATRRs e no desenvolvimento de modelos preditivos de aprendizado de máquina, permitiu compreender como o desenho da cidade molda o ambiente interno de trabalho.

Os resultados revelaram um cenário crítico: todas as variáveis térmicas internas apresentaram valores médios superiores aos limites de conforto internacionais, especialmente em áreas de alta rugosidade, elevada densidade construída e baixo Fator de Visão do Céu (FVC). Paralelamente, os níveis de RNI indicaram médias acima do valor de referência de $0,4 \mu\text{T}$ em todos os ambientes, com picos alarmantes (como o caso do ATRR 18, que registrou $35,93 \mu\text{T}$) evidenciando exposições altas em contextos de permanência prolongada.

A análise comparativa demonstrou que a morfologia urbana atua como o principal regulador dessas condições. Enquanto os ATRRs 15 e 16 confirmaram que a alta rugosidade e a verticalização intensificam a RNI, o caso do ATRR 38 revelou um paradoxo térmico: embora a menor rugosidade e o maior FVC favoreçam a redução da RNI, a ausência de sombreamento pode elevar a temperatura operativa devido ao ganho solar direto. Ademais, o contraste entre os ATRRs 15 e 28, ambos em Tambaú, destacou que a arquitetura interna e as estratégias de sombreamento podem atuar como filtros atenuantes, mediando a relação entre o entorno urbano e o espaço construído.

O rigor metodológico foi assegurado pelos modelos de aprendizado de máquina, com destaque para o *Random Forest*, que alcançou coeficientes de determinação (R^2) de 0,93 para temperatura operativa e 0,90 para RNI. Tais métricas, somadas à análise de clusters, comprovam que os ATRRs não são homogêneos, mas compõem um "mosaico ambiental" onde as variáveis morfológicas possuem alto poder preditivo sobre as condições internas.

O achado central desta tese reside na ratificação da hipótese H3, que evidencia a convergência de impactos. Demonstrou-se que a morfologia urbana atua como determinante

estrutural comum que influencia simultaneamente as condições térmicas internas e a exposição à radiação não ionizante. No entanto, a análise por clusters revelou que o indicador morfológico dominante varia conforme o contexto urbano, evidenciando que esse processo ocorre de forma dependente da configuração morfológica específica. Esse nexos prova que o risco ambiental no trabalho remoto é multidimensional e indissociável, não podendo ser tratado de forma fragmentada por modelos lineares simples.

A principal contribuição desta pesquisa é o estabelecimento de uma ergonomia ambiental e urbana sustentável. Este novo paradigma prova que a qualidade do ambiente doméstico de trabalho é indissociável da geometria e da infraestrutura da cidade. A tese entrega uma base científica inédita para que gestores e planejadores urbanos em cidades tropicais compreendam que o zoneamento e a verticalização não são apenas decisões estéticas ou econômicas, mas determinantes de saúde pública e eficiência ocupacional.

Para investigações futuras, recomenda-se a expansão deste escopo para a análise do consumo energético e o monitoramento longitudinal da saúde dos usuários. Este estudo serve, em última instância, como um alerta técnico e um guia para a revisão de normas de ergonomia e políticas de planejamento, visando a adaptação das cidades à realidade irreversível do trabalho desterritorializado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIOLY, C; DAVIDSON, F. **Densidade Urbana**. Mauad Editora, Rio de Janeiro, 998. 58 pp Rio de Janeiro; 1998. Artigo Disponível em: https://claudioacioly.com/sites/default/files/2020-02/42%201998_Urban%20Density_Draft%20Text%20for%20the%20Book%20by%20Ma%20uad%20Editora_PORT.pdf Acesso em: 16/12/2023.

ADOLPHE, L. A simplified model of urban morphology: application to an analysis of the environmental performance of cities. **Environment and Planning B: Planning and Design** 2001, volume 28, pages 183 ^ 200

ADOLPHE, L. et al. **SAGACités Vers un Système d'Aide à la Gestion des Ambiances urbaines**. MENRT. Toulouse. 2002.

AFSHARI, A. Optimization of urban design/retrofit scenarios using a computationally light standalone urban energy/climate model (SUECM) forced by ERA5 data. *Energy Build.* 287, 112991. 2023

AFRIANTY, T. W.; ARTATANAYA, I. G.; BURGESS, J. Working from home effectiveness during Covid-19: Evidence from university staff in Indonesia. **Asia Pacific Management Review**, 2021.

AKKOSE, G.; AKGUL, C.M.; DINO, I.G. Educational building retrofit under climate change and urban heat island effect. **Journal of Building Engineering**, v. 40, p. 102294, 2021.

ALFANO, F.R.A.; ISOLA, M.; PALELLA, B.I. On the measurement of the mean radiant temperature and its influence on the indoor thermal environment assessment. **Building and Environment**. 63: 79-88, 2013.

ALFOULY, M., HALILOVIC, S., HAMACHER, T. (2025). Evaluating urban form influence on solar exposure and corresponding building energy demands. *Energy and Buildings* Vol (338), 1 July 2025, 115708. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.115708>

ALMEKHLAFI, M.A.A.; WIDAA, L. O.; WESABI, F. N.; ALAMGEER, M.; HILAL, A.M.; HAMZA, M. A.; ZAMANI, A. S.; RIZWANULLAH, K. Indoor Electromagnetic Radiation Intensity Relationship to Total Energy of Household Appliances. **Computers, Materials & Continua**. vol.70, no.3, 2022. DOI:10.32604/cmc.2022.019823

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS, INC. Standard 55: **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta, 2017

AMERIO, A. et al. COVID-19 lockdown: housing built environment's effects on mental health, *Int. J. Environ. Res. Public Heal. Artic.* 17 (2020) 5973, <https://doi.org/10.3390/ijerph17165973>.

ANDERSEN, J. B.; RAPPAPORT, T. S.; YOSHIDA, S. *Propagation Measurements and Models for Wireless Communications Channels*. IEEE Press., 2018.

ANDRADE, Henrique. O Clima Urbano – Natureza, Escalas de Análises e Aplicabilidade. Finisterra – **Revista Portuguesa de Geografia**, Lisboa, v. XL, n. 80,p. 67-91, 2005. Disponível em: <http://www.ceg.ul.pt/finisterra/numeros/2005-80/80_05.pdf>.

ANDREASI, W.A. **Método para avaliação de Conforto Térmico em região de clima quente e úmido do Brasil**. Tese apresentada no Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

ANGELUCCI, M., ANGRISANI, M., BENNETT, D.M., KAPTEYN, A., Schaner, S.G., 2020. NBER Working Paper No. 27749 SSRN **Electronic Journal**.

ANTCZAK, J.; HORZELA, I. Home office as new approach to smart city idea in pandemic time. **Procedia Computer Science** 192 (2023) 3832–3847

ANTONELLI, B.A. **Verificação da adequabilidade do modelo normalizado de conforto térmico utilizando a taxa metabólica determinada pelas sensações térmicas reais de usuários de ambientes industriais**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2012.

ANTONIADIS, D.; KATSOULAS, N.; PAPANASTASIOU, D.K. Thermal environment of urban schoolyards: current and future design with respect to children's thermal comfort. **Atmosphere**, v. 11, n. 11, p. 1144, 2020.

ARBOES, L.G.V. Análise do plano diretor local visando auxiliar na decisão de parâmetros urbanísticos mais adequados em relação à ventilação natural – estudo de caso: Setor Park Sul- Guará -DF.Dissertação submetida ao Programa de Pós- Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. 2017

ARNFIELD, John. Review: two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. **International Journal of Climatology**, n. 23, p. 1-26, 2003.

ASIMAKOPOULOS, D. N. **Climate and climate changes**. In: Santamouris (Org.), M. Energy and climate in the urban built environmentedited, Londres, James x James, 2001

AURÉLIEN, G. Hands-on machine learning with scikit-learn and tensorflow: concepts, tools, and techniques to build intelligent systems. [S.l.]: O'Reilly, 2019.

BARRERO, J.M., BLOOM, N., DAVIS, S.J., 2021. NBER Working Paper, No. 28731 SSRN **Electronic Journal**.

BARBIRATO, G. M.; SOUZA, L. C. L de; TORRES, S. C.. **Clima e cidade**. A abordagem climática como subsídio para estudos urbanos. EDUFAL, Maceió, 2007.

BARBOSA, G.S.; DRACH, P.R.C.; CORBELLA, O.D. Intraurban Temperature Variations: Urban Morphologies of the Densification Process of Copacabana Neighborhood, Brazil. **Climate**, 2019.

BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F. Áreas Verdes Urbanas: Um Estudo de Revisão e Proposta Conceitual. REVSBAU, Piracicaba, SP, v. 6, n. 3, p. 172-188, 2011

BARTNECK, C.; LU" TGE, C.; WAGNER, A.; WELSH, S. An introduction to ethics in robotics and AI. [S.l.]: Springer Nature, 2021.

BENNETTS, Helen et al. Thermal personalities of older people in South Australia: a personas-based approach to develop thermal comfort guidelines. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 22, p. 8402, 2020

BENZERZOUR, M. **Transformations urbaines et variations du microclimat : application au centre ancien de Nantes et proposition d'un indicateur "morpho-climatique"**. Ecole polytechnique de l'Université de Nantes. Nantes. 2004.

BERTONI, M., CAVAPOZZI, D., PASINI, G., PAVESE, C. Remote working and mental health during the first wave of COVID-19 pandemic. **IZA Discuss**. Pap. 14773., 2021

BERGER, C.; ROSENTERETER, J.; VOLTERSEN, M.; BAUMGART, C.; SCHMULLIUS, C.; HESE, S. (2017). Spatio-temporal analysis of the relationship between 2D/3D urban site characteristics and land surface temperature. *Remote Sensing of Environment*, 193, 225–243. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.02.020>

BHATT, C. R.; ABRAMSON, M.J.; BENKE, G. “Wi-Fi radiation exposures to children in kindergartens and schools—Results should lessen parental concerns,” Austral. New Zealand J. **Public Health**, vol. 41, no. 6, pp. 647–648, Jul. 2017.

BHATTACHARJEE, P.K. Fundamental to Electromagnetic Waves. **International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD)** Volume 7 Issue 1, 2023.

BLANKENSTEIN, S.; KUTTLER, W. Mobile Measurements of Downward Longwave Radiation in Urban Street Canyons. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE, 5., 2003, Łódź. Proceedings... Łódź: Faculty of Geographical Sciences Department of Metereology and Climatology, University of Łódź, 2003

BONHOMME, M.; MASSON, V.; ADOLPHE, L. The block generator: A tool for classification and evolution of urban typologies to assess environmental performances at the

city scale. **PLEA - Passive and Low Energy Architecture**. Lima, Peru: [s.n.]. 2012. p. 1-6.

BORBA, M. F. Análise da generalização de algoritmos de machine learning e suas aplicações na otimização de decisões em saúde. Tese apresentada a Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutora em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Epidemiologia. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2023.

BOURBIA, F.; BOUCHERIBA, F. Impact of street design on urban microclimate for semi arid climate (Constantine), **Renew. Energy** 35 (2) (2010) 343–347.

BRANDÃO, L. K. de V.; & BARBOSA, R. V. R. Efeitos da rugosidade superficial na variabilidade da ventilação natural em cânions urbanos, em clima tropical de savana. *Revista Nacional De Gerenciamento De Cidades*, 12(86). (2024) <https://doi.org/10.17271/23188472128620245307>

BREIMAN, L. Random Forests. *Machine Learning* 45, 5–32 (2001). <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>

BRIDI, M.A.; BOHLER, F.R.; ZANONI, A.P. **Relatório técnico da pesquisa: o trabalho remoto/ home office no contexto da pandemia covid-19**. Curitiba, Universidade Federal do Paraná. Grupo de Estudos Trabalho e Sociedade, 2020.

BRITO, P.V.C. ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS ILHAS DE CALOR URBANAS DE SUPERFÍCIE NA CIDADE DE CUIABÁ-MT. Tese apresentada junto ao Programa de Pós- Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutora em Física Ambiental, 2018.

BRODIC, D. Measurement of the extremely low frequency magnetic field in the laptop neighborhood. **Revista Facultad de Ingenieria**, Universidad de Antioquia, n 76, p. 39-45, 2015.

BRODAY, E.E. **Proposta de metodologia de predição de sensação térmica dos usuários em ambientes internos**. Tese apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa, 2015.

BUHAVYI, Y.; LOVYNSKA, V.; SAMARSKA, A. A GIS assessment of the green space percentage in a big industrial city (Dnipro, Ukraine). *Ekológia (Bratislava)*, v. 42, n. 1, p. 89-100, 2023.

Bueno, B., Norford, L., Pigeon, G., & Britter, R. (2012). A resistance-capacitance network model for the analysis of the interactions between the energy performance of buildings and the urban climate. **Building and Environment**, 54, 116–125. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.01.023>

CAO, T. et al. Thermal comfort and sleep quality under temperature, relative humidity and illuminance in sleep environment. **Journal of Building Engineering**, v. 43, p. 102575, 2021.

CALVENTE, I.; FERNANDEZ, M. F.; VILLALBA, J.; OLEA, N.; NUÑEZ, M.I. Exposure to electromagnetic fields (non –ionizing radiation) and its relationship with childhood leucemia: A systematic review. **Science of the total Environment**, v. 408, n. 16, p. 3062 – 3069, 2010.

CÂMARA, P. R.S. Effect of exposure to non- ionizing radiation (electromagnetic fields) on the human system: a literature review. *Jornal of Interdisciplinary Histopathology*, v.2, n.4, p. 187- 190, 2014

CÂNDIDO, Christhina; BITTENCOURT, Leonardo. **Introdução à ventilação natural**. Maceió: EDUFAL, 2005.

CAPEL, H. **La morfologia de las ciudades: sociedad, cultura y paisaje urbano**. Barcelona: Ediciones Del Serbal, 2002, v. I.

CARVALHO, M. M.; FLEURY, A.; LOPES, A. P. An overview of the literature on technology roadmapping (TRM): Contributions and trends. **Technological Forecasting and Social Change**, 80(7), 1418–1437, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.11.008>

CARVALHO, T. M. N. MACHINE LEARNING FOR WATER RESOURCES MANAGEMENT. Thesis submitted to the Graduate Program in Civil Engineering: Water Resources of the Center of Technology of the Federal University of Ceará, as a partial requirement for obtaining the title of Doctor in Civil Engineering. Concentration Area: Water Resources. Fortaleza, 2023.

CARVALHO, G. B. M.; SILVA, L. B. The microclimate implications of urban form applying computer simulation: systematic literature review. **ENVIRONMENT, DEVELOPMENT AND SUSTAINABILITY** , v. 1, p. 1, 2023.

CASWELL, H.; ALIDOUST, S.; CORCORAN, J. Planning for livable compact vertical cities: A quantitative systematic review of the impact of urban geometry on thermal and visual comfort in high-rise precincts. **Sustainable Cities and Society** 119 (2025).

CHAN, I. Y.S.; LIU, A. M. M. Effects of neighborhood building density, height, greenspace, and cleanliness on indoor environment and health of building occupants. Volume 145, November 2018, Pages 213-222.

CHAN, I. Y.S.; LIU, A. M. M. Effects of neighborhood building density, height, greenspace, and cleanliness on indoor environment and health of building occupants. **Building and Environment**. Volume 145, November 2018, Pages 213-222

CHAPMAN, Lee. **Towards a tree-view factor. Why do urban climatologists dislike trees?** IAUC Newsletter, v. 25, p. 4-6, 2007.

CHAVARRIAS, M.M.; LAMBE, S. G.; PEREZ, S.G.; GRACIA, L.M.;PEREZ, J.S. Heating Energy Consumption and Environmental Implications Due to the Change in Daily Habits in Residential Buildings Derived from COVID-19 Crisis: The Case of Barcelona, Spain. **Sustainability**, 2021,13, 918. <https://doi.org/10.3390/su13020918>

CHEN, L.;NG, E.; AN, X.; REN, C.; LEE, M.; WANG, Z. Sky view factor analysis of street canyons and its implications for daytime intra-urban air temperature differentials in high-rise, high-density urban areas of Hong Kong: a GIS-based simulation approach, Int. **Journal of. Climatology**. 32 (1) (2012) 121–136

CHEN, S., WONG, N. H., ZHANG, W., IGNATIUS, M. The impact of urban morphology on the spatiotemporal dimension of estate-level air temperature: A case study in the tropics. **Building and Environmen**, 2023.

CHESHMEHZANGI, A. Housing and health evaluation related to general comfort and indoor thermal comfort satisfaction during the Covid-19 lockdown. **Journal of Human Behavior in the Social Environment**, v. 31, n. 1-4, p. 184-209, 2021.

CHIARAMELLO, E.; BONATO, M.; FIOCCHI, S.; TOGNOLA, G.; PARAZZINI, M.; RAVAZZANI, P.; WIART, J. Radio Frequency Electromagnetic Fields Exposure Assessment in Indoor Environments: A Review. nt. J. Environ. Res. **Public Health**, V. 16; doi:10.3390/ijerph16060955, 2019.

CHOI, Y.; LEE, S.; MOON, H. Urban physical environments and the duration of high air temperature: Focusing on solar radiation trapping effects. **Sustainability**, v. 10, n. 12, p. 4837, 2018.

CLEARY, M. et al. The environmental temperature of the residential care home: Role in thermal comfort and mental health? **Contemporary nurse**, v. 55, n. 1, p. 38-46, 2019.

CLEGG, F.M.; SEARS, M.; FRIESEN, M.; SCARATO, T.; METZINGER, R.; RUSSELL, C.; STADNER, A.; MILLER, A. B. Building science and radiofrequency radiation: What makes smart andhealthy buildings, 176 (2020) 106324.

COLLISCHONN, E.; FERREIRA, C.V.O. O fator de visão do céu e sua influência sobre as características térmico-higrométricas intraurbanas em Pelotas/RS, Brasil. *Geographia Meridionalis*. v. 01, n. 01, Rio Grande do Sul, 2015.

COMIRAN, S. **Conforto e desempenho térmico em hospitais: Estudo de caso na área de internação do Hospital Unversitário de Santa Maria-RS**. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 2014.

COSTA FILHO, A. C. **Análise da influência da rugosidade e da porosidade sobre a ventilação natural em Fortaleza**, Ceará. In: XXI Encontro de Iniciação Científica da UNIFOR (EIC), 2015, Fortaleza. Anais do XXI EIC 2014.

COUTINHO, A. S. **Proteção contra o calor**. In: U. A. de O. Mattos; F. S. Másculo (Eds.); Higiene e segurança do trabalho. p.209–231, 2011. Rio de Janeiro: Elsevier.

COUTINHO, A.S. **Conforto e insalubridade térmica em ambientes de trabalho**. Editora Universitária, João Pessoa, 2005. ISBN:85.237.126-5.

D'Angelo SP, Shoushtari AN, Agaram NP, Kuk D, Qin LX, Carvajal RD, Dickson MA, Gounder M, Keohan ML, Schwartz GK, Tap WD. Prevalence of tumor-infiltrating lymphocytes and PD-L1 expression in the soft tissue sarcoma microenvironment. **Hum Pathol**. 2015.

Da Silva VPR, Santos JS, de Lima ERV, de Holanda RM, Sousa EP, de Araújo LE (2018) Future scenarios of thermal bioclimatic conditions in a humid tropical city under urban development. **Ambiente Água** 13(5):e2092

DEAR, R., KIM, J., PARKINSON, T. Residential adaptive comfort in a humid subtropical climate- Sydney Australia, **Energy and Buildings** 158 (2018) 1296–1305.

DE MIRANDA, S. A. et al. Análise de proposta alternativa na obtenção do fator de visão de céu por método fotográfico. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 23, 2018.

DEILAMI, K., KAMRUZZAMAN, M., & LIU, Y. (2018). Urban heat island effect: A systematic review of spatio-temporal factors, data, methods, and mitigation measures. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 67, 30–42. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.12.009>

DELGADO FILHO, A. J. F. Análise de métodos de regressão para previsão de demanda de curto prazo. Dissertação (Mestrado) — UFPE, 2020.

DEV ROY, S.; KUFFER, M.; WANG, J. Exploring the influence of building morphology on surface temperatures: A multi-city analysis in Europe. *Building and Environment* 282 (2025) 113274

DEWA, D.D.; BUCHORI, I.; RUDIARTO, I., SEJATI, A.W., 2023. Modifying the contact perimeter approach for measuring urban compactness gradients in the Joglosemar urban region, Indonesia. *J. Geovisual. Spat. Anal.* 7 (1), 4.

DIAS, R.B.B. **Avaliação dos níveis de radiação não-ionizante de residências verticais em áreas das regiões brasileiras**. Dissertação de Mestrado, 2018.

DIETTERICH, T.G. Ensemble Methods in Machine Learning. In: Multiple Classifier Systems. MCS 2000. Lecture Notes in Computer Science, vol 1857. Springer, Berlin, Heidelberg. (2000) https://doi.org/10.1007/3-540-45014-9_1

DINGEL, J. I.; NEIMAN, B. How Many Jobs Can be Done at Home? **Journal of Public Economics**, v. 189, n. June, 2020.

DONG, Q.; LI, S.; HANG, C. Numerical and experimental study of the effect of solar radiation on thermal comfort in a radiant heating system. **Journal of Building Engineering** 32 (2020) 101497

DONATEO, A.; PALUSCI, O.; PAPPACCOGLI, G.; ESPOSITO, A.; MARTILLI, A.; SANTIAGO, J.L.; BUCCOLIERE, R. Analysis of urban heat island and human thermal comfort in a Mediterranean city: A case study of Lecce (Italy) **Sustainable Cities and Society** 98 (2023)

DOROGUSH, A. V.; ERSHOV, V.; GULIN, A. Catboost: gradient boosting with categorical features support. arXiv preprint arXiv:1810.11363, 2018.

DU, S.; LI, Y.; WANG, C.; TIAN, Z.; LU, Y.; ZHU, S.; SHI, X. A Cross-Scale Analysis of the Correlation between Daytime Air Temperature and Heterogeneous Urban Spaces. **Sustainability**. 2020,12, 7663; doi:10.3390/su1218766

DUARTE, M.L.F. (2010) Comportamento microclimático urbano: estudo de caso de um recorte urbano em João Pessoa-PB. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, p 2010

DUHAINI, I. The effects of electromagnetic fields on human health. **Physica Medica** Volume 32, Supplement 3, September 2016.

ELKABANY, S.N. Study the Effect of Electromagnetic Radiation towards Sustainable Healthy Buildings. **Journal of Engineering Sciences and Information Technology (JESIT)** • Vol 7, Issue 1 (2023) • P: 79 – 69

ELKHAZINDAR, A., KHARRUFA, S. N., & ARAR, M. S. The effect of urban form on the heat island phenomenon and human thermal comfort: A comparative study of UAE residential sites. **Energies**, v. 15, n. 15, p. 5471, 2022.

ELWOOD, Mark. **Epidemiological studies of low –intensity ELF fields and diseases in humans**. In: **WOOD, Andrew W.; KARIPIDIS, Ken**. Non-ionizing – Radiation protection. USA: Wiley, cap 20, p. 313 -321, 2017.

EMMANUEL, R. (2005). *An Urban Approach to Climate-Sensitive Design: Strategies for the Tropics*. Taylor & Francis

ETHERIDGE, B., WANG, Y.; TANG,L.; LI, T. 2020. "Worker productivity during lockdown and working from home: evidence from self-reports," ISER **Working Paper Series** 2020-12, Institute for Social and Economic Research.

EVANS, A. M., MEYERS, M. C., DE CALSEYDE, P. P. F. M. V., & STAVROVA O. Extroversion and Conscientiousness Predict Deteriorating Job Outcomes During the COVID-19 Transition to Enforced Remote Work. *Social Psychological and Personality Science*, 13(3), 2022, 781-791. <https://doi.org/10.1177/19485506211039092>

EWING, R.; PENDALL, R.; CHEN, D. **Measuring Sprawl and Its Impact. Sprawl and Health**, 2002.

FABI, Valentina; ANDERSEN, Rune Vinther; CORGNATI, Stefano; OLESEN, Bjarne W. Occupants' window opening behaviour: A literature review of factors influencing occupant behaviour and models. **Building and Environment**, v.58, p.188-198, 2012

FAN, J.; CHEN, X.; XIE, S.; DU, K. Mediating effect of air pollutants on urban morphology and air temperature. *Atmospheric Pollution Research* 16, 2025

FERNANDES, F.T. Machine Learning em saúde e segurança do trabalhador: perspectivas, desafios e aplicações. Tese apresentada ao programa de pós-graduação em Saúde Pública da Universidade de São Paulo. 2021

FERNÁNDEZ-AHUMADA, L. M., RAMÍREZ-FAZ, J., LÓPEZ-LUQUE, R., MÁRQUEZ-GARCÍA, A., & VARO-MARTÍNEZ, M. A Methodology for Buildings Access to Solar Radiation in Sustainable Cities. **Sustainability**, 11(23), 2019. 6596. <https://doi.org/10.3390/su11236596>

FERREIRA, C.C.M. Modelo para análise das variáveis de cobertura da terra e a identificação de microclimas em centros urbanos. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 14, 2014.

FISSHA, Y.; RAGAM, P.; IKEDA, H.; ADACHI, T.; PAUL, P.S.; KAWAMURA, Y. Data-driven machine learning approaches for simultaneous prediction of peak particle velocity and frequency induced by rock blasting in mining. **Rock Mechanics Bulletin** 4 (2025) 100166. <https://doi.org/10.1016/j.rockmb.2024.100166>

FORBES. B. R. **“Is Working Remote A Blessing Or Burden? Weighing The Pros And Cons”** 2020 disponível em: <https://www.forbes.com/sites/bryanrobinson/2020/06/19/is-working-remote-a-blessing-or-burden-weighing-the-pros-andcons/?sh=b7236da40a9a> (acessado em julho de 2023)

FRANK, J.W. Electromagnetic fields, 5G and health: what about the precautionary principle? **Epidemiol Community Health** 2021; 75:562–566. doi:10.1136/jech-2019-213595

FREITAS, Ruskin. **Entre mitos e limites: as possibilidades do adensamento construtivo, face à qualidade de vida no ambiente urbano**. Recife: Editora Universitária UFPE, 2008.

FUKUSHIMA, N. et al. Associations of working from home with occupational physical activity and sedentary behavior under the Covid-19 pandemic. **Journal of occupational health**, v. 63, n. 1, p. e12212, 2021.

GALSTER, G. . H. R. . R. M. R. **Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept**. **Housing Policy Debate**. [S.l.], p. 681–717. 2001.

GATTO, N.M., 2021. Environmental Carcinogens and Cancer Risk. **Cancers (Basel)**. 13, 1–2.620<https://doi.org/10.3390/CANCERS13040622>

GAVRILAS, L; KOTSIS, K. T. Research for self-reported health problems after excessive talking time on mobile phones among university students. **Eurasian Journal of Science and Environmental Education** 2023, 3(1), 7-15

GENUER, R.; POGGI, J.-M.; TULEAU-MALOT, C. Variable selection using random forests. **Pattern Recognition Letters**, Holanda, v. 31, n. 14, p. 2225–2236, out. 2010.

GEORGIAKIS, C.; SANTAMOURIS, M. Wind and Temperature in the Urban Environment. In.: *Natural Ventilation in the Urban Environment: assessment and design*. Ghiaus e Allard (eds.). Earthscan, London, 2005.

GERON, A. Hands-on machine learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow. [S.l.]: "O'Reilly Media, Inc.", 2022.

GIANNAROS, T. M., & MELAS, D. (2012). Study of the urban heat island in a coastal Mediterranean city: The case study of Thessaloniki, Greece. **Atmosphere Research**, 118, 103–120. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.06.006>

GIUDICE, P.; GENIER, J.C.; MARTIN, S.; DORRÉ, J.F.; DUCIMETIERE, P.; EVRARD,S.; LETERTRE, T.; SÉGALA,C. Radiofrequency exposure of people living near mobile-phone base stations in France. **Environmental Research** 194 (2021) 110500

GIOMETTO, M.G., CHRISTEN, A., MENEVEAU, C., FANG, J., KRAFCZYK, M., PARLANGE, M.B. Spatial characteristics of roughness sublayer mean flow and turbulence over a realistic urban surface. **Boundary-Layer Meteorol** 160 (3), 425–452, 2016.

GOBO, J. P. A. **Regionalização climática do Rio Grande do Sul com base no zoneamento do conforto térmico humano**. Dissertação apresentada ao programa de Pós- Graduação em Geografia física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, 2013.

GÓES, G.S.; MARTINS, F.S.; ALVES, V. O. **Os condicionantes do teletrabalho potencial no Brasil**. Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.-

Brasília : Rio de Janeiro : Ipea. ISSN 1415-4765. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/td2830>. 2023.

GOTTSLIEB, C. et al. Working from home in developing countries. **European Economic Review**, v. 133, p. 103679, 2021.

GUO,H.; FERRARA,M.; COLEMAN,J.; LOYOLA, M.; MEGGERS,F. Simulation and measurement of air temperatures and mean radianttemperatures in a radiantly heated indoor space. **Energy** 193 (2020) 116369

GRELLIER, J.; RAVAZZANI, P.; CARDIS, E. Potential health impacts of residential exposures to extremely low frequency magnetic fields in Europe. **Environment International**, v. 62, p. 55-63, 2014.

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

GRIMMOND, C. S. B. "Urbanization and Global Environmental Change: Local Effects of Urban Warming." *Geographical Journal*, 173(1), 83–88, 2007.

HADDAD, S. et al. Quantifying the energy impact of heat mitigation technologies at the urban scale. *Nature Cities* | Volume 1 | January 2024 | 62–72

HAGSTRÖM, M.; AURANEN, J.; EKMAN, R. Electromagnetic hypersensitive finns: symptoms, perceived sources and treatments, a questionnaire study. **Pathophysiology**, v. 20, n.2, p. 117-122, 2013.

HALGAMUGE, M.N.; MCLEAN,L. Measurement and analysis of power-frequency magneticfields in residences: Results from a pilot study. **Measurement** 125 (2018) 415–424

HALLMAN, D. M. et al. Working from home during the Covid-19 outbreak in Sweden: effects on 24-h time-use in office workers. **BMC Public Health**, v. 21, n. 1, p. 1–10, 2021.

HAMEED, Amina, AMJAD, Shehla. Impact of Office Design on Em-ployees' Productivity: A Case Study of Banking Organizations of Abbottabad, Pakistan. **Journal Of: Public Affairs, Administration and Management**, v.3, p.01-13, jan. 2009.

HAMMERLE, M.; GAL, T.; UNGER, J; MATZARAKIS, A.Comparison of models calculating the sky view factor used for urban climate investigations, **Theor. Appl. Climatol.**105 (3–4) (2011) 521–527.

HAN, D.; AN, H.; WANG, F.; XU, X.; QIAO, Z.; WANG, M.; SUI, X.; LIANG, S.; HOU, X., CAI, H.; & LIU, Y. (2022). Understanding seasonal contributions of urban morphology to thermal environment based on boosted regression tree approach. *Building and Environment*, 226(October), Article 109770. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109770>

HANNA, H.AF. Towards domestic space design in the post-COVID-19 era: A review of relevant literature. **Alexandria Engineering Journal** (2023) 73, 487–503

HARDELL, L.; CARLBERG, M.; HEDENDAHL, L.K. Radiofrequency radiation from nearby base stations gives high levels in an apartment in Stockholm, Sweden: A case report. **ONCOLOGY LETTERS** 15: 7871-7883, 2018

HAREUVENY, R. et al. Exposure to 50Hz magnetic fields in apartment buildings with indoor transformer stations in Israel. **Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology**, v. 21, n.4, p. 365–371, 2011.

HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R.; FRIEDMAN, J. H. **The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction**. 2. ed. New York: Springer, 2009.

HAVAS, M. Radiation from wireless technology affects the blood, the heart, and the autonomic nervous system. **Reviews on Environmental Health**, v. 28, n.2-3, p. 75-84. 2013.

HAVENITH, G. (2019). Thermal comfort and climate change. **Building Research & Information**, 47(4), 351–356

HE, D.; MIAO, J.; LU, Y.; SONG, Y.; CHEN, L., & LIU, Y. (2022). Urban greenery mitigates the negative effect of urban density on older adults' life satisfaction: Evidence from Shanghai, China. *Cities (London, England)*, 124(January). <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103607>

HE, X.; JIANG, W.; CHEN, Y.; LIU, G. (2007). Numerical simulation of the impacts of anthropogenic heat on the structure of the urban boundary layer. *Chinese Journal of Geophysics*, 50, 74–82.

HE, B.; DING, L.; PRASAD, D. Relationships among local-scale urban morphology, urban ventilation, urban heat island and outdoor thermal comfort under sea breeze influence. **Sustainable Cities and Society**, V. 60, p. 1- 20, 2021

HE, X.; MIAO, S. ; SHEN, J.; LI, B. Zhang; ZHANG, X. Influence of sky view factor on outdoor thermal environment and physiological equivalent temperature, **Int. J. Biometeorol.** 59 (3) (2015) 285–297.

HEAVISIDE, C.; MACINTYRE, H.; VARDOULAKIS, S. The urban heat island: implications for health in a changing environment. **Current environmental health reports**, v. 4, n. 3, p. 296-305, 2017.

HOLGERSEN, H.; JIA, Z.; SVENKERUD, S. Who and how many can work from home? Evidence from task descriptions. **Journal for Labour Market Research**, v. 55, n. 1, 2021.

HOU, H.; LONGYANG, Q.; SU, H.; ZENG, R.; XU, T. WANG, Z. Prioritizing environmental determinants of urban heat islands: A machine learning study for major cities in China. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation** 122 (2023)

HOPPE, I. S.; WOLLMANN, C. A.; BUSS, A. S.; GOBO, J.P.A.; SHOOSHTARIAN, S. Local Climate Zones, Sky View Factor and Magnitude of Daytime/Nighttime Urban Heat Islands in Balneário Camboriú, SC, Brazil. **Climate** 2022, 10, 197. <https://doi.org/10.3390/cli10120197>

HOSHAM, A.F.; KUBOTA, T. Effects of Building Microclimate on the Thermal Environment of Traditional Japanese Houses during Hot-Humid Summer. **Buildings** 2019, 9, 22; doi:10.3390/buildings9010022.

HOSSEINI, M.R.; GODINI, H.; FOULADI-FARD, R.; GHANAMI, Z.; GHAFOORY, N.; BALALI, M.; FARIDAN, M. Comparing classic regression with credit scorecard model for predicting sick building syndrome risk: A machine learning perspective in environmental assessment. **Building and Environment** 253 (2024) 111351.

HU, D.; MENG, Q.; SCHLINK, U.; HERTEL, D.; LIU, W.; ZHAO, M.; & GUO, F. (2022). How do urban morphological blocks shape spatial patterns of land surface temperature over different seasons? A multifactorial driving analysis of Beijing, China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 106, Article 102648. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102648>

HUAN, C.; ZHANG, S.; LIN, Z. Performance evaluation of mean radiant temperature calculated from inner surface temperatures of envelope with various emissivities. **Building and Environment** 206 (2021) 10833

HUANG, H. et al. Influence of the mega-urban heat Island on spatial transfer of summer thermal comfort: Evidence from Tianjin, China. **Tehnički vjesnik**, v. 26, n. 1, p. 183-192, 2019.

HUANG, Chih-Hong; TSAI, Hsin-Hua; CHEN, Hung-Chen. Influence of weather factors on thermal comfort in subtropical urban environments. **Sustainability**, v. 12, n. 5, p. 2001, 2020.

HUSS, A. et al. Does apartment's distance to an in-built transformer room predict magnetic field exposure levels?. **Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology**, v. 23, n. 5, p. 554-558, 2013.

HYNDMAN, R. J.; ATHANASOPOULOS, G. **Forecasting: principles and practice**. [S.l.]: OTexts, 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Sinopse do Censo Demográfico (2010) Available at: [https:// www. ibge. gov.br/ censo 2010/](https://www.ibge.gov.br/censo2010/)

IBGE. PNAD – **Um registro histórico da pesquisa nacional por amostra de domicílios 1967 – 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

IBGE. PNAD – O trabalho remoto e a pandemia: o que a PNAD Covid-19 nos mostrou. n. 50. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

ICNIRP, 2020. **International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection**. Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz). *Health Phys.* 118, 483–524, doi:10.1097/HP.0000000000001210.

ILONEN, K. et al. Indoor Transformer Stations as Predictors of Residential ELF Magnetic Field Exposure. **Bioelectromagnetics**, v. 29, n.3, p. 213-218, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (INCA). Radiações não ionizantes (2019). Disponível em: <<https://www.inca.gov.br/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/radiacoes/radiacoes-nao-ionizantes>>. Acesso em: 28 dez. 2022.

ISHII, K.; YAMAMOTO, I.; NAKAYAMA, M. Potential benefits and determinants of remote work during the COVID-19 pandemic: Evidence from Japanese Household Panel Data. **Journal of The Japanese and International Economies** 70 (2023) 101285

ISHII, K.; NAKAYAMA, M.; YAMAMOTO, I. The factors of implementation of remote work under the state of emergency in the initial stage of the coronavirus pandemic and its impact on income and anxiety. *Month. J. Jpn. Insti. Lab.* 731, 81–98 (2021)

ISO 7726: **Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities**. Genebra, 2002.

ISO 7730:2005 (2005). **Ergonomics of the thermal environment: analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort**. Standard International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 9241: 2012. **Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)** Part 12: Presentation of information. Standard International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

JAISWAL, A., & PRABHAKARAN, N. (2024). Impact of employee well-being on performance in the context of crisis-induced remote work: Role of boundary control and professional isolation. *Employee Relations*, 46(1), 115–132. <https://doi.org/10.1108/ER-08-2022-0384>

JALILIAN, H.; EEFTENS, M.; ZIAEI, M.; ROOSLI, M., 2019. **Public exposure to radiofrequency electromagnetic fields in everyday microenvironments: An updated systematic review for europe**. *Environ. Res.* 176, 108517. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2019.05.048>.

JAMEI, E., RAJAGOPALAN, P., SEYEDMAHMOUDIAN, M., & JAMEI, Y. Review on the impact of urban geometry and pedestrian level greening on outdoor thermal comfort. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 54, 1002–1017, 2016.

JAMES, G. , WITTEN, D.; HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R. **An introduction to Statistical learning with Applications in R**. 2013. Springer

JANIESCH, C.; ZSCHECH, P.; HEINRICH, K. Machine learning and deeplearning. *Electronic Markets*, v. 31, n. 3, p. 685–695, 9 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00475-2>

Jansen, S., & Louw, L. (2024). The influence of building age and urban density on indoor thermal comfort in residential areas. *Building and Environment*, 181, 107157. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107157>

JIANG,S.; LEE,X.; WANG, J.; WANG, K. Amplified urban heat islandsduring heat wave periods. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**,124, 7797–7812. 2019

KALNAY, E.; CAI, M. Impact of urbanization and land-use change on climate. **Nature**, v. 423, n. 6939, p. 528-531, 2003.

KANDEL, S. et al. Magnetic field Measurements near Stand- Alone Transformer Stations. **Radiation Protection Dosimetry**, v. 157, n.4, p. 619-622, 2013.

Kaplan S, Deniz OG, Önger ME, Türkmen AP, Yurt KK, Aydın I, et al. Electromagnetic field and brain development. *J Chem Neuroanat*. 2016;75(Pt B):52-61. doi: 10.1016/j.jchemneu.2015.11.005.

KAUARK, F.S.; MANHÃES, F.C.; MEDEIROS, C.H. Metodologia de Pesquisa: Um guia prático. Itabuna : Via Litterarum, 2010.

Kawaguchi, D., Motegi, H., 2021. Who can work from home? The roles of job tasks and HRM practices. *J. Jpn. Int. Econ.* 62, 101162

KAWAKUBO, S.; ARATA, S.; SUGANUMA, C.; TAKUWA,Y. Effects of residential floor-level thermal environment on task performance via psychophysiological responses using multilevel structural equation modeling. **Building and Environment** 283 (2025) 113416

KHEIFETS, L, et al. Epidemiologic study of residential proximity to transmission lines and childhood câncer in California: description of design, epidemiologic methods and study population. **Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology**, v. 25, n.1, p. 45-52, 2015.

KENNY, C. Dysphonia and Vocal Tract Discomfort While Working From Home During Covid-19. **Journal of Voice**, 2020.

Kesari, K.K., et al. (2013) Cell Phone Radiation Exposure on Brain and Associated Biological Systems. **Indian Journal of Experimental Biology**, 51, 187-200.

KETTERER, C.; MATZARAKIS, A. Human-biometeorological assessment of the urban heat island in a city with complex topography—The case of Stuttgart, Germany. *Urban Climate*, v. 10, p. 573-584, 2014.

KIN,J.; LEE,D.; BROWN,R.D.; KIM,S.; KIM, J. The effect of extremely low sky view factor on land surface temperatures in urban residential áreas. **Sustainable Cities and Society** 80 (2022) 103799

KIZILOGLU, İ., BOZOK, Y.Y., TUMKAYA, L., AKAKIN, D., AKCORA, D.ş., 2023. Effects of electromagnetic field (1.8/0.9 GHz) exposure on spleen in rats. **Med. Rec.** 5(Supplement (1)), 177–181.

KONDO J,YAMAZAWA H. Aerodynamic roughness over an inhomogeneous ground surface" **Boundary-Layer Meteo** 34 333 -335, 1986.

KROPF, K. (2011). Urbanism, politics and language: the role of urban morphology. **Urban Morphology**, 15(2), 157- 161

KROPF, K. (2018). **The handbook of urban morphology**. John Wiley & Sons.

KOTHARKAR, R.; DONGARSANE, P.; KESKAR, R. Determining influence of urban morphology on air temperature and heat index with hourly emphasis. **Building and Environment** 233 (2023)

LAMBERTS, R. **Conforto e Stress Térmico**. Apostila do curso de Engenharia Civil- Universidade Federal de Santa Catarina. Laboratório de Eficiência Energética. Atualizado por: Prof. Antonio Augusto Xavier Prof. Solange Goulart Renata De Vecchi, 2014.

LAN, L.; LIAN, Z. Use of neurobehavioral tests to evaluate the effects of indoor environment quality on productivity, **Building and Environment**. 44 (11) (2009) 2208–2217, <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2009.02.001>.

Lanza, M., & Sassi, P. (2022). Indoor thermal comfort in residential buildings: The role of building age and urban density. *Energy Reports*, 8, 1101–1110. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.02.019>

LARRIVA, M.T.B.; HIGUERAS, E. Health risk for older adults in Madrid, by outdoor thermal and acoustic comfort. **Urban Climate**, v. 34, 2020

LAU, S.S.Y. **Physical environment of tall residential buildings: The case of Hong Kong. In High-Rise Living in Asian Cities**; Yuen, B., Yeh, A.G.O., Eds.; Springer: New York, NY, USA. pp. 25–48. 2011

LEE, N. T. Detecting racial bias in algorithms and machine learning. *Journal of Information, Communication and Ethics in Society*, Emerald Publishing Limited, v. 16, n. 3, p. 252–260, 2018.

LI, H., LIN, L., LI, L., ZHOU, L., ZHANG, Y., HAO, S., DING, Z. Exosomal small RNA sequencing uncovers the microRNA dose markers for power frequency electromagnetic field exposure. *Biomarkers* 23, 315–327, 2018. <https://doi.org/10.1080/1354750X.2018.1423707>

LI, Y., SCHUBERT, S., KROPP, J.P., RYBSKI, D. On the influence of density and morphology on the Urban Heat Island intensity. *Nat Commun.* 11 (1), 2647, 2020.

LI, H., Liu, Y., Zhang, H., Xue, B., & Li, W. (2021). Urban morphology in China: Dataset development and spatial pattern characterization. *Sustainable Cities and Society*, 71, Article 102981.

LI, Y.; OUYANG, W.; YING, S.; TAN, Z.; REN, C. Microclimate and its influencing factors in residential public spaces during heatwaves: An empirical study in Hong Kong. *Building and Environment* (2023), doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.11022>

LI, K.; Zeng, H. Multidisciplinary parameters for characterizing the 3D urban morphology: An overview based on the relational perspective. *Sustainable Cities and Society* 106 (2024) 105364

LIAW, A.; WIENER, M. et al. Classification and regression by randomforest. *R news*, v. 2, n. 3, p. 18–22, 2002

LIU, K.; SU, H.; LI, X.; WANG, W.; YANG, L.; LIANG, H. "Quantifying Spatial–Temporal Pattern of Urban Heat Island in Beijing: An Improved Assessment Using Land Surface Temperature (LST) Time Series Observations From LANDSAT, MODIS, and Chinese New Satellite GaoFen-1," in *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 9, no. 5, pp. 2028–2042, May 2016, doi: 10.1109/JSTARS.2015.2513598.

LIU, Y., LUO, Z., & GRIMMOND, S. Revising the definition of anthropogenic heat flux from buildings. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 22, 4721, 2022. <https://doi.org/10.5194/acp-22-4721-2022>

LIU, G.; CHEN, H.; YUAN, Y.; SONG, C. Indoor thermal environment and human health: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 191, 2024. 114164

LIU, S.; ZHANG, J.; WU, X.; CHEN, W.; ZHANG, J. Potential thermal constraints for sustainable industrial city: Refined simulation and prediction of extreme urban heat island effect. *Sustainable Cities and Society*, 105, Article 105342. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105342>

LIAO, W. et al. The effect of spatial heterogeneity in urban morphology on surface urban heat islands. **Energy & Buildings**, v.244, p. 1- 17, 2021.

LIN, S. et al. Are classroom thermal conditions, lighting, and acoustics related to teacher health symptoms? **Indoor air**, v. 30, n. 3, p. 544-552, 2020.

LOPEZ, I.; FELIX, N.; RIVERA, M.; ALONSO, A.; MAESTÚ, C., 2021. **What is the radiation before 5g? a correlation study between measurements in situ and in real time and epidemiological indicators in vallecas.** **Madr. Environ. Res.** 194, 110734.<http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2021.110734>.

LUNDBERG, S.; LEE, S.; AZIZI, G.; GRANADE, C.; BÄHLER, K. A Unified Approach to Interpreting Model Predictions. *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*, 2017

LUO, H.X., WANG L.; FANG J.; LI Y.; LI H.; DAI S. NDVI, temperature and precipitation variables and their relationships in Hainan Island from 2001 to 2014 based on MODIS NDVI. In: BIAN, F., XIE, Y. (Eds.), *Geo-informatics in Resource Management and Sustainable Ecosystem. Communications in Computer and Information Science.* Springer-Verlag, Berlin, pp. 336–344, 2016.

LYU, T.; BUCCOLIERI, R.; GAO, Z. A numerical study on the correlation between sky view factor and summer microclimate of local climate zones. **Atmosphere**, 10, 438, 2019.

MA, X. et al. Performance of different urban design parameters in improving outdoor thermal comfort and health in a pedestrianized zone. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 7, p. 2258, 2020.

MADURAI ELAVARASAN, R.; SHAFIULLAH, G.M.; RAJU, K., MUDGAL, V., ARIF, M.T.; JAMAL, T.; et al. COVID-19: Impact analysis and recommendations for power sector operation. **Appl Energy** 2020; 279:115739

MANNAN, M.; WELDU, Y.W.; GHAMD, S.G. **Health impact of energy use in buildings: Radiation propagation assessment in indoor environment.** 6th International Conference on Energy and Environment Research, ICEER 2019, 22–25 July, University of Aveiro Portugal. *Energy Reports* 6 (2020) 915–920

MANU, S.; BURGHOLZ, F.; NABILOU, F.; REWITZ, K.; EL- MOKADEM, M.; YADAV, M.; CHINAZZO, G.; FORGIARINI, R.; AZAR, E.; SYNDICUS, M.; SCHWEIKER, M.; CROSBY, S.; KONG, M.; VAKALIS, D.; RYSANEK, A.; MULLER, D.; FELS, J.; VAN TREECK, C.; FRISCH, J.; CHRISTOFOROU, R. A state-of-the-art, systematic review of indoor environmental quality studies in work-from-home settings, **Build. Env.** 259 (2024) 111652, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111652>.

MASCARÓ, Lucia. **Ambiência Urbana.** 1 ed. Porto Alegre: Sagra – DC Luzzatto, 1996.

MARZBAN, S.; CANDIDO, C.; AVAZPOUR, B.; MACKEY, M.; ZHANG, F.; ENGELN, L.; TJONDRONEGORO, D. The potential of high-performance workplaces for boosting worker productivity, health, and creativity: A comparison between WELL and non-WELL certified environments. **Building and Environment** 243 (2023) 110708

MARTINS, T.A.L.; BONHOMME, M.; ADOLPHE, L. Evaluation of the impact of urban morphology on the estimated energy demand of buildings: a case study in Maceió, Brazil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 4, p. 213-233, out./dez. 2013. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

MARTINS, T.A.; ADOLPHE, L.; BASTOS, L.E. From solar constraints to urban design opportunities: Optimization of built form typologies in a Brazilian tropical city. **Energy Build.** 2014, 76, 43–56.

MARTINS, T.A.L. **De condicionantes solares à oportunidades de desenho urbano-Otimização de tipo-morfologias urbanas em contexto de clima tropical**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Rio Books, Proarq – FAU -UFRJ. 2020

MÁSCULO, F.S. **Ergonomia, higiene e segurança do trabalho**. In: BATALHA, M. Introdução à engenharia de produção. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2008.

MATZARAKIS A.; RUTZ F.; MAYER H. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model. *International Journal of Climatology*, p.131-139, 2010.

MCCOLL, N. et al. European Code against Cancer 4th Edition: Ionising and non-ionising radiation and cancer. **Cancer Epidemiology**, v. 39, n.1, p. 93–100. 2015.

MEDEIROS, E. G. S. **Estudo termoambiental em viaturas utilizadas nos serviços de radiopatrulhamento no Estado da Paraíba**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, 2014.

MEDEIROS, M.O.; SILVA, L.B.; PATRIOTA, E.G.; J., J.F.O.; COELHO, V.H.R. Interactions between urbanization, heat islands, and thermal comfort in João Pessoa, Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, 2025. <https://doi.org/10.1007/s11356-025-37148-y>

MEENU, L.; AISWARYA, S.; UNNIKRISHNA MENON, K. A. Experimental investigation to analyze the electromagnetic radiation exposure from wireless communication devices. **Journal of Hazardous Materials Advances** 17 (2025) 100548

MIAO, C.; YU, S.; HU, Y.; ZHANG, H.; HE, X. Review of methods used to estimate the sky view factor in urban street canyons. **Building and Environment** 168 (2020) 106497

MINELLA, F.C.O. **Avaliação da influência de aspectos da geometria urbana sobre os níveis de conforto térmico em ruas de pedestres de Curitiba.** Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2009

MISHRA, Asit Kumar; RAMGOPAL, Maddali. Field studies on human thermal comfort—an overview. **Building and Environment**, v.64, p.94-106, 2013.

MOHER, D, Shamseer L, Clarke M, Ghersi D, Liberati A, Petticrew M, et al. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Syst Rev*. 2015;4:1.

MOIN, Uddim M.; TSUTSUMI, Jun-ichiro. Rapid Estimation of Sky View Factor and Its Application to Human Environment. **Journal of the Human-Environment System**, v.7, n.2, p.83-87, 2004.

MOKARRAM, M., TARIPANAH, F., MIN, T., 2024. Assessing air pollution changes during the COVID-19 and its impact on the urban environment using remote sensing and neural networks. *Adv. Space Res.* 73, 1760–1779

MOLNAR, C. *Interpretable Machine Learning: A Guide for Making Black-Box Models Explainable*. 2nd ed. 2020.

MOON, S.; KIM, S.S.; CHOI, B. Comparative feasibility study of physiological signals from wristband-type wearable sensors to assess occupants' thermal comfort **Energy & Buildings** 308 (2024) 114032.

MONTI, P.; SOLAZZO, G.; BOLLATI, V. Effect of environmental exposures on cancer risk: emerging role of non-coding rna shuttled by extracellular vesicles. **Environment International** (2023), doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108255>

Morganti, M., Salvati, A., Coch, H., & Cecere, C. (2017). Urban morphology indicators for solar energy analysis. **Energy Procedia**, 134, 807–814

MORIKAWA, M. 2020. "Productivity of Working from Home during the COVID-19 Pandemic: Evidence from an Employee Survey," Discussion papers 20073, **Research Institute of Economy, Trade and Industry (RIETI)**.

MORIOKA, S. N., & DE CARVALHO, M. M. (2016). A systematic literature review towards a conceptual framework for integrating sustainability performance into business. *Journal of Cleaner Production*, 136, 134–146. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.104>

MOURA, V. R.; DE MELO, G. S. V.; SANTOS, W. S. Ruído e configuração espacial urbana: um estudo de caso na cidade de Belém do Pará. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, v. 7, n. 4, p. 237-251, 2016.

MUTANI, G.; TODESCHI, V. The effects of green roofs on outdoor thermal comfort, urban heat island mitigation and energy savings. **Atmosphere**, v. 11, n. 2, p. 123, 2020.

NSW. 2022. Climate change impacts on urban heat [Online]. Disponível: <https://www.climatechange.environment.nsw.gov.au/urban-heat>

NAKAMURA, Y.; OKE, T.R. Wind temperature and stability conditions in an east–west oriented urban canyon. **Atmospheric Environment**, 22 (1988), pp. 2691-2700

NAKATA, S., et al. "Exposure to Electromagnetic Fields in Residential Environments: Health and Ergonomic Perspectives." *Environmental Research*, 197, 111123, 2021.

NINCE, P. C. C. **Vegetação e revestimentos urbanos: Implicações na sensação térmica dos usuários do campus da UFMT em Cuiabá- MT**. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, 2013.

NGUYEN, C.T.; NGUYEN,H.; SAKTI, A.D. Seasonal characteristics of outdoor thermal comfort and residential electricity consumption: A Snapshot in Bangkok Metropolitan Area. **Remote Sensing Applications: Society and Environment** 33 (2024) 101106

NUCCI, João Carlos. **Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP)**. Edição do autor, 2008.

OAKMAN, J. et al. A rapid review of mental and physical health effects of working at home: how do we optimise health? **BMC Public Health**, v. 20, n. 1, 2020.

OCDE, 2021. **Teleworking in the COVID-19 Pandemic: Trends and Prospects**. Briefing Paper, Organisation for Economic Co-Operation and Development.

T.R. Oke, Canyon geometry and the nocturnal urban heat-island - comparison of scale model and field observations, *J. Climatol.* 1 (3) (1981) 237–254

OKE, T.R. The energetic basis of the urban heat island.Q. J. R. Meteorol. Soc.1982,108, 1–24

Oke, T. R., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. A. (2017). **Urban climates**. Cambridge University Press.

OKE, T. R. *Boundary Layer Climates*. 1. ed. Londres: Routledge, 1987.

OKE, Tim R. **Boundary Layer Climates**. Londres: Metheun, 1978.

OKE, Tim R. Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. IOM Report, TD. in press, World Meteorological Organization, Geneva, 2006.

OLIVEIRA, P. M. P. **Medição de atributos bioclimatizantes da forma urbana – rugosidade e porosidade – como instrumento de avaliação da ventilação, visando conforto térmico, conservação de energia e qualidade do ar no ambiente climático urbano.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. São Paulo, ANTAC/POLI/USP, 1993, volume 2, pp 1001 a 1013.

OLIVEIRA,V. Diferentes abordagens em morfologia urbana. Contributos luso-brasileiros. Este livro está disponível em: vitoroliveira.fe.up.pt uf books Vítor Oliveira – Urban Forms. 2018.ISBN 978-989-20-8164-9

OLIVEIRA, Daniela Ribeiro de. **Do fim do trabalho ao trabalho sem fim: o trabalho e a vida dos trabalhadores digitais em Home Office.** Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sociologia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). São Carlos, 2017

ORLANSKI, Isidoro. **Rational subdivision of scales for atmospheric process.** Bulletin of the American Meteorological Society., v. 56, p. 527-530, 1975.

OTHMAN, H.A.S.; ALSHBOUL, A.A. The role of urban morphology on outdoor thermal comfort: The case of Al-Sharq City–Az Zarqa. **Urban Climate**, v. 34, p. 100706, 2020.

OUALI, K. et al. The Urban Heat Island phenomenon modelling and analysis as an adaptation of Maghreb cities to climate change. In: **MATEC Web of Conferences**. 2021.

OUYANG, L.; YANG, Y.; WU, Z.; JIANG, Q.; QIAO, R. (2024). Towards inclusive urbanism: An examination of urban environment strategies for enhancing social equity in Chengdu’s housing zones. *Sustainable Cities and Society*, 107.

PÁDUA BRAGA, A. de.; LEON FERREIRA, A.C.P. de; LUDERMI, T.B. **Redes neurais artificiais: teorias e aplicações.** LTC Editora, 2007.

PAGE, M.J.; MCKENZIE, J.E.; BOSSUYT, P.M.; BOUTRON, I.; HOFFMANN, T.C.; MULROW, C.D.; SHAMSEER,L.; TETZLAFF, J.M.; AKL, E.A.; BRENNAN, S.E.; CHOU, R.; GLANVILLE, J.; GRIMSHW, J.M.; HRÓBJARTSSON, A.; LALU, M.M; LI,T.; LODER, E.W.; MAYO-WILSON, E.; MCDONALD, S.;P,Moher D (2021) **The**

PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ 372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

PARKER, D. C.; EVANS, T. P.; MERETSKY, V. M. easuring emergent properties of agent-based landuse/ landcover models using spatial metrics. Seventh annual conference of the international society for computational economics. [S.l.]: [s.n.]. 2001.

PATRIOTA, Eduardo Gonçalves et al. Heat the road again! Twenty years of surface urban heat island intensity (SUHII) evolution and forcings in 21 tropical metropolitan regions in Brazil from remote sensing analyses. **Sustainable Cities and Society**, v. 113, p. 105629, 2024.

PAVLIK, M.; KRUZELAK, L.; MIKITA, M.; SPES, M.; BUCKO, S.; LISON, L.; KOSTEREC, M.; BENA, L.; LIPTAL, P. The impact of electromagnetic radiation on the degradation of magnetic ferrofluids. **ARCHIVES OF ELECTRICAL ENGINEERING** VOL. 66(2), pp. 361-369 (2017)

PENG, S.; PIAO, S.; CIAIS, P.; FRIEDLINGSTEINS, P.; OTTLE, C.; NAN, H.; ZHOU, L.; MYNENI, R.B. Surface urban heat island across 419 global big cities, *Environ. Sci. Technol.* 46 (2) (2012) 696–703, <https://doi.org/10.1021/es2030438>.

PERERA, N. G. R.; EMMANUEL, R. A “Local Climate Zone” based approach to urban planning in Colombo, Sri Lanka. **Urban Climate**, v. 23, p. 188-203, 2018.

PEREIRA, P.F.C.; BRODAY, E.E.; XAVIER, A.A.P. Thermal Comfort Applied in Hospital Environments: A Literature Review. **Applied Sciences**, v. 10, n. 20, p. 7030, 2020.

PERINI, K.; MAGLIOCCO, A. Effects of vegetation, urban density, building height, and atmospheric conditions on local temperatures and thermal comfort. *Urban For.* **Urban Green**. 2014, 13, 495–506.

POURLIS, A.F. Reproductive and developmental effects of EMF in vertebrate animal models. *Pathophysiology* 16 (2009) 179–189

PROKHORENKOVA, L.; GUSEV, G.; VOROBEOV, A.; DOROGUSH, A.V.; GULIN, A. CatBoost: unbiased boosting with categorical features. In *Proceedings of the 32nd International Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS'18)*. Curran Associates Inc., Red Hook, NY, USA, 6639–6649, 2018.

QAID, A.; LAMIT, H.B.; OSSEN D.R. ;RASIDI, M.H. Effect of the position of the visible sky in determining the sky view factor on micrometeorological and human thermal comfort conditions in urban street canyons, *Theor. Appl. Climatology*. 131 (3–4) (2018) 1083–1100.

QUAN, S. J.; LI, C. Urban form and building energy use: A systematic review of measures, mechanisms, and methodologies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 139 (2021)

RADHI, H.; SHARPLES, S.; ASSEM, E. Impact of urban heat islands on the thermal comfort and cooling energy demand of artificial islands - A case study of AMWAJ Islands in Bahrain. **Sustainable Cities and Society**, v. 19, p. 310-318, 2015.

RAMIREZ- VAZQUEZ, R.; ESCOBAR, I.; FRANCO, T.; ARRIBAS, E., 2022. **Physical units to report intensity of electromagnetic wave**. *Environ. Res.* 204, 112341. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2021.112341>.

RASCHKA, S. *Python Machine Learning*. Birmingham: Packt Publishing, 2015

RATHEBE, P. C.; MATJUTLA, N.; NDWANDWE, V.; MAFA, T. Extremely low-frequency electromagnetic fields from indoor transformers: a review of occupational and residential exposure assessment studies, *Cogent Engineering*, 11:1, 2399302, 2024. doi: 10.1080/23311916.2024.2399302

RIBEIRO, Rômulo. J. da C.. **Índice Composto de Qualidade de Vida Urbana – Aspectos de Configuração Espacial, Socioeconômicos e Ambientais Urbanos**. Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo – Faculdade de Arquitetura e urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

ROMERO, Marta A. B.. **Urbanismo sustentável para a reabilitação de áreas degradadas. Construindo um sistema de indicadores de sustentabilidade Urbana**. Relatório de Pesquisa. 2008.

RÖÖSLI, M et al. Extremely low frequency magnetic field measurements in buildings with transformer stations in Switzerland. *Science of the total environment*, v. 409, n. 18, p. 3364-3369, 2011.

ROTH, M. (2013). Urban heat islands. In , *Volume Two. Handbook of environmental fluid dynamics*. CRC Press.

ROUSSEAUX, F.; LONG, N.; RENOUARD, A. **Vers une simulation de l'évolution des structures urbaines à partir d'une modélisation multiagents**. *Vertigo*, v. 11, n. 3, 2011.

RUAS, Á. C. **Conforto térmico nos ambientes de trabalho**. Brasília: FUNDACENTRO, 1999.

RUIJIE, P.; SALI, A.; LI, L.; MOHYEDIN, M.Z.; QAHTAN, S. Evaluation of Personal Radiation Exposure From Wireless Signals in Indoor and Outdoor Environments. *IEEE Access*. 2025. Doi 10.1109/ACCESS.2025.3579085

RUTHES, S; SILVA, CHRISTIAN, L. O uso de estudos prospectivos na análise de políticas públicas: uma análise bibliométrica. In: **Congresso Latino-Iberoamericano de Gestão da Tecnologia**, 2015, Porto Alegre. Anais. Altec, 2015. p. 1 – 19

SALAT, S. **Les Villes et les Formes: sur l'urbanisme durable**. Paris: Hermann, 2011.

SAGE, C.; CARPENTER, D. O. **Bio Initiative report: a rationale for a biologically-based public exposure standard for electromagnetic fields (ELF and RFR)**. 2012.

SALES, Gustavo Luna. Diagrama de Ventilação Natural. Ferramenta de Análise do Potencial da Ventilação Natural no Estudo Preliminar de Projeto. Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo – Faculdade de Arquitetura e urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SANTAMOURIS, M.; SYNNEFA, A.; KARLESSI, T. Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions. **Solar Energy**, v. 85, n. 12, p. 3085-3102, 2011.

SANTAMOURIS, M., VASILAKOPOULOU, K. Recent progress on urban heat mitigation technologies. **Science Talks** 5 (2023) 100105. <https://doi.org/10.1016/j.sctalk.2022.100105>.

SCHMITZ, T.; DIAS, M.O. From Face-To-Face to Teleworking: A Literature Review On How Different Types Of Work Affect Psychological Well-Being, **British Journal of Psychology Research**, Vol.11, No.1. p. 53-64, 2023.

SCHULZ, R.; WATSON,V.; WERSING, M. Teleworking and housing demand. **Regional Science and Urban Economics** 101 (2023)

SEPANTA, F.; O'BRIEN, W. Review and exploration of relationships between domains impacted by telework: A glimpse into the energy and sustainability considerations, COVID-19 implications, and future research. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** Volume 183, September 2023, 113464 2023.

SEPEHRI, S.; ALIABADI, M.; GOLMOHAMMADI, R; BABAMIRI, M. Human cognitive functions and psycho-physiological responses under low thermal conditions in a simulated office environment, *Work* 69 (1) (2021) 197–207, <https://doi.org/10.3233/WOR-213469>.

SHARMA, R. et al. Assessing urban heat islands and thermal comfort in Noida City using geospatial technology. **Urban Climate**, v. 35, p. 100751, 2021.

SHI, Y. ZHANG, Y. Urban morphological indicators of urban heat and moisture islands under various sky conditions in a humid subtropical region. **Building and Environment** 214 (2022)

Shin, Y.-S.; Ko, J.-B.; Cha, D.-A.; Hong, J.-S. The Effect of Length of Service in a Thermal Environment on Thermal Comfort and Mental Stress. *Buildings* 2024, 14, 99. <https://doi.org/10.3390/buildings14010099>

SILVA, J.S.; SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. G.Spatiotemporal impact of land use/land cover changes on urban heat islands: A case study of Paço do Lumiar, Brazil. **Build Environ** 136:279–292, 2018

SILVA, S. de L; SILVA, L. B. **Radiação não ionizante e os ambientes de trabalho** - João Pessoa : Editora UFPB, 2020. 132 p. ISBN: 978-85-237-1496-3

SILVA, L.B.; SOUZA, E.L.; OLIVEIRA, P. A.A.; ANDRADE, B.J.M. Implications of indoor air temperature variation on the health and performance of Brazilian students. **Indoor and Built Environment** 2020, Vol. 29(10) 1374–1385

SILVA, R.G.; SILVA, MR. M.; FREITAS, A.F.; SANTOS, J.S.; SANTOS, C.A.G.; LIMA, E.R.V. Thermal comfort conditions at microclimate scale and surface urban heat island in a tropical city: A study on João Pessoa city, Brazil. **International Journal of Biometeorology** (2022) 66:1079–1093

SILVA, L.B.; MELO, C.J.B.; SOUZA, A. G. L.; OLIVEIRA, L. G. Ergonomics, health, and perceptions about remote domestic workpost: study in areas of city of João Pessoa, Paraíba, Brazil. *International Journal of Environmental Research and Public health*. 21, 941, 2024.

SILVA, R. Q. F. H.; RODRIGUES, M. E. C.; PINHEIRO, F. S. R.; SILVA, G.S.; MUNIZ, M. C.; PINTO, L. S.; MENDONÇA, H. B. A novel approach for assessments of radiofrequency electromagnetic fields exposure in buildings near telecommunication infrastructure. **Science of the Total Environment** 992 (2025) 179853

SILVEIRA, F. de A.; SILVEIRA, J. A. R. da. Qualidade do espaço residencial: efeitos da verticalização no bairro de Tambaú, na cidade de João Pessoa (PB). **Urbe. revista brasileira de gestão urbana**, v. 6, p. 289-305, 2014.

SINGH, R.; NATH, R.; MATHUR, A.; SHARMA, R.S. Effect of radiofrequency radiation on reproductive health. **Indian Journal of Medical Research** 148(Suppl 1):p S92-S99, December 2018. | DOI: 10.4103/ijmr.IJMR_1056_18

SIMOVIC, V.; PAUNOVIC, M.; LAZIC, M.; DOMAZET, I.; BOSKOVIC, G. ‘I know that I know nothing’—the perceptions of remote work competencies of the persons with disabilities. **Information, Communication & Society**, 1-19, 2024

SINGH, S.; WALIA, S. **Building construction: Impact of work from home on design and material choices.** Materials Today: Proceedings, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.06.205>. 2023

SIQUEIRA, L. T. D. et al. Vocal Self-Perception of Home Office Workers During the Covid-19 Pandemic. **Journal of Voice**, 2020.

SIQUEIRA, J. C. F. **Avaliação de parâmetros cardiovasculares e desempenho cognitivo de estudantes de ambientes inteligentes de ensino submetidos à variação de temperatura do ar.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, 2015.

SOBREIRA, L.C.; LEDER, S.M.; GONÇALVES, F.A.; ROSA, P.R.O. (2011) Expansão urbana e variações mesoclimáticas em João Pessoa - PB. *Ambiente construído* 11:125–138

Sodoudi, S., Zhang, H., Chi, X., Müller, F., & Li, H. (2018). The influence of spatial configuration of green areas on microclimate and thermal comfort. **Urban Forestry & Urban Greening**, 34, 85–96.

SOUZA, L. C. L.; PEDROTTI, F.S.; LEMES, F. T. **Consumo de Energia Urbano: Influência do perfil do usuário; da geometria urbana e da temperatura.** Maceió, 2005.

SOUZA, J.F.; SILVA, RM.M; SILVA, A.M. (2016) Influência do uso e ocupação do solo na temperatura da superfície: o estudo de caso de João Pessoa – PB. **Ambiente Construído** 16(1):21–37

SPICA. N. J. (2020) **“Remote Work - Advantages and Disadvantages”** Available online: <https://www.spica.com/blog/remote-workadvantages-disadvantages> (acessado em 25 Jan 2023)

SRIVASTAVA, C.; MURNANE, E.L.; BILLINGTON, S.L.; SAMUELSON, H.W. Impact of workplace design on perceived work performance and well-being: Home versus office. **Journal of Environmental Psychology** 95 (2024) 102274

STEENEVELD, G. J.; KOOPMANS, S.; HEUSINKVELD, B.G.; VAN HOVE, L.W.A; HOLTSLAG, A.A.M. Quantifying urban heat island effects and human comfort for cities of variable size and urban morphology in the Netherlands. **JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH**, VOL. 116. doi:10.1029/2011JD015988, 2011

STEWART, I. D., OKE, T. R. (2012). Local Climate Zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), 1879–1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>

STRUCHEN, B. et al. Analysis of personal and bedroom exposure to ELF-MFs in children in Italy and Switzerland. **Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology**, v. 26, n.6, p. 586 -596. 2016.

SUN, C. et al. Thermal comfort in residences related to respiratory diseases among preschool children in Shanghai. **Energy and Buildings**, v. 236, p. 110729, 2021.

TAN, Z.; LAU, K. K. L.; NG, E. (2017). Planning strategies for roadside tree planting and outdoor comfort enhancement in subtropical high-density urban areas. **Building and Environment**, 120, 93–109.

TANG, G.; DU, X.; WANG, S. Impact mechanisms of 2D and 3D spatial morphologies on urban thermal environment in high-density urban blocks: A case study of Beijing’s Core Area. *Sustainable Cities and Society* 123 (2025) 106285

THURÓCZY, G. et al. Exposure to 50 Hz magnetic field in apartment buildings with built-in transformer stations in Hungary. **Radiation Protection Dosimetry**, v. 131, n. 4, p. 469–473. 2008.

TOKAZHANOV, G.; TLEUKEN, A.; GUNEY, M.; TURKYILMAZ, A.; KARACA, F. How is COVID-19 Experience Transforming Sustainability Requirements of Residential Buildings? A Review. **Sustainability** 2020, 12, 8732.

TOMITSCH, J.; DECHANT, E.; FRANK, W. Survey of electromagnetic field exposure in bedrooms of residences in lower Austria. **Bioelectromagnetics**. V. 31. Pg. 200 – 208.,2010.

TONG, S.; WONG, N.H.; JUSUF, S.K.; TAN, C.L.; WONG, H.F.; IGNATIUS, M.; TAN, E. Study on correlation between air temperature and urban morphology parameters in built environment in northern China. **Building and Environment** 127 (2018) 239–249.

TOP, Sara et al. Intra-urban differences of outdoor thermal comfort in Ghent on seasonal level and during record-breaking 2019 heat wave. **Building and Environment**, v. 185, p. 107103, 2020.

TORRENS, P. M.; ALBERTI, M. **Measuring Sprawl. Center for Advanced Spatial Analysis**. University College. Londres. 2000. (27).

TRAINI, E.; MARTENS, A.L.; SLOTTIE, P.; VERMEULEN, R.C.; HUSS, A., 2023. Time course of health complaints attributed to RF-EMF exposure and predictors of electromagnetic hypersensitivity over 10 years in a prospective cohort of Dutch adults. **Sci. Total Environ.** 856, 159240.

TREGENZA, P. WILSON, M. Daylighting Architecture and lighting design. ISBN 978-0-419-25700-4 Routledge is an imprint of the Taylor & Francis Group, 2011.

TSO, G. K.; YAU, K. K. Predicting electricity energy consumption: A comparison of regression analysis, decision tree and neural networks. **Energy**, Elsevier, v. 32, n. 9, p. 1761–1768, 2007

UNGER, J. Connection between urban heat island and sky view factor approximated by a software tool on a 3D urban database, *Int. J. Environ. Pollut.* 36 (2009) 59

UN/DESA – United Nations. World cities report 2020: The value of sustainable urbanization. Disponível em: < <https://unhabitat.org/World%20Cities%20Report%2020> > Acesso em: 27/12/2020.

Urişescu , B., Grigoraş, G., Ionac , (2019) The Influence of Urban Morphology o n the Urban Microclimate 2019 ”Air and Water Components of the Environment” **Conference Proceedings** , Cluj Napoca, Romania, p. 311 322, DOI: 10.24193/AWC2019_31

VAN HOVE, L. W. A. et al. Temporal and spatial variability of urban heat island and thermal comfort within the Rotterdam agglomeration. **Building and Environment**, v. 83, p. 91-103, 2015.

VASCONCELOS, P. E.M.; SILVA, L.B.; COUTINHO, A.S. **Relação entre variáveis térmicas e desempenho. Um estudo com estudantes da Academia de Polícia Militar do Estado da Paraíba**. Editora Novas Edições Acadêmicas, ISBN: 978-3-639- 83019-4. 2015.

VILLAS BOAS, M. **Ventilação em arquitetura**. UnB, Brasília, 1983.

VIJAYALAXMI. Biological and health effects of radiofrequency fields: Good study design and quality publications. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**. 2016

XU, Y., REN, C., MA, P., HO, J., WANG, W., LAU, K. K. L., & Ng, E. (2017). Urban morphology detection and computation for urban climate research. **Landscape and Urban Planning**, 167, 212–224.

XU, H.; CHEN, H.; ZHOU, X.; WU, Y.; LIU, Y. 2020. Research on the relationship between urban morphology and air temperature based on mobile measurement: a case study in Wuhan, China. *Urban Clim.* 34, 100671.

WANG, Y.; AKBARI, H. Analysis of urban heat island phenomenon and mitigation solutions evaluation for Montreal. **Sustainable Cities and Society**, v. 26, p. 438-446, 2016.

WANG W.; HE.B. Co-occurrence of urban heat and the COVID-19: Impacts, drivers, methods, and implications for the post-pandemic era. **Sustainable Cities and Society** 90 (2023) 104387

WANG, Z.; ZHOU, R.; YU, Y.; JIN, R. Revealing the impact of urban spatial morphology on land surface temperature in plain and plateau cities using explainable machine learning. **Sustainable Cities and Society** 118 (2025) 106046

WANG, R.; LIU, R.; CHEN, Q.; CHENG, Q.; DU, M. Effects of sky view factor on the thermal environment in different local climate zoning buildings scenarios – a case study of Beijing, China. **Buildings**, 13, 1882. 2023

WATSON, I.D.; JOHNSON, G.T. Graphical estimation of skyview factorss in urban environments, **Journal of Climatology**. 7 (1987) 193–197

WEBER, T. HURLEY, J. COVID-19: Implications for employment and working life, COVID-19 series, Publications Office of the European Union, Luxembourg. Eurofound, 2021.

WEI, R.; SONG, D.; HIEN, N.; MARTIN, M. Impact of urban morphology parameters on microclimate, **Procedia Eng.** 169 (2016) 142–149.

WELDU, Y.W.; MANNAN, M.; AL-GHAMDI, S.G. Monitoring electromagnetic radiation emissions in buildings and developing strategies for improved indoor environmental quality. **Health Phys** 2019.

WILLIAMSON, S.; COLLEY, L.; HANNA-OSBORNE, S. Will working from home become the ‘new normal’ in the public sector?. **Australian Journal of Public Administration**, v. 79, n. 4, p. 601–607, 2020.

WONG, L. P., ALIAS, H., Agha mohammadi, N., Aghazadeh, S., Sulaiman, N., & Meriam, N. (2017). Urban heat island experience, control measures and health impact: A survey among working community in the city of Kuala Lumpur. *Sustainable Cities and Society*, 35, 660–668. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.09.026>

World Health Organization, 2002. **Radiation and environmental health and world health organization**. In: Establishing a Dialogue on Risks from Electromagnetic Fields. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

XIONG, J. et al. Potential indicators for the effect of temperature steps on human health and thermal comfort. **Energy and Buildings**, v. 113, p. 87-98, 2016.

YANG, F.; CHEN, L. Developing a thermal atlas for climate-responsive urban design based on empirical modeling and urban morphological analysis. **Energy Build.** 2016, 111, 120–130.

YANG, Y.; ZHANG, X.; LU, X.; HUL, J.; PAN, X.; ZHU, Q.; SU, W. Effects of Building Design Elements on Residential Thermal Environment. **Sustainability** 2018, 10, 57; doi:10.3390/su10010057

YANG, J.; YANG, Y., SUN, D.; JIN, C.; XIAO, X. Influence of urban morphological characteristics on thermal environment. *Sustainable Cities and Society* 72 (2021) 103045

YANG, C.; KUI, T.; ZHOU, W.; FAN, J.; PAN, L.; WU, W.; LIU, M. 2023. Impact of refined 2D/3D urban morphology on hourly air temperature across different spatial scales in asnow climate city. **Urban Clim.** 47, 101404

YANG, J.; SHI, Q.; MENENTI, M.; WONG, M.S.; WU, Z.; ZHAO, Q.; ABBAS, S.; & XU, Y. Observing the impact of urban morphology and building geometry on thermal environment by high spatial resolution thermal images. *Urban Climate*, 39, Article 100937. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100937>.

YELIXIATI, H.; TONG, L.; LUO, S.; CHEN, Z. (2024). Spatiotemporal heterogeneity of the relationship between urban morphology and land surface temperature at a block scale. *Sustainable Cities and Society*, 113(388), Article 105711. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105711>

YITZHAK, N. et al. Time dependence of 50 Hz magnetic fields in apartment buildings with indoor transformer stations. *Radiation protection dosimetry*, v. 149, n. 2, p. 191- 195, 2012.

ZARYABOVA, V.; SHALAMANOVA, T.; ISRAEL, M. Pilot study of extremely low frequency magnetic fields emitted by transformers in dwellings. Social aspects. **Electromagnetic biology and medicine**, v. 32, n. 2, p. 209-217, 2013.

ZHANG, A., LI, W., WU, J., LIN, J., CHU, J., & XIA, C. (2021). How can the urban landscape affect urban vitality at the street block level? A case study of 15 metropolises in China. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, 48(5), 1245–1262.

ZHANG, S. et al. Research on the Planning Method and Strategy of Urban Wind and Heat Environment Optimization—Taking Shenzhen, a Sub-Tropical Megacity in Southern China, as an Example. *Atmosphere*, v. 13, n. 9, p. 1395, 2022.

ZHANG, P., GHOSH, D., & PARK, S. (2023). Spatial measures and methods in sustainable urban morphology: A systematic review. **Landscape and Urban Planning**, 237, Article 104776.

ZHU, S.; YAN, Y.; ZHAO, B.; & WANG, H. (2025). Assessing the impact of adjacent urban morphology on street temperature: A multisource analysis using random forest and SHAP. *Building and Environment*, 267(PC), Article 112326. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.112326>

ZIEGLER, A.; KÖNIG, I. R. Mining data with random forests: current options for real-world applications: Mining data with random forests. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery**, Estados Unidos da América, v. 4, n. 1, p. 55–63, jan. 2014.

ZOURE, A.N.; GENOVESE, P.V. Implementing natural ventilation and daylighting strategies for thermal comfort and energy efficiency in office buildings in Burkina Faso. **Energy Reports** 9 (2023) 3319–3342

ANEXO 1 - RESUMO DOS ARTIGOS SELECIONADOS DA REVISÃO SISTEMÁTICA

REFERÊNCIA, ANO	OBJETIVOS DA PESQUISA	METODOLOGIA				RESULTADOS	
		MÉTODO	AMOSTRA	VARIÁVEIS (MEDIDAS)	ANÁLISE	PRINCIPAIS ACHADOS	LIMITAÇÕES
Yang et al., 2018	Simular e analisar a relação entre os quatro elementos - densidade do edifício; altura; layout (arranjo do edifício) e relação verde e o ambiente térmico em áreas residenciais, projetando vários simuladores casos	Modelo de microclima tridimensional para simular e analisar os efeitos de quatro fatores elementos.	área simulada 250.000 m2	altura do edifício, densidade, layout e verde no ambiente térmico, PMV	Quantitativa	Os resultados mostraram que a densidade de construção de 25% obteve uma baixa temperatura média do ar e média de votação prevista durante 24 h. Os efeitos da altura do edifício, densidade e proporção de verde no ambiente térmico em áreas residenciais foram interativos. Os efeitos da densidade de construção, proporção de verde e layout na temperatura do ar horária e votação média prevista durante o dia variaram desses indicadores durante a noite. Como os quatro elementos de projeto de construção interagem com o ambiente térmico foram sondados a partir de dois aspectos da temperatura do ar e conforto térmico com base no ENVI-met validado, que é o elemento de novidade neste estudo. No entanto, o conforto térmico raramente foi considerado nos estudos anteriores sobre o ambiente térmico urbano ao ar livre.	As relações entre densidade de construção, altura de construção, layout de construção, proporção verde e ambiente térmico de áreas residenciais devem ser investigadas para diferentes zonas climáticas; melhores indicadores, como Ta, temperatura da superfície terrestre, temperatura radiante média e conforto térmico, devem ser identificados para caracterizar com maior precisão o ambiente térmico das áreas residenciais; como o calor antropocêntrico afeta o ambiente térmico ao ar livre em áreas residenciais deve ser mais investigado; índices de conforto térmico ao ar livre mais adequados também devem ser comparados para analisar sua adaptabilidade e sensibilidade
Tong et al., 2018	Investigar a correlação entre as variações da temperatura do ar no ambiente construído e a morfologia urbana no norte da China	•Medição em 46 pontos na área de estudo para coletar as condições climáticas microclimáticas a 2,5 m de altura por 1,5 ano; •Desenvolvimento de modelo SIG tridimensional (3D) da área de estudo e extração de parâmetros de morfologia urbana; •Desenvolvimento de modelos empíricos para correlacionar a temperatura do ar com os parâmetros de morfologia urbana e meteorológicos; •Análise paramétrica para quantificar o impacto da morfologia urbana na temperatura do ar.	área total de 7,9 km2 do desenvolvim ento urbano da Sino-Cingapura Tianjin, China	temperatura do ar, umidade relativa (UR), velocidade do vento e direção do vento, fator de visão do céu, porcentagem de área de construção; porcentagem de área de pavimento; razão entre altura de construção e porcentagem de área de construção; área total da superfície da parede, porcentagem da área do corpo d'água razão de parcela verde	Quantitativa	No verão, verifica-se que o aumento do número de níveis dos edifícios e a redução da largura do pavimento podem diminuir Tmax e Tavg-dia e aumentar Tavg, Tmin e Tavg-noite. Além disso, aumentar GnPR em 0,5 poderia diminuir Tmin e Tavg-noite à noite em 0,7 °C e 0,5 °C, respectivamente. No inverno, apenas Tavg, Tmin e Tavg-noite são afetados por parâmetros de morfologia urbana, que aumentam com edifícios mais altos e larguras de ruas mais estreitas. O aumento de GnPR também contribui para a redução de Tmin à noite.	O trabalho focou principalmente nos dias típicos de verão e inverno em Tianjin, China, assim as correlações desenvolvidas são aplicáveis apenas a áreas urbanas com clima semelhante e nos dias ensolarados, calmos e claros de verão ou inverno. o calor à temperatura ambiente não foi considerado. Outros estudos seriam conduzidos para investigar o impacto do calor antropogênico na temperatura do ar ambiente.

Chan e Liu, 2018	Investigar os efeitos do ambiente da vizinhança na saúde dos ocupantes; e os papéis mediadores do ambiente interno no ambiente da vizinhança e nas relações de saúde dos ocupantes	questionários de avaliação; avaliação do ambiente interno e avaliação do ambiente do bairro (densidade de construção do bairro, altura do prédio, limpeza e espaços verdes) por meio de questionário. Os dados são tratados estatisticamente por meio de análise de correlação, modelagem de regressão e teste de Sobel	4 edifícios acadêmicos localizados em Hong Kong	conforto térmico, qualidade do ar interno, ventilação, conforto visual e conforto acústico) e avaliação do ambiente do bairro (densidade de construção do bairro, altura do prédio, limpeza e espaços verdes	qualitativa e quantitativa	a saúde dos ocupantes é significativamente afetada pela altura dos edifícios da vizinhança, densidade dos edifícios e limpeza; ii) as relações entre o ambiente do bairro e a saúde dos ocupantes são significativamente mediadas pelo ambiente interno, em termos de conforto visual e acústico; e iii) o espaço verde do bairro afeta a saúde dos ocupantes indiretamente, influenciando a qualidade do ar interno. Para validar os resultados do estudo de pesquisa, que é realizado com dados subjetivos, são realizadas medições e análises objetivas. O estudo objetivo, ecoando os resultados do estudo de pesquisa, indica que edifícios com menor densidade e altura de construção de vizinhança e ambiente de vizinhança mais limpo têm melhor desempenho visual (maior nível de iluminância) e acústico (menor nível de ruído).	recomenda-se a inclusão de mais um fator de vizinhança, que é o tráfego da vizinhança, no estudo posterior; um estudo mais detalhado é recomendado para investigar o impacto do tráfego na qualidade do ambiente interno e na saúde dos ocupantes; recomenda-se um estudo mais aprofundado para levar em conta o impacto da configuração e do projeto do edifício (por exemplo, envelopes, sistema de ventilação, sistema HVAC, sistema de isolamento acústico, etc.) sobre o ambiente e as variáveis humanas.
Halgamuge e McLean, 2018	avaliar os campos magnéticos de extrema baixa frequência residenciais em diferentes regiões geográficas para coletar dados de exposição do público em geral e identificar altas fontes de campos magnéticos.	Foi analisado os campos magnéticos de extrema baixa frequência de 3163 conjuntos de dados coletados de 100 casas na Austrália. As medições foram realizadas em diferentes localizações geográficas e foram avaliadas quanto à conformidade com as ICNIRP. Em seguida, foi comparada essas medições com outros vinte e três estudos revisados por pares, publicados de 1987 a 2015, relatando medições de campo magnético em residências.	100 casas na Austrália	campo magnético	Quantitativa	Os valores médios observados do campo magnético foram: cama 0,85, quarto 1,39 mG, berço 0,39 mG, área de recreação infantil 0,47 mG e quarto familiar 0,30 mG. Esses resultados mostraram uma variação considerável nos campos a que os moradores são tipicamente expostos, principalmente em leitos (21,83%) e quartos (33,33%) onde o percentual de medidas superiores a 4 mG foi considerável. Algumas emissões excederam os níveis de exposição do público em geral das Diretrizes da ICNIRP, com o potencial de exposição dos residentes acima desses níveis. No entanto, longe de aparelhos elétricos, o campo médio em todos os quartos foi de 0,30–1,39 mG. Mostra-se que precauções simples podem ser aplicadas para reduzir a exposição a ELF-MFs em residências e assim minimizar riscos potenciais à saúde e ao bem-estar.	Pesquisas futuras podem ser realizadas com amostras maiores, para verificar nossas observações e correlacionar essas exposições com os sintomas experimentados pelos moradores. Estudos futuros também podem considerar medições de radiação de radiofrequência de dispositivos sem fio em casa.

Hardell et al., 2018	medir os níveis de radiação de RF em um apartamento próximo a dois grupos de estações rádio-base de telefonia móvel na cobertura	Algumas medições foram feitas durante a noite para avaliar a variação da exposição à RF das leituras diurnas. Medidas mais extensas foram então feitas em locais julgados de interesse – dormitórios e sala de estar. O exposímetro foi colocado onde as pessoas tendem a ocupar, por exemplo, correspondendo à parte superior do corpo, incluindo a cabeça de uma cama. Um total de 74.531 medições foram feitas correspondendo a ~83 h de gravação.	1 apartamento localizado em Estocolmo	radiação de RF	Quantitativa	O nível médio total de radiação de RF foi de 3.811 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ para a medição de todo o apartamento, incluindo varandas. Níveis particularmente altos foram medidos em três varandas e 3 de 4 quartos. O nível médio total de radiação de RF diminuiu 98% quando os downlinks medidos das estações base para 2, 3 e 4 G foram desconsiderados. Os resultados são discutidos em relação aos efeitos prejudiciais à saúde da radiação de RF não térmica. Devido à alta radiação de RF atual, o apartamento não é adequado para residências prolongadas, principalmente para crianças que podem ser mais sensíveis que os adultos. Para uma conclusão definitiva sobre o efeito da radiação de RF das estações base próximas, uma opção seria desligá-las e repetir as medições. No entanto, a solução mais simples e segura seria desligá-los e desmontá-los.	
Hosham et al., 2019	investigar os efeitos do microclima da edificação no ambiente térmico interno de casas tradicionais japonesas, focando especialmente no efeito de sombreamento das árvores, bem como no efeito de resfriamento da água pulverizada	As medições foram realizadas em duas casas tradicionais japonesas. Durante as medições de campo, as portas deslizantes externas e as venezianas estavam abertas e apenas três pessoas ocupavam as casas com poucos turistas aleatórios durante o horário de operação. Não foi utilizada refrigeração mecânica nas residências, exceto nas salas de recepção que foram excluídas deste estudo. A temperatura do ar (T_a), a umidade relativa (UR) e a velocidade do ar (v) foram medidas a 1,1 m de altura acima do piso em vários locais dentro das casas.	2 casas localizadas no bairro histórico da cidade de Takehara	A temperatura do ar (T_a), a umidade relativa (UR) e a velocidade do ar (v), temperatura radianse média, Pressão Atmosférica, temperatura de globo, radiação solar, imagens infravermelhas, pressão de ar diferencial	Quantitativa	verificou-se que o ambiente térmico interno seguiu as condições externas devido à estrutura de madeira leve e aberta. No entanto, as temperaturas do ar das salas nas duas casas do estudo de caso foram inferiores às externas correspondentes em aproximadamente 0,5°C e 2°C, respectivamente. Verificou-se que esses espaços semi-externos atuaram como amortecedores térmicos para promover a ventilação cruzada, bem como o pré-resfriamento para fornecer condições “quentes, mas arejadas” aos espaços internos circundantes. Os resultados mostraram que a temperatura superficial de espaços semi-externos pode ser reduzida por sombreamento e pulverização de água, dentre os quais o sombreamento tem efeitos prolongados e a pulverização de água pode reduzir a temperatura superficial durante o horário de pico e a noite seguinte.	Outras investigações deverão ser conduzidas em casas tradicionais em diferentes climas, como um clima quente-seco no futuro estudo. Em particular, compararemos as funções térmicas de espaços semi-exteriores entre vários climas.

Mannan et al., 2020	Além de medir a exposição à radiação em edifícios, este estudo examinou como a propagação da radiação varia com diferentes materiais de construção. Além disso, os impactos na saúde humana associados à radiação também foram investigados.	investigar a força do campo elétrico e magnético nos ambientes internos mencionados. Para radiações de alta frequência, a densidade de potência também foi medida em espaços de edifícios onde a densidade de potência pode ser definida como a potência (taxa de tempo de transferência de energia) por unidade de volume. Além disso, diferentes materiais de construção foram avaliados para determinar a permeabilidade. A permeabilidade, ou os coeficientes de transmissão, indica a capacidade do material de construção de propagar a radiação EMF. Comparação do interior e as intensidades externas fornecem o valor de permeabilidade para o espaço do edifício de referência.	5 tipos de ambientes de construção residencial (R), hospital (H), escritório (O) e escola (S) e centros de entretenimento (E)	radiação de RF	Quantitativa	Os resultados do estudo resumiram que uma intensidade de emissão de EMF relativamente menor foi encontrada em escritórios e valores de densidade de potência comparativamente mais altos foram encontrados em hospitais. Além disso, a avaliação de edifícios verdes resultou em alta emissão de EMF que indicou a importância desta nova abordagem para examinar e, assim, reduzir a propagação de radiação EMF. O exame de diferentes materiais de construção revelou que materiais como madeira revestida de cerâmica, drywall, drywall com revestimento de telha e alvenaria ou simples concreto aparente mostrou alto efeito de blindagem enquanto vidro e parede de madeira simples mostraram o oposto. Portanto, este estudo recomendou fortemente o dimensionamento de áreas sensíveis em edifícios com paredes de drywall ou cerâmica ou de concreto aparente.	
Du et al., 2020	Investigar a correlação entre a temperatura do ar e a morfologia urbana em um distrito urbano heterogêneo no nordeste da China. Foi realizada uma análise em escala transversal, teórica e experimental do ambiente térmico do distrito comercial central de Shenyang.	O ambiente térmico do bairro estudado no verão foi simulado pelo ENVI-met. Um total de 12 indicadores morfológicos foram selecionados para descrever as feições geométricas do bairro estudado. A estimativa de curvas foi empregada para quantificar a correlação entre a temperatura do ar e os indicadores morfológicos.	169 edifícios com formas e funções diversificados	variáveis térmicas, de materiais de construção e pavimentação e 12 indicadores morfológicos	Quantitativa	Os resultados indicam diferentes efeitos dos indicadores morfológicos da temperatura do ar em diferentes escalas. Em uma mesoescala, a compactidade (Com), a relação de área útil do edifício (BFR), o grau de fechamento (ED) e a relação entre a altura total e a área total do piso (HA) tiveram uma correlação significativa com a temperatura do ar. Em uma microescala, apenas o BFR e a ED apresentaram correlações relativamente estáveis com a temperatura do ar. A correlação entre temperatura do ar e indicadores morfológicos pode ser influenciada pela heterogeneidade da morfologia urbana, incluindo a diversidade das alturas e pegadas das edificações e a irregularidade da disposição horizontal das edificações.	o estudo atual pode ser limitado pelas condições de vento fixo da simulação do modelo e pela escala limitada do distrito estudado. A configuração da área de nidificação não pôde considerar o impacto do edifício no domínio do modelo. O efeito da morfologia urbana na temperatura noturna do ar não foi analisada devido ao período de simulação relativamente curto, e o efeito da infraestrutura verde urbana foi excluída. No futuro, serão realizadas medições na área urbana mais ampla para investigar ainda mais o efeito da morfologia urbana na temperatura do ar em diferentes escalas.

Dong et al., 2020	um sistema de aquecimento radiante foi analisado sob efeito da radiação solar no conforto térmico interno usando simulações e experimentos CFD	Os confortos térmicos locais de três casos foram estudados e comparados: com radiação e sem radiação solar usando métodos numéricos e de simulação	não mencionado	PMV, temperatura da superfície da parede radiante, temperatura e velocidade de entrada do fluxo de ar, temperatura e umidade do ar externo, temperatura do ar interno e intensidade da radiação solar externa	qualitativa e quantitativa	Os resultados mostram que a presença de radiação solar tem um efeito significativo nas sensações térmicas dos ocupantes internos em um sistema de aquecimento radiante, tanto no desconforto global quanto no local. Os ocupantes podem sentir desconforto local perto das superfícies superaquecidas, mesmo que consigam manter o conforto térmico global na maioria das áreas da sala na presença de radiação solar. Verifica-se que o sombreamento interior pode alterar os comportamentos térmicos em um sistema radiante.	
Guo et. al., 2020	Este artigo examina a variação espacial e temporal das temperaturas do ar e das temperaturas radiantes médias em um espaço de laboratório de alta baixa radiantemente aquecida.	medição e simulação das temperaturas do ar e a temperatura radiante média dentro de um espaço de laboratório de alta baixa radiantemente aquecido	laboratório da Escola de Arquitetura da Universidade de Princeton.	temperatura do ar, umidade, temperatura radiante média	Quantitativa	Constatou-se que a variação espacial das temperaturas radiantes médias variou em 5°C à elevação de 1,3 m, que é muito maior do que as variações observadas na temperatura do ar. As variações na temperatura do ar medida foram de até 2 °C. Isso exige o aprimoramento das ferramentas e metodologias atuais para medir e simular o ambiente radiante, particularmente em locais mais próximos do envelope externo, onde superfícies quentes e frias afetam tanto a temperatura do ar quanto a TRM. No geral, tanto as temperaturas do ar quanto os MRTs foram fortemente influenciados pelo ambiente externo e mostram uma clara variação temporal.	A medida da TRM é restrita ao local em que o termômetro de globo é colocado, limitando assim a variação espacial da medida. Já a temperatura do ar é fácil de medir e difícil de simular, enquanto a TRM é difícil de medir e fácil de simular. Essa incompatibilidade inibe nossa capacidade de avaliar a qualidade do ambiente térmico interno de forma holística com dados precisos e confiáveis de ar e da TRM em uma simulação ou em um exercício de medição, para apoiar a fase de projeto e avaliar o desempenho térmico após a construção. Pesquisas futuras devem, portanto, ser focadas em reduzir essa incompatibilidade, desenvolvendo novos métodos para simulação de ar e novos sensores para medição TRM na presença de grandes espaços radiantemente aquecidos de um lado e para otimizar os controles do sistema radiante do outro lado.
Clegg et al., 2020	Este artigo de revisão baseia-se em recomendações de longa data para expandir o escopo típico da ciência da construção para considerar radiação de radiofrequência (RFR). Ele descreve brevemente RFR no espectro eletromagnético, uso de tecnologia sem fio em edifícios “inteligentes” e resume pesquisas científicas revisadas por pares sobre efeitos biológicos na saúde humana e ambiental.	O artigo descreve brevemente RFR no espectro eletromagnético, uso de tecnologia sem fio em edifícios “inteligentes” e resume pesquisas científicas revisadas por pares sobre efeitos biológicos na saúde humana e ambiental. Medidas e diretrizes internacionais para menor exposição a RFR são destacadas. Práticas e recomendações feitas para minimizar o impacto da RFR na saúde pública e ambiental no projeto	pesquisas científicas sobre RFR e edifícios inteligentes	radiação de RF e seus efeitos (revisão de literatura)	qualitativa	pesquisa científica revisada por pares demonstrando os efeitos biológicos da radiação de radiofrequência (RFR) abaixo das diretrizes e padrões atuais destaca a necessidade de desenvolver e codificar ainda mais os padrões e orientações de tecnologia de construção pertinentes. Riscos para a saúde pública, necessidades de acessibilidade, responsabilidade industrial e ações de precaução indicam que o RFR é um importante parâmetro de desempenho na ciência da construção.	

Silva et al., 2020	O objetivo do presente estudo foi avaliar a relação entre desempenho cognitivo, saúde e conforto ambiental em função da variação da temperatura do ar interno (Ta)	alunos de graduação foram submetidos à variação da Ta à 20, 24 e 30°C; suas respostas térmicas foram avaliadas ao longo de três dias consecutivos. As variáveis de desempenho medidas no estudo foram desempenho cognitivo, pressão arterial, frequência cardíaca (FC) e conforto. As variáveis ambientais medidas foram Ta, temperatura de globo (Tg), iluminação, ruído, velocidade do fluxo de ar e qualidade do ar.	360 alunos de graduação	desempenho cognitivo, pressão arterial, frequência cardíaca, conforto, temperatura do ar, temperatura de globo, iluminação, ruído, velocidade do ar e qualidade do ar	qualitativa e quantitativa	Ambientes de ensino (TEs) com aumento da carga térmica devido ao calor corporal individual dos alunos, aumento da Ta ao ar livre e morfologia urbana associada à construção dos TEs resultam no aumento da Trm devido à Tg ser maior que a temperatura do ar, com possíveis impactos na saúde e variáveis de desempenho	
He et. al., 2021	esclarecer o impacto da morfologia urbana no microclima ao redor das escolas primárias	O tipo periférico de 12 escolas foi dividido em quatro categorias: distrito comercial (C), área verde alta (G), residência média e baixa (R) e local público (P). Após, foram realizadas medições de campo e simulações numéricas validadas pelo ENVI-met para avaliar o microclima das quatro categorias de áreas de estudo.	12 escolas de ensino fundamental em uma área altamente urbanizada	temperatura do ar, Densidade de construção, proporção de área de piso, proporção de parcela verde, fração de superfície do solo impermeável, fator de visão do céu	Quantitativa	Os resultados indicaram: (1) As tendências de temperatura do ar medidas de escolas na mesma categoria foram as mesmas ao longo do dia, e houve diferenças significativas entre as diferentes categorias. (2) A densidade de construção, proporção de área útil, proporção de parcelas verdes, fração de superfície impermeável do solo e fator de visão do céu foram parâmetros importantes da morfologia urbana que afetaram o microclima ao redor da escola primária. (3) A sombra do edifício reduziu a temperatura do ar, como o pátio de um prédio de ensino, e o material da superfície, a vegetação e a altura do terreno influenciaram a temperatura do ar. (4) Quanto maior a densidade de construção na área estudada, menor a velocidade geral do vento e a orientação da rua, árvores densas e altura do terreno afetaram a circulação de ar, e o caminho do vento ao redor da escola desempenhou um papel na otimização do ambiente eólico da escola	Embora este estudo tenha revelado informações úteis, ele tem algumas limitações. O software ENVI-met não considera fatores humanos. Além disso, este estudo incluiu apenas escolas primárias na área de Kurosaki, e o número de casos foi pequeno. Estudos subsequentes devem expandir a área de pesquisa para incluir mais casos de escolas primárias em Kitakyushu
Giudici et al., 2021	avaliar a exposição total a campos eletromagnéticos de radiofrequência dentro de residências localizadas próximas a um EBTMs e a contribuição das estações rádio base para a exposição total; (ii) identificar melhor as características da habitação que podem influenciar a exposição a radiofrequência de EBTMs e; (iii) comparar a exposição estimada de medições de pontos internos e aquela baseada em dispositivos estacionários e medições de PEM.	O estudo foi baseado no protocolo padronizado para medições in situ de campos eletromagnéticos de radiofrequência. Este protocolo foi baseado na busca do ponto de maior intensidade de campo e no uso de medição pontual. Tais medições pontuais foram implementadas nas casas de 354 participantes localizados em áreas urbanas a 250 m de uma estação base de telefonia	354 participantes localizados em áreas urbanas a 250 m de uma estação base de telefonia móvel e na direção do feixe principal da antena.	exposição ao campo eletromagnético	qualitativa e quantitativa	As medições pontuais mostraram uma força de campo média/mediana de 0,58/0,44 V/m para frequências dos campos eletromagnéticos total e 0,43/0,27 V/m do EBTM. RF-EMF do EBTM foi a fonte dominante de exposição em 64% dos domicílios. A exposição ao RF-EMF foi influenciada pela posição das janelas em relação ao MPBS, em particular a visibilidade da linha do local, a distância da antena e o piso do apartamento. As pesquisas da exposição pessoal (PEM) mostraram que a exposição medida é maior durante os passeios do que em casa e durante o dia do que à noite, mas não houve diferença entre os finais de semana e os dias úteis. Houve uma forte correlação entre a exposição quantificada tanto por medidas pontuais quanto por PEM, embora as medidas pontuais fossem aproximadamente três vezes maiores do que aquelas por PEMs.	intensidades de campo medidas não eram representativas dos valores médios nos domicílios urbanos das cidades investigadas porque foram selecionadas para estarem a 250 m ou menos de um MPBS e em edifícios interceptados pelas vigas de um MPBS, Uma segunda limitação foi a caracterização dos locais visitados pelos participantes da pesquisa do PEM: nem localizações precisas (sem GPS) nem descrições (escritório, lojas, rodoviária etc.) foram indicadas nos diários, mas apenas quatro atividades básicas, ou seja, em casa, trabalho, viagem, outro lugar; Outra limitação foi que a avaliação da exposição foi baseada apenas em valores médios de tempo. Os valores de pico das ondas pulsadas não foram medidos, embora possam ter um impacto maior na saúde do que a exposição contínua aos valores médios.

Almekhlafi et al., 2021	avaliar a relação potencial entre a intensidade de radiação eletromagnética e a energia total de eletrodomésticos no ambiente residencial, medindo e analisando a intensidade do campo elétrico e todo o fluxo de radiação eletromagnética	3 situações para a medição: modo 1: aparelhos elétricos (5 Hz a 1 KHz), desligados, e pessoas na sala em pé; modo 2: aparelhos elétricos (5 Hz a 1 KHz), ligados, e pessoas na sala em pé; modo3:aparelhos elétricos (5 Hz a 1 KHz), ligados, e pessoas sentadas. A medição foi realizada em duas alturas. A primeira altura foi de 1,65 metros acima do solo quando as pessoas estavam em pé, e a segunda altura foi de 1,4 metros acima do solo quando as pessoas estavam sentadas.	15 residências em em três diferentes regiões ambientais (urbana, periferia e área rural)	intensidade de campo elétrico	Quantitativa	o Modo 2 em que as pessoas estavam em pé e os aparelhos elétricos eram ligados na sala teve 78,11 V/m na área urbana, 77,57 V/m na área suburbana e 77,02 V/m na área aberta. Da mesma forma, mostra que a intensidade média do campo elétrico medida foi muito mais significativa do que o Modo 1 e o Modo 3. Os resultados práticos deste trabalho mostram que não há relação entre a intensidade da radiação eletromagnética interna e a energia total dos eletrodomésticos ao nosso redor; simultaneamente, os resultados confirmam, na teoria e na prática, que fontes de radiação de alta energia aumentam a intensidade da radiação eletromagnética; Os resultados mostraram que a intensidade média do campo elétrico medida no Modo 2 é muito maior que os dois métodos, e também encontramos menos radiação eletromagnética no Modo3 do que nos dois modos. Todos os resultados permanecem dentro da exposição global recomendada desenvolvida pelo Comitê Internacional para a Prevenção das Radiações Não Ionizantes e pela Comissão Eletrotécnica Internacional.	esta pesquisa limitou-se a medir a quantidade de campo elétrico para eletrodomésticos que operam com limites de frequência (5 Hz a 1 kHz), para quinze residências distribuídas em três ambientes diferentes
Huan et al., 2021	Dado o potencial de economia de energia dos revestimentos de baixa emissividade nas superfícies internas do envelope, este estudo avalia a aplicabilidade do método baseado na temperatura da superfície interna para ambientes internos com várias emissividades	análises teóricas foram conduzidas para ilustrar os efeitos da emissividade das superfícies internas do envelope na precisão do método baseado na temperatura da superfície interna. Em seguida estudos de caso foram conduzidos para examinar os efeitos da emissividade das superfícies internas do envelope sobre a eficácia da temperatura radiante média calculada a partir do método baseado na temperatura da superfície interna para previsão de conforto térmico.	1 escritório de pequeno porte	Temperatura interna e externa, umidade relativa, velocidade do vento, emissividade das superfícies internas	Quantitativa	Análises teóricas mostraram que o método baseado na temperatura da superfície interna não está estritamente em conformidade com a definição da temperatura radiante média. Além disso, estudos de caso mostraram que em cenários de inverno e verão, o método baseado na temperatura da superfície interna não pode capturar com precisão a troca de calor radiante entre o corpo humano e seus arredores. Isso resulta em que o erro na previsão do conforto térmico com base no método baseado na temperatura da superfície interna aumenta com a diminuição da emissividade das superfícies internas do envelope e excede a faixa aceitável.	

Kim et al., 2022	investigar a relação entre FVC e TST de verão para áreas residenciais urbanizadas que variam de muito abertas a muito fechadas, considerando fatores externos	correlações entre alturas de edifícios, FVC simulado e TST diurno foram analisadas usando métodos apropriados para grandes áreas considerando a taxa de cobertura do telhado. Para avaliar ainda mais os resultados, os mecanismos em estudos anteriores foram analisados e os espaços verdes em áreas residenciais foram avaliados usando o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI)	áreas residenciais de Seul, Coreia do Sul foram selecionadas como área de estudo	Temperatura de superfície terrestre, Fator de visão do céu; Índice de cobertura do edifício (telhado) e análise da altura do edifício;	Quantitativa	os resultados mostraram que as moradias isoladas de baixo crescimento estavam associadas a um FVC mais alto e a uma TST mais alto do que as habitações multifamiliares de arranha-céus porque a superfície do solo recebia mais radiação solar direta. No entanto, quando o FVC foi extremamente baixo (inferior a 0,2) por estar cercado por apartamentos de alta densidade, essa relação foi revertida devido ao maior calor antropogênico, menor desempenho de ventilação, menor infraestrutura verde e diminuição radiação de ondas longas, mesmo durante o dia. Isso tem grandes implicações para a saúde e o bem-estar dos residentes em áreas residenciais urbanas de alta densidade, pois receberão uma carga de radiação terrestre mais alta do que se pensava anteriormente, uma situação perigosa em caso de ondas de calor	
Li et al., 2023	avaliar o desempenho do microclima em três tipos típicos de espaços públicos residenciais: praças abertas, espaços com vegetação e espaços semi-externos, e sua relação com o ambiente construído ao redor durante as ondas de calor do verão.	A medição de campo dos parâmetros do microclima foi realizada em dois conjuntos habitacionais públicos selecionados em Hong Kong, seguida do cálculo dos índices de conforto térmico. Sua relação com fatores de construção e vegetação foi analisada.	três tipos típicos de espaços públicos residenciais: praças abertas, espaços com vegetação e espaços semi-externos	Temperatura do ar, umidade relativa, temperatura de globo, velocidade do ar, temperatura radiante média, índices de conforto térmico (PET,UTCI,HKHI), fatores de construção e vegetação 2D/3D	quantitativa	Os resultados mostraram padrões inconsistentes em diferentes variáveis microclimáticas entre os três tipos de espaços em diferentes horários do dia, enquanto as condições de conforto térmico nos três tipos de espaços são significativamente diferentes. Em espaços vegetados e praças abertas, os fatores dimensionais desempenharam papéis dominantes na determinação do microclima e das condições de conforto térmico, com o fator de visão do céu (SVF) contribuindo mais. Foi detectados o limite de SVF chave para melhoria efetiva do conforto térmico em torno de 0,4. Em espaços semi-exteriores, a composição bidimensional da cobertura do solo contribuiu mais do que os fatores tridimensionais.	Apenas dois Conjuntos habitacionais públicos típicos foram selecionados como locais de estudo, onde falta a diversidade de espaços semi-exteriores; Trabalhos futuros podem incorporar comparações entre períodos diurnos e noturnos; lém disso, considerando que fatores psicológicos e comportamentais podem influenciar a sensação térmica [84, 85], espera-se que estudos futuros adotem metodologias de pesquisa relacionadas.
Elkabany,2023	O principal objetivo deste estudo é chegar a um conjunto de resultados que permitam a concretização de edifícios ecologicamente corretos que tenham em conta as necessidades humanas e a saúde	Neste estudo, as fontes e os efeitos negativos dos campos eletromagnéticos na saúde humana foram identificados como um problema e algumas sugestões foram apresentadas para resolvê-los e evitar que as radiações eletromagnéticas negativas afetem a saúde humana, estabelecendo padrões para proteger os edifícios dos efeitos negativos da radiação eletromagnética	Não mencionado	Radiações eletromagnéticas	qualitativa	O ambiente residencial em nossa sociedade não pode ser considerado sustentável, a menos que os conceitos de sustentabilidade sejam adotados como base para teorias modernas de design residencial para usuários, promovendo a interação social e alcançando um ambiente saudável, livre de poluição por radiação, ao mesmo tempo em que fornece uma dimensão econômica por meio de o uso de materiais ecologicamente corretos a baixo custo, todas essas formas são alcançadas abraçando a ideia de design co-criativo que adota os princípios do design humano em que a saúde humana é o objetivo principal.	

Caswell et al., 2025	O objetivo da revisão foi identificar e avaliar evidências para entender se (e como) diferentes fatores de geometria urbana impactam na comodidade residencial ou satisfação de pessoas que vivem em prédios arranha céus em termos de conforto térmico e visual e, também, na saúde humana. Além disso, a revisão teve como objetivo identificar definições e conceitos-chave, índices ou métricas comumente aplicados, temas emergentes, lacunas ou inovações em pesquisa para dar suporte ao desenvolvimento de pesquisas conectando a pesquisa do ambiente construído com os campos da física urbana e saúde urbana.	A revisão utilizou as diretrizes da metodologia PRISMA para revisões sistemáticas. A revisão sistemática foi projetada e implementada para reduzir o viés no processo de seleção com relatórios avaliados para elegibilidade após a triagem, considerando razões relacionadas à escala (ou seja, nível de distrito/quarteirão urbano) e fatores de qualidade, como ser um estudo original com evidências empíricas ou o tamanho da amostra ser suficiente considerando os métodos aplicados.	78 artigos selecionados como amostra da revisão sistemática	conforto térmico, iluminação natural, privacidade visual e perspectiva	quantitativa	A pesquisa confirmou associações entre os objetivos e um número limitado de variáveis de geometria urbana incluindo altura do edifício. Cada vez mais, a cobertura de superfície verde é de interesse, mas os benefícios relativos das estratégias verdes sobre as estratégias de forma urbana ainda precisam ser comprovados em uma variedade de contextos climáticos. Uma estrutura de pesquisa de ajuste pessoa-ambiente é apresentada para dar suporte à otimização multibjetiva e pesquisa transversal conectando planejamento urbano, física urbana e pesquisa relacionada à saúde urbana.
-----------------------------	--	--	---	--	--------------	--



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Dados de identificação

Título do Projeto: **ASPECTOS DO CONFORTO E DO ENTORNO DE *HOME OFFICE* E A SAÚDE DE PROFISSIONAIS**

Pesquisadora Responsável: ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA
Instituição a que pertence o Pesquisador Responsável: UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Telefones para contato: (83) 9 9121-7357

Nome do voluntário:

Idade: _____ anos R.G. _____

O(A) Sr (a) está sendo convidado a participar do projeto de pesquisa **ASPECTOS DO CONFORTO E DO ENTORNO DE *HOME OFFICE* E A SAÚDE DE PROFISSIONAIS**, cujo responsável é a pesquisadora Adriana Gomes Lisboa de Souza, Fisioterapeuta e pesquisadora bolsista da FAPESQ, pela Universidade Federal da Paraíba. O objetivo do projeto é analisar as relações entre a ergonomia física, as características térmicas, níveis de radiação não ionizante, morfologia urbana, e os reflexos nos parâmetros fisiológicos e de percepção, no ambiente de teletrabalhadores em *Home Office*, nos períodos pós-pandêmico em diferentes bairros de João Pessoa-PB.

O (A) Sr (a) está sendo convidado porque a sua residência se localiza em uma área com temperatura um pouco mais elevada em relação a outros bairros. O(A) Sr(a) tem plena liberdade de recusar-se a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização. Também, poderá pedir mais informações sobre a pesquisa através do telefone do (a) pesquisador (a) do projeto e, se necessário, através do telefone do Comitê de Ética em Pesquisa - **Centro de Ciências da Saúde (Endereço:** Centro de Ciências da Saúde - 1º andar, Campus I - Cidade Universitária CEP: 58.051-900 - João Pessoa-PB; site: (<http://www.ccs.ufpb.br/eticaccsufpb/>) | Tel.: (83) 3216 7791 | e-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br).

Caso aceite participar, sua participação consiste em responder aos questionários referente ao conforto térmico, percepção de saúde e psicossocial, bem como permitir a instalação de três instrumentos no cômodo da sua residência onde é realizado o trabalho *Home office*, para medição térmica, de radiação não ionizante e ruído, pelo período de três dias consecutivos. Também será realizado um exame de parâmetros cardiocirculatório (frequência cardíaca, pressão arterial e nível de O₂ no sangue) e de hormônio de estresse (cortisol) no sangue e na saliva e de número e características dos linfócitos no sangue. Será feita também uma análise ergonômica do posto de trabalho, com registro fotográfico da sua postura durante a realização de suas tarefas laborais, do posto de trabalho, bem como dos elementos que contribuem a iluminação local.

Destaca-se que que será preservada a confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização dos participantes da pesquisa, garantindo-se a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou das comunidades, inclusive em termos de autoestima, de prestígio e/ou de aspectos econômico-financeiros.

Pesquisa com seres humanos pode oferecer riscos aos participantes. Nesta pesquisa os riscos para o(a) Sr.(a) são a interferência na sua privacidade pelo pesquisador ao adentrar na sua residência, a perda do tempo necessário para responder à entrevista e a interferência na vida e na rotina durante as medições. Também pode haver desconforto durante a coleta de sangue e saliva, semelhante às coletas realizados em um laboratório de análise bioquímico comum. Esses riscos serão minimizados através do agendamento prévio da data das medições e da entrevista, conforme a conveniência do participante, bem como pelas observações dos cuidados sanitários pelo pesquisador, incluindo uso de máscara, distanciamento social, higienização das mãos e dos instrumentos de medição e apresentação de teste recente com resultado negativo para Covid-19. As coletas de material biológico serão realizada por um médico (a) ou técnico (a) de enfermagem devidamente capacitado.

Como benefício desta pesquisa é esperado o preenchimento da lacuna do conhecimento científico, avaliando a relação da exposição residencial à radiação não-ionizante e às condições térmicas, avaliando se tais variáveis sofrem ou não influências de características do entorno da edificação e da configuração urbana, fornecendo informações adicionais para o planejamento familiar e urbano. Também serão oferecidos os indicativos de alterações fisiológicas e sugeridas melhorias do posto de trabalho de *Home Office*.

Se julgar necessário, o(a) Sr(a) dispõe de tempo para poder refletir sobre sua participação, consultando, se necessário, seus familiares ou outras pessoas que possam ajudá-los na tomada de decisão livre e esclarecida.

Garantimos ao(à) Sr(a) a manutenção do sigilo e da privacidade de sua participação e de seus dados durante todas as fases da pesquisa e posteriormente na divulgação científica.

O(A) Sr(a) pode entrar em contato com a pesquisadora responsável pela pesquisa, Adriana Gomes Lisboa de Souza ou seu supervisor Prof. Luiz Bueno da Silva, a qualquer tempo para informação adicional, no Laboratório de Análise do Trabalho, da Universidade Federal da Paraíba, localizado no Conjunto Presidente Castelo Branco III, João Pessoa - PB, ou pelos e-mail anairdasouza@yahoo.com.br / bueno@ct.ufpb.br, ou ainda pelo telefone (83) 9 9121 7357 / (83) 9 9106 6287, inclusive pelo aplicativo Whatsapp. Farão parte do estudo também os coautores da pesquisa: Beatriz Quirino dos Santos; Carmem Julianne Beserra Melo; Erivaldo Lopes de Souza; Flávia Brandão Ramalho de Brito; Jaquenísia Brito da Silva; Josiane Castelo Guss; Mirela Oliveira Medeiros; Matheus Medeiros Thé.

Este documento (TCLE) será elaborado em duas VIAS, que serão rubricadas em todas as suas páginas, exceto a com as assinaturas, e assinadas ao seu término pelo(a) Sr(a), ou por seu representante legal, e pelo pesquisador responsável, ficando uma via com cada um.

CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

Eu, _____, RG nº _____
_____ declaro ter sido informado e concordo em participar, como voluntário,
do projeto de pesquisa acima descrito.

____ / ____ / ____

Assinatura do Participante

Assinatura do Pesquisador Responsável

ANEXO 3- QUESTIONÁRIO DADOS INDIVIDUAIS

QUESTIONÁRIO DE DADOS INDIVIDUAIS - PESQUISA EM HOME OFFICE - LAT - UFPB

Prezado colaborador,

Este questionário é composto por 3 seções:

- A seção 1 contém informações gerais e dados sociodemográfico ;
 - A seção 2 contém informações sobre sensação térmica;
- Agradecemos pela sua participação.

1. NOME

2. SEXO

Marcar apenas uma oval.

☐ Masculino

☐ Feminino

3. IDADE

4. FUMANTE

Marcar apenas uma oval.

☐ SIM

☐ NÃO

5. CONSOME BEBIDA ALCOÓLICA:

Marcar apenas uma oval.

- ☐ DIARIAMENTE
- ☐ NOS FINAIS DE SEMANA
- ☐ QUASE NUNCA
- ☐ NUNCA

6. FAZ ATIVIDADE FÍSICA NAS HORAS VAGAS:

Marcar apenas uma oval.

- ☐ SEMPRE
- ☐ NOS FINAIS DE SEMANA
- ☐ QUASE NUNCA
- ☐ NUNCA

7. ESTADO CIVIL:

Marcar apenas uma oval.

- ☐ CASADO OU ACOMPANHADO
- ☐ SOLTEIRO

8. POSSUI FILHOS:

Marcar apenas uma oval.

- ☐ SIM
- ☐ NÃO

9. NÍVEL DE ESCOLARIDADE:

Marcar apenas uma oval.

☐ ENSINO MÉDIO

☐ SUPERIOR COMPLETO

☐ Outro: _____

10. CONDIÇÃO DE SAÚDE:

Marcar apenas uma oval.

☐ BOA

☐ RUIM

11. CONSTATA SINTOMA OU SINAL NA SAÚDE APÓS A PANDEMIA, QUE NÃO SENTIA ANTES:

Marcar apenas uma oval.

☐ SIM

☐ NÃO

12. SE A RESPOSTA DO ITEM ANTERIOR FOR SIM, DESCREVER QUAL SINTOMA:

13. VOCÊ COSTUMA SENTIR CANSAÇO VISUAL APÓS A JORNADA DE TRABALHO:

Marcar apenas uma oval.

☐ SIM

☐ NÃO

14. VOCÊ SE SENTE CANSADO, TENSO OU NERVOSO NO DECORRER DO DIA DO TRABALHO:

Marcar apenas uma oval.

☐ SIM

☐ NÃO

15. TEMPO DE EMPRESA

16. TEMPO DE TRABALHO DIÁRIO

17. TIPO DE IMÓVEL ONDE REALIZA O TRABALHO HOME OFFICE

Marcar apenas uma oval.

☐ APARTAMENTO

☐ CASA

18. SE A RESPOSTA DO ITEM ANTERIOR FOR APARTAMENTO, DESCREVER O ANDAR

19. RESIDE PROXIMO A AVENIDA MOVIMENTADA OU FONTE DE RUÍDO:

Marcar apenas uma oval.

☐ SIM

☐ NÃO

20. QUAL O LOCAL DA CASA ONDE REALIZA AS ATIVIDADES HOME OFFICE:

Marcar apenas uma oval.

☐ SALA

☐ COZINHA

☐ QUARTO

☐ VARADA

☐ Outro: _____

21. QUAL A ORIENTAÇÃO DO CÔMODO DE TRABALHO OU ESTUDO:

Marcar apenas uma oval.

☐ SUL

☐ NORTE

☐ LESTE

☐ OESTE

22. HÁ BARREIRAS QUE GERAM SOMBRAS:

Marcar apenas uma oval.

☐ SIM

☐ NÃO

23. A DIMENSÃO DA SUPERFÍCIE DE TRABALHO OU ESTUDO É CONFORTÁVEL:

Marcar apenas uma oval.

☐ SIM

☐ NÃO

24. EM QUAIS TURNOS DO DIA VOCÊ COSTUMA UTILIZAR SEU POSTO DE TRABALHO

Marque todas que se aplicam.

☐ MANHÃ

☐ TARDE

☐ NOITE

25. A VENTILAÇÃO NATURAL DO AMBIENTE É SATISFATÓRIA:

Marcar apenas uma oval.

☐ SIM

☐ NÃO

26. QUAL É O TIPO DE ROUPAS NORMALMENTE UTILIZADAS DURANTE O TRABALHO:

27. EXISTE SISTEMA DE VENTILAÇÃO NO LOCAL AVALIADO:

Marcar apenas uma oval.

☐ NÃO

☐ SIM

28. SE A RESPOSTA DO ITEM ANTERIOR FOR SIM, ESPECIFICAR:

Marque todas que se aplicam.

☐ JANELAS

☐ VENTILADOR

☐ AR CONDICIONADO

29. REGISTRO DE HORARIO DE ATIVIDADES NO DIA DA PESQUISA - CAFÉ DA MANHA

30. REGISTRO DE HORARIO DE ATIVIDADES NO DIA DA PESQUISA - ALMOÇO

31. REGISTRO DE HORARIO DE ATIVIDADES NO DIA DA PESQUISA - LANCHE

32. REGISTRO DE HORARIO DE ATIVIDADES NO DIA DA PESQUISA - PAUSA

33. REGISTRO DE HORARIO DE ATIVIDADES NO DIA DA PESQUISA - SESTA

34. REGISTRO DE HORARIO DE ATIVIDADES NO DIA DA PESQUISA - OUTROS

Avaliação de sensação térmica - ISO 10551:2011 (ADAPTADO)

35. CLASSIFIQUE A SENSACÃO TÉRMICA NO LOCAL ONDE VOCÊ DESENVOLVE AS ATIVIDADES HOME OFFICE:

Marcar apenas uma oval.

- ☐ +3: QUENTE
- ☐ +2: CALOROSO
- ☐ +1: LIGEIRAMENTE QUENTE
- ☐ 0: NEUTRO
- ☐ -1: UM POUCO LEGAL
- ☐ -2: LEGAL
- ☐ -3: FRIO

36. EM CASO DE SENSACÃO TÉRMICA QUENTE, CALOROSA OU LIGEIRAMENTE QUENTE, ELA É:

Marcar apenas uma oval.

- ☐ GERAL
- ☐ LOCAL

37. SE A RESPOSTA DO ITEM ANTERIOR FOR LOCAL, ESPECIFICAR:

38. COM RELAÇÃO A SENSÇÃO TÉRMICA, COMO VOCÊ ESTÁ SE SENTINDO NESSE MOMENTO:

Marcar apenas uma oval.

- ☐ MUITO ALOR
- ☐ COM CALOR
- ☐ LEVEMENTE COM CALOR
- ☐ NEUTRO
- ☐ LEVEMENTE COM FRIO
- ☐ COM FRIO
- ☐ MUITO FRIO

39. DE QUE MANEIRA VOCÊ SE ENCONTRA NESTE MOMENTO:

Marcar apenas uma oval.

- ☐ CONFORTÁVEL
- ☐ LEVEMENTE DESCONFORTÁVEL
- ☐ DESCONFORTÁVEL
- ☐ MUITO DESCONFORTÁVEL

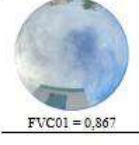
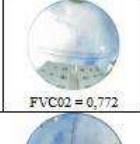
40. VOCÊ GOSTARIA DE SE SENTIR AGORA:

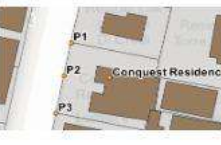
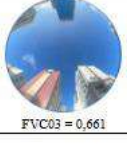
Marcar apenas uma oval.

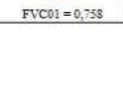
- ☐ MAIS AQUECIDO
- ☐ UM POUCO MAIS AQUECIDO
- ☐ ☐ UM POUCO MAIS
REFRESCADO
- ☐ ☐ MAIS REFRESCADO

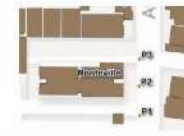
ANEXO 4: DETALHAMENTO DAS IMAGENS OBTIDAS PARA CÁLCULO DO FVC

TR1: Edifício Mont Serrat    FVC01 = 0,542 FVC02 = 0,649 FVC03 = 0,629	Localização dos pontos das fotos 	Localização: Rua Ambrosina Soares dos Santos, nº 71, Bessa. FVC Mín = 0,542 / Máx = 0,649 / Média = 0,607 Largura da via (W) = 16,26m Altura média das edificações (H) = 6,76m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR2: Attuale Residence       FVC01 = 0,566 FVC02 = 0,637 FVC03 = 0,405 FVC04 = 0,574 FVC05 = 0,604 FVC06 = 0,674	Localização dos pontos das fotos 	Localização: Rua Professora Maria Jacy Pinto Costa, 51, Jardim Oceania. FVC Mín = 0,405 / Máx = 0,674 / Média = 0,577 Largura da via (W) = 12,31m Altura média das edificações (H) = 14,55m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR3: Residencial Reinos do Sul    FVC01 = 0,785 FVC02 = 0,737 FVC03 = 0,847	Localização dos pontos das fotos 	Localização: Rua Tabeleiro Ernaldo Nunes Oliveira, 51, Jardim Cidade Universitária FVC Mín = 0,737 / Máx = 0,847 / Média = 0,790 Largura da via (W) = 11,01m Altura média das edificações (H) = 5,72m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR4: Ed. Engenheiro Antônio Lyra     FVC01 = 0,647 FVC02 = 0,645 FVC03 = 0,621 FVC04 = 0,721	Localização dos pontos das fotos 	Localização: Rua Presidente Roosevelt, 88, Expedicionários FVC Mín = 0,621 / Máx = 0,721 / Média = 0,659 Largura da via (W) = 12,95m Altura média das edificações (H) = 5,47m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR5: Residencial Olga Amorim    FVC01 = 0,529 FVC02 = 0,675 FVC03 = 0,766	Localização dos pontos das fotos 	Localização: Av. Cabo Branco, 3582, Cabo Branco FVC Mín = 0,529 / Máx = 0,766 / Média = 0,666 Largura da via (W) = 23,78m Altura média das edificações (H) = 8,89m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR6: Ed. Rosa do Prado    FVC01 = 0,586 FVC02 = 0,693 FVC03 = 0,669	Localização dos pontos das fotos 	Localização: Rua Fernando Henrique dos Santos, 756, Jardim Oceania FVC Mín = 0,586 / Máx = 0,693 / Média = 0,649 Largura da via (W) = 18,99m Altura média das edificações (H) = 9,24m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR7: Residencial Saint Michel      FVC01 = 0,702 FVC02 = 0,673 FVC03 = 0,691 FVC04 = 0,744 FVC05 = 0,808	Localização dos pontos das fotos 	Localização: Rua Antônio Miguel Duarte, 115, Bancários FVC Mín = 0,673 / Máx = 0,808 / Média = 0,724 Largura da via (W) = 17,20m Altura média das edificações (H) = 7,83m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.

TR8: Edifício Turmalina  FVC01 = 0,857  FVC02 = 0,852  FVC03 = 0,638	Localização dos pontos das fotos 	Localização: Rua Wagner Alexandrino Bezerra Japyassu, 115, Bancários. FVC Mín = 0,638 / Máx = 0,857 / Média = 0,782 Largura da via (W) = 12,12m Altura média das edificações (H) = 4,97m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR9: Edifício Monte Carlos  FVC01 = 0,867  FVC02 = 0,880  FVC03 = 0,773  FVC04 = 0,831	Localização dos pontos das fotos 	Localização: Rua Antônio Dias de Freitas, 205, Bancários. FVC Mín = 0,773 / Máx = 0,880 / Média = 0,838 Largura da via (W) = 11,98m Altura média das edificações (H) = 4,30m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR10: Edifício Paulo Miranda 4  FVC01 = 0,837  FVC02 = 0,772  FVC03 = 0,935  FVC04 = 0,903	Localização dos pontos das fotos 	Localização: Rua bancários Pedro de França Macedo, 451, Bancários. FVC Mín = 0,772 / Máx = 0,935 / Média = 0,862 Largura da via (W) = 11,80m Altura média das edificações (H) = 4,10m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR11: Casa Nº 93  FVC01 = 0,924  FVC02 = 0,890  FVC03 = 0,894  FVC04 = 0,926	Localização dos pontos das fotos 	Localização: Rua Bancário Emilson Lucena nº 93, Bancários. FVC Mín = 0,890 / Máx = 0,926 / Média = 0,909 Largura da via (W) = 11,91m Altura média das edificações (H) = 4,60m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR12: Casa Nº 1535  FVC01 = 0,844  FVC02 = 0,838  FVC03 = 0,839  FVC04 = 0,735  FVC05 = 0,780	Localização dos pontos das fotos 	Localização: Rua Desportista José Eduardo de Holanda, 1535, Cabo Branco. FVC Mín = 0,735 / Máx = 0,844 / Média = 0,807 Largura da via (W) = 10,71m Altura média das edificações (H) = 8,97m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR13: Edifício Tropical  FVC01 = 0,875  FVC02 = 0,664  FVC03 = 0,653  FVC04 = 0,652  FVC05 = 0,779	Localização dos pontos das fotos 	Localização: Avenida Cabo Branco, 3844, apt 301, Cabo Branco FVC Mín = 0,652 / Máx = 0,875 / Média = 0,725 Largura da via (W) = 22,45m Altura média das edificações (H) = 11,20m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.

TR14: Edifício Passárgada  FVC01 = 0,736  FVC02 = 0,625  FVC03 = 0,638  FVC04 = 0,747  FVC05 = 0,658	Localização dos pontos das fotos 	Localização: Av. Presidente Epitácio Pessoa, 4595, Tambau. FVC Mín = 0,625 / Máx = 0,747 / Média = 0,681 Largura da via (W) = 29,60m Altura média das edificações (H) = 14,26 Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR15: Conquest Residence  FVC01 = 0,451  FVC02 = 0,349  FVC03 = 0,366	Localização dos pontos das fotos 	Localização: Av. Silvino Lopes, 547, Tambau. FVC Mín = 0,349 / Máx = 0,451 / Média = 0,389 Largura da via (W) = 20,21m Altura média das edificações (H) = 16,04m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR16: Antônio Medeiros  FVC01 = 0,666  FVC02 = 0,680  FVC03 = 0,661  FVC04 = 0,650	Localização dos pontos das fotos 	Localização: Rua professora Maria Sales 621, Tambau. FVC Mín = 0,650 / Máx = 0,680 / Média = 0,665 Largura da via (W) = 19,67m Altura média das edificações (H) = 11,56m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR17: Residencial Vela e Mar  FVC01 = 0,742  FVC02 = 0,823  FVC03 = 0,826	Localização dos pontos das fotos 	Localização: Av. Pres. Afonso Pena, 1768 - Bessa. FVC Mín = 0,742 / Máx = 0,826 / Média = 0,797 Largura da via (W) = 13,30m Altura média das edificações (H) = 6,42m Vegetação na rua = Uma área de vegetação densa na frente do prédio.
TR18: Hercília Paz  FVC01 = 0,867  FVC02 = 0,805  FVC03 = 0,863	Localização dos pontos das fotos 	Localização: Avenida Argemiro de Figueiredo 749, Jardim Oceania FVC Mín = 0,805 / Máx = 0,867 / Média = 0,845 Largura da via (W) = 28,64m Altura média das edificações (H) = 6,51m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR19: Edifício Nº 274  FVC01 = 0,698  FVC02 = 0,745  FVC03 = 0,737	Localização dos pontos das fotos 	Localização: Rua Professor Joaquim Santiago, 274, Expedicionários FVC Mín = 0,6981 / Máx = 0,745 / Média = 0,727 Largura da via (W) = 11,92m Altura média das edificações (H) = 4,09m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR20: Residencial La Grace  FVC01 = 0,815  FVC02 = 0,832  FVC03 = 0,814	Localização dos pontos das fotos 	Localização: Rua Francisco de Andrade Carneiro, 155, Bessa FVC Mín = 0,814 / Máx = 0,832 / Média = 0,820 Largura da via (W) = 15,32m Altura média das edificações (H) = 4,20m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR21: Casa Mangabeira  FVC01 = 0,780  FVC02 = 0,827  FVC03 = 0,783	Localização dos pontos das fotos 	Localização: Rua Laura Muniz de Lima, 76, Mangabeira. FVC Mín = 0,780 / Máx = 0,827 / Média = 0,797 Largura da via (W) = 9,74m Altura média das edificações (H) = 3,48m Vegetação na rua = Uma praça com bastante árvores em frente ao edifício.

TR22: Edifício Maria Tereza			Localização dos pontos das fotos	Localização: Av. Manoel Morais, 378, Manairá
				FVC Mín = 0,716 / Máx = 0,751 / Média = 0,729 Largura da via (W) = 15,35m Altura média das edificações (H) = 6,14m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR23: Casa Valentina			Localização dos pontos das fotos	Localização: Rua Pedro Fiuza Chaves, 156, Valentina
				FVCmín = 0,967 / FVCmáx = 0,979 / FVCmédia = 0,971 Largura da via (W) = 13,06 m Altura média estimada das edificações (H) = 3,60 m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR24: Residencial Maria Celestina II			Localização dos pontos das fotos	Localização: Rua Comerciante Aristides Costa, 39, Jardim Cidade Universitária
				FVC Mín = 0,511 / Máx = 0,594 / Média = 0,562 Largura da via (W) = 11,82m Altura média das edificações (H) = 5,01 Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR25: Edifício 37270			Localização dos pontos das fotos	Localização: Avenida Deputado Odon Bezerra, 279, Tambiá
				FVC Mín = 0,367 / Máx = 0,799 / Média = 0,623 Largura da via (W) = 16,26m Altura média das edificações (H) = 3,71m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR26: Edifício Nº146			Localização dos pontos das fotos	Localização: Rua Jacira de Vasconcelos Claudino, 146, Mangabeira.
				FVC Mín = 0,501 / Máx = 0,916 / Média = 0,749 Largura da via (W) = 9,76m Altura média das edificações (H) = 4,06m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
				
FVC04 = 0,735	FVC05 = 0,916	FVC06 = 0,895	FVC07 = 0,795	
TR27: Residencial Santa Inês			Localização dos pontos das fotos	Localização: Rua Doutor Damasquins Ramos Maciel, 923, Bessa.
				FVC Mín = 0,680 / Máx = 0,799 / Média = 0,721 Largura da via (W) = 14,67 Altura média das edificações (H) = 4,79 Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
FVC01 = 0,799	FVC02 = 0,680	FVC03 = 0,683		
TR28: Condomínio Moliere Maison			Localização dos pontos das fotos	Localização: Rua Professora Maria Sales, 731, Tambiá
				FVC Mín = 0,619 / Máx = 0,695 / Média = 0,645 Largura da via (W) = 10,67m Altura média das edificações (H) = 7,57m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
FVC01 = 0,620	FVC02 = 0,619	FVC03 = 0,695		
TR29: Residencial Príncipe de Dubai			Localização dos pontos das fotos	Localização: Rua Cecília Rodrigues Siqueira, 380, Bancários
				FVC Mín = 0,745 / Máx = 0,883 / Média = 0,801 Largura da via (W) = 11,79m Altura média das edificações (H) = 4,42m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
FVC01 = 0,758	FVC02 = 0,883	FVC03 = 0,816		
				
FVC04 = 0,758				
TR30: Casa Bancários			Localização dos pontos das fotos	Localização: Rua Alcebiades da Cunha, 215, Bancários
				FVC Mín = 0,763 / Máx = 0,890 / Média = 0,840 Largura da via (W) = 11,87m Altura média das edificações (H) = 4,26m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
FVC01 = 0,763	FVC02 = 0,890	FVC03 = 0,867		
TR31: Residencial Gardênia			Localização dos pontos das fotos	Localização: Rua Maria Elzete de Coutinho Fabricio, 240, Bancários
				FVC Mín = 0,857 / Máx = 0,902 / Média = 0,885 Largura da via (W) = 12,88m Altura média das edificações (H) = 3,67m Vegetação na rua = Árvores de pequeno porte em toda extensão da rua.
FVC01 = 0,896	FVC02 = 0,857	FVC03 = 0,902		

TR32: Residencial Mirante do Valentina			Localização dos pontos das fotos	Localização: Rua Recife, 55, Valentina
				FVCmin = 0,908 / FVCmax = 0,931 / FVCmedia = 0,923 Largura da via (W) = 11,99 m Altura média estimada das edificações (H) = 3,68 m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR33: Residencial São Miguel Arcanjo II			Localização dos pontos das fotos	Localização: Rua Tenente Francisco de Assis Moreira, 308, Bancários
				FVCmin = 0,793 / FVCmax = 0,869 / FVCmedia = 0,829 Largura da via (W) = 14,71 m Altura média estimada das edificações (H) = 4,45 m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR34: Residencial Litoral Sul			Localização dos pontos das fotos	Localização: Rua Joaquim Borba Filho, 555, Bancários
				FVCmin = 0,742 / FVCmax = 0,893 / FVCmedia = 0,842 Largura da via (W) = 11,01 m Altura média estimada das edificações (H) = 3,60 m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR35: Edifício Bandeirantes V			Localização dos pontos das fotos	Localização: Rua Juiz Arnaldo Ferreira Alves, 193, Bancários
				FVC Mín = 0,781 / Máx = 0,846 / Média = 0,828 Largura da via (W) = 11,24 m Altura média das edificações (H) = 4,12 m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR36: Casa Nº 88			Localização dos pontos das fotos	Localização: Rua Lourival Eustáquio da Fonseca, 88, Funcionários II
				FVC Mín = 0,600 / Máx = 0,879 / Média = 0,731 Largura da via (W) = 12,50 m Altura média das edificações (H) = 4,00 m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR37: Residencial Horizonte Tropical			Localização dos pontos das fotos	Localização: Rua Governador Mario Covas, 201, João Paulo II
				FVC Mín = 0,903 / Máx = 0,986 / Média = 0,942 Largura da via (W) = 12,46 m Altura média das edificações (H) = 5,14 m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
				
FVC04 = 0,903	FVC05 = 0,936			
TR38: Residencial Matilde Bandeira			Localização dos pontos das fotos	Localização: Rua Luiz Germôgio, 113, Cidade Jardim Universitária
				FVC Mín = 0,402 / Máx = 0,851 / Média = 0,679 Largura da via (W) = 10,03 m Altura média das edificações (H) = 4,22 m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
FVC01 = 0,851	FVC02 = 0,784	FVC03 = 0,402		
TR39: Edifício Monteville			Localização dos pontos das fotos	Localização: Av. Valdemar Nazareno, 1226, Geisel
				FVC Mín = 0,837 / Máx = 0,869 / Média = 0,857 Largura da via (W) = 16,95 m Altura média das edificações (H) = 3,42 m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
FVC01 = 0,864	FVC02 = 0,869	FVC03 = 0,837		
TR40: Residencial João Vieira III			Localização dos pontos das fotos	Localização: Av. Flamboyant, 210, Anatólia
				FVC Mín = 0,402 / Máx = 0,878 / Média = 0,722 Largura da via (W) = 16,00 m Altura média das edificações (H) = 3,73 m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
FVC01 = 0,412	FVC02 = 0,875	FVC03 = 0,878		
TR41: Edifício Vismare			Localização dos pontos das fotos	Localização: Av. Manoel Cavalcante de Sousa, 380, Cabo Branco
				FVC Mín = 0,709 / Máx = 0,733 / Média = 0,719 Largura da via (W) = 20,00 m Altura média das edificações (H) = 7,99 m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
FVC01 = 0,733	FVC02 = 0,709	FVC03 = 0,716		

TR42: Holanda: Prime Shopping Residence			Localização dos pontos das fotos:	Localização: Av. Antônio Lira, 536, Tambaú.
				FVC Mín = 0,641 / Máx = 0,758 / Média = 0,705 Largura da via (W) = 21,00 m Altura média das edificações (H) = 7,30 m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR43: Residencial Villa do Mar			Localização dos pontos das fotos:	Localização: Rua Vanja Viana Sales, 169, Aerochube.
				FVC Mín = 0,786 / Máx = 0,832 / Média = 0,813 Largura da via (W) = 12,00 m Altura média das edificações (H) = 8,69 m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR44: Casa Nº 52			Localização dos pontos das fotos:	Localização: Rua Joana Moraes Lordão, 52, Cristo Redentor.
				FVC Mín = 0,981 / Máx = 0,990 / Média = 0,987 Largura da via (W) = 16,40 m Altura média das edificações (H) = 3,40 m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR45: Residencial Amanda Lacerão			Localização dos pontos das fotos:	Localização: Rua Francisco Sarmento Meira, 70, Bessa.
				FVC Mín = 0,810 / Máx = 0,916 / Média = 0,855 Largura da via (W) = 16,00 m Altura média das edificações (H) = 4,98 m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR46: Edifício Maria Ramos			Localização dos pontos das fotos:	Localização: Rua Antônio Cordeiro da Costa, 15, Mangabeira II.
				FVC Mín = 0,870 / Máx = 0,949 / Média = 0,899 Largura da via (W) = 10,00 m Altura média das edificações (H) = 3,74 m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
				
TR47: Residencial Bem Te Vi			Localização dos pontos das fotos:	Localização: Rua das Misericórdias, 55, Geisel.
				FVC Mín = 0,710 / Máx = 0,947 / Média = 0,860 Largura da via (W) = 12,00 m Altura média das edificações (H) = 3,57 m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
				
TR48: Casa Nº54			Localização dos pontos das fotos:	Localização: Rua Antônio Laurentino Ramos, 54, Jardim São Paulo
				FVC Mín = 0,852 / Máx = 0,917 / Média = 0,876 Largura da via (W) = 12,00 m Altura média das edificações (H) = 4,70 m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR49: Casa Nº157			Localização dos pontos das fotos:	Localização: Rua Arlindo Joaquim da Silva, 157, Valentina.
				FVC Mín = 0,277 / Máx = 0,841 / Média = 0,610 Largura da via (W) = 34,00 m Altura média das edificações (H) = 3,45 m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.
TR50: Residencial Emaús			Localização dos pontos das fotos:	Localização: Rua dos Eucaliptos, 170, Anatólia.
				FVC Mín = 0,953 / Máx = 0,966 / Média = 0,959 Largura da via (W) = 12,00 m Altura média das edificações (H) = m Vegetação na rua = Poucas árvores isoladas.

ANEXO 5: CONFIGURAÇÕES DOS MODELOS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA

MULTILAYER PERCEPTRON MODEL

As opções apresentadas nas Tabela 1 e Tabela 2 constituem a melhor configuração encontrada para o modelo MLP por meio de teste de verificação de desempenho manual para inúmeras configurações. Neste trabalho, a função selecionada para as camadas ocultas foi a Rectified Linear Unit (ReLU). A ReLU é computacionalmente eficiente e ajuda a mitigar problemas de desvanecimento de gradiente. Ela atua zerando quaisquer entradas negativas e mantendo os valores positivos.

Tabela 1 – Estrutura de camadas do modelo MLP para Temperatura Operativa.

Camada	Neurônios	Função de Ativação
Camada de Entrada	64	-
Camada Oculta	32	ReLU
Camada de Saída	1	-

Tabela 2 – Estrutura de camadas do modelo MLP para RNI.

Camada	Neurônios	Função de Ativação
Camada de Entrada	32	-
Camada Oculta	16	ReLU
Camada de Saída	1	-

Além da arquitetura física da rede, o processo de aprendizado é controlado por variáveis externas conhecidas como hiperparâmetros. As configurações adotadas neste estudo estão dispostas nas Tabela 3 e Tabela 4.

Tabela 3 – Configuração do modelo MLP para Temperatura Operativa.

Configuração	Hiperparâmetro	Valor
Early Stopping	Patience	15
Treino do Modelo	Epoch	500
Treino do Modelo	Batch Size	10

Tabela 4 – Configuração do modelo MLP para RNI.

Configuração	Hiperparâmetro	Valor
Early Stopping	Patience	15
Treino do Modelo	Epoch	500
Treino do Modelo	Batch Size	10

CATEGORICAL BOOSTING (CATBOOST)

A implementação do CatBoost foi realizada utilizando a biblioteca Python Catboost. A definição dos hiperparâmetros, observada no código de treinamento, foi ajustada para equilibrar a capacidade de aprendizado e a prevenção de superajuste de forma manual. As configurações para cada modelo CatBoost estão expostas nas Tabela 5 e Tabela 6.

Tabela 5 – Configuração dos hiperparâmetros do modelo CatBoost para Temperatura Operativa.

Categoria	Hiperparâmetro	Valor
Estrutura	Depth	10
Treinamento	Iterations	500
Treinamento	Learning Rate	0.005
Regularização	Early Stopping Rounds	15
Otimização	Loss Function	RMSE

Tabela 6 – Configuração dos hiperparâmetros do modelo CatBoost para RNI.

Categoria	Hiperparâmetro	Valor
Estrutura	Depth	5
Treinamento	Iterations	500
Treinamento	Learning Rate	0.005
Regularização	Early Stopping Rounds	15
Otimização	Loss Function	RMSE

RANDOM FOREST

A definição dos hiperparâmetros, apresentada nas Tabela 7 e Tabela 8, foi estabelecida visando o equilíbrio entre a capacidade de aprendizado e a prevenção do overfitting com o menor esforço computacional possível.

Tabela 7 – Configuração dos hiperparâmetros do modelo Random Forest para Temperatura Operativa.

Categoria	Hiperparâmetro	Valor
Estrutura	Estimators	500
Regularização	Max Depth	10
Divisão	Min Samples Split	2
Folha	Min Samples Leaf	1

Tabela 8 – Configuração dos hiperparâmetros do modelo Random Forest para RNI.

Categoria	Hiperparâmetro	Valor
Estrutura	Estimators	500
Regularização	Max Depth	5
Divisão	Min Samples Split	2
Folha	Min Samples Leaf	1

ANEXO 6: PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA

CENTRO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA -
CCS/UFPB



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ASPECTOS DO CONFORTO E DO ENTORNO DE HOME OFFICE E A SAÚDE DE PROFISSIONAIS..

Pesquisador: ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 68502423.6.0000.5188

Instituição Proponente: Centro de Tecnologia

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.079.720

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um protocolo de pesquisa egresso do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para o desenvolvimento da pesquisa, no âmbito do pós-doutoramento, do CENTRO DE TECNOLOGIA, da UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, da pesquisadora ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA, sob supervisão do Prof. Dr. Luiz Bueno da Silva, onde constam como membros da equipe de pesquisa: MIRELA OLIVEIRA MEDEIROS, Flávia Brandão Ramalho de Brito, MATHEUS MEDEIROS THE, JAQUENISIA BRITO DA SILVA, Beatriz Quirino, CARMEM JULIANNE BESERRA MELO, Erivaldo Lopes de Souza e JOSIANE CASTELO GUSS.

Objetivo da Pesquisa:

Na avaliação dos objetivos apresentados os mesmos estão coerentes com o propósito do estudo:

Objetivo Primário:

Analisar as relações entre as características térmicas, níveis de radiação não ionizante, condições ergonômicas do posto de trabalho, morfologia urbana, e os parâmetros fisiológicos e de percepção de teletrabalhadores em ambientes de HO.

Endereço: Prédio do CCS UFPB - 1º Andar

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br

CENTRO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA -
CCS/UFPB



Continuação do Parecer: 6.079.720

Objetivos Secundários:

- a) Verificar as relações entre as variações dos parâmetros fisiológicos de pressão arterial, frequência cardíaca e O₂ no sangue e as variáveis térmicas e de radiação não-ionizante;
- b) Avaliar os níveis do hormônio cortisol e a função dos linfócitos no sangue de trabalhadores em Home Office. No caso de alterações, verificar sua relação com os níveis de radiação não-ionizante mensuradas no ambiente de HO;
- c) Avaliar os sintomas de dor e distúrbios musculoesqueléticos associada à ergonomia do posto de trabalho HO;
- d) Avaliar a percepção do conforto térmico e os sintomas de fadiga, estresse e depressão e sua associação com as variáveis térmicas e de radiação não-ionizante;
- e) Mensurar e analisar níveis de ruído no posto de trabalho remoto e sua associação com o conforto acústico;
- f) Mensurar e analisar níveis de iluminação no posto de trabalho remoto e sua associação com o início ou o agravamento de distúrbios visuais;
- g) Mensurar e analisar o campo eletromagnético no entorno das edificações, com o objetivo de verificar se há ou não influência desse campo no posto trabalho remoto;
- h) Investigar as características urbanas (taxa de ocupação, densidade, fator de visão do céu visível) e sua influência nas variáveis ambientais térmicas e de radiação não-ionizante no HO a partir do monitoramento de ambientes domésticos com trabalhadores em regime de Home Office.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Na avaliação dos riscos e benefícios apresentados estão coerentes com a Resolução 466/2012 CNS, item V "Toda pesquisa com seres humanos envolve riscos em tipos e gradações variadas. Quanto maiores e mais evidentes os riscos, maiores devem ser os cuidados para minimizá-los e a proteção oferecida pelo Sistema CEP/CONEP aos participantes.

Endereço: Prédio do CCS UFPB - 1º Andar
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 58.051-900
UF: PB **Município:** JOAO PESSOA
Telefone: (83)3216-7791 **Fax:** (83)3216-7791 **E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

**CENTRO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA -
CCS/UFPB**



Continuação do Parecer: 6.079.720

Riscos:

Nesta pesquisa os riscos para são a interferência na sua privacidade pelo pesquisador ao adentrar na sua residência, a perda do tempo necessário para responder à entrevista e a interferência na vida e na rotina durante as medições. Também pode haver desconforto durante a coleta de sangue e saliva, semelhante às coletas realizados em um laboratório de análise bioquímico comum. Esses riscos serão minimizados através do agendamento prévio da data das medições e da entrevista, conforme a conveniência do participante, bem como pelas observações dos cuidados sanitários pelo pesquisador, incluindo uso de máscara, distanciamento social, higienização das mãos e dos instrumentos de medição e apresentação de teste recente com resultado negativo para Covid-19. As coletas de material biológico será realizada por um médico (a) ou técnico de enfermagem devidamente capacitado.

Benefícios:

Abrir/ampliar o debate sobre o ambiente Home Office e suas repercussões na saúde física e mental de teletrabalhadores. Neste sentido, o estudo pretende contribuir para desenvolver modelos matemáticos que consigam representar a relação entre conforto térmico, pressão arterial, frequência cardíaca e níveis de estresse. Também oferecer dados práticos, para o desenvolvimento de normas regulamentadora do ambiente de Home Office, dentro dos preceitos da ergonomia.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O presente projeto apresenta coerência científica, mostrando relevância para a academia, haja vista a ampliação do conhecimento, onde se busca, principalmente, analisar as relações entre as características térmicas, níveis de radiação não ionizante, condições ergonômicas do posto de trabalho, morfologia urbana, e os parâmetros fisiológicos e de percepção de teletrabalhadores em ambientes de HO.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os Termos de Apresentação Obrigatória, foram anexados tempestivamente.

Recomendações:

RECOMENDAMOS QUE, CASO OCORRA QUALQUER ALTERAÇÃO NO PROJETO (MUDANÇA NO TÍTULO, NA AMOSTRA OU QUALQUER OUTRA), A PESQUISADORA RESPONSÁVEL DEVERÁ

Endereço: Prédio do CCS UFPB - 1º Andar
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 58.051-900
UF: PB **Município:** JOÃO PESSOA
Telefone: (83)3216-7791 **Fax:** (83)3216-7791 **E-mail:** comiledeetica@ccs.ufpb.br

**CENTRO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA -
CCS/UFPB**



Continuação do Parecer: 6.079.720

EMENDA INFORMANDO TAL(IS) ALTERAÇÃO(ÕES), ANEXANDO OS DOCUMENTOS NECESSÁRIOS.

RECOMENDAMOS TAMBÉM QUE AO TÉRMINO DA PESQUISA A PESQUISADORA RESPONSÁVEL ENCAMINHE AO COMITÊ DE ÉTICA PESQUISA DO CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, RELATÓRIO FINAL E DOCUMENTO DEVOLUTIVO COMPROVANDO QUE OS DADOS FORAM DIVULGADOS JUNTO À(S) INSTITUIÇÃO(ÕES) ONDE OS MESMOS FORAM COLETADOS, AMBOS EM PDF, VIA PLATAFORMA BRASIL, ATRAVÉS DE NOTIFICAÇÃO, PARA OBTENÇÃO DA CERTIDÃO DEFINITIVA.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

TENDO EM VISTA O CUMPRIMENTO DAS PENDÊNCIAS ELENCADAS NO PARECER ANTERIOR E A NÃO OBSERVÂNCIA DE NENHUM IMPEDIMENTO ÉTICO, SOMOS DE PARECER FAVORÁVEL A EXECUÇÃO DO PRESENTE PROJETO, DA FORMA COMO SE APRESENTA, SALVO MELHOR JUÍZO.

Considerações Finais a critério do CEP:

Certifico que o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba – CEP/CCS aprovou a execução do referido projeto de pesquisa. Outrossim, informo que a autorização para posterior publicação fica condicionada à submissão do Relatório Final na Plataforma Brasil, via Notificação, para fins de apreciação e aprovação por este egrégio Comitê.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2097053.pdf	10/05/2023 15:36:47		Aceito
Orçamento	Orcamento_modificado.pdf	09/05/2023 17:06:27	ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA	Aceito
Cronograma	Cronograma_Modificado.pdf	09/05/2023 17:06:00	ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Home_Office_Fapesq_Modificado.pdf	09/05/2023 17:03:57	ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA	Aceito
TCLE / Termos de	TCLE_Modificado.pdf	09/05/2023	ADRIANA GOMES	Aceito

Endereço: Prédio do CCS UFPB - 1º Andar
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 58.051-900
UF: PB **Município:** JOÃO PESSOA
Telefone: (83)3216-7791 **Fax:** (83)3216-7791 **E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

**CENTRO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA -
CCS/UFPB**



Continuação do Parecer: 6.079.720

Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Modificado.pdf	17:03:07	LISBOA DE SOUZA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Home_office_Fapesq.pdf	03/04/2023 11:42:32	ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRostoCT_Assinada.pdf	03/04/2023 11:41:26	ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA	Aceito
Brochura Pesquisa	JOB_CONTENT.pdf	09/03/2023 11:19:51	ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA	Aceito
Brochura Pesquisa	Questionario_Dados_Individuais.pdf	09/03/2023 11:18:17	ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA	Aceito
Brochura Pesquisa	Certidao_colegiado.pdf	09/03/2023 11:17:11	ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA	Aceito
Brochura Pesquisa	Questionario_Nordico.pdf	02/03/2023 12:26:26	ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA	Aceito
Brochura Pesquisa	Questionario_Kano.pdf	02/03/2023 12:26:13	ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA	Aceito
Brochura Pesquisa	Questionario_Effort.pdf	02/03/2023 12:26:01	ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA	Aceito
Brochura Pesquisa	Questionario_Ambiente_Luminoso.pdf	02/03/2023 12:25:47	ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA	Aceito
Brochura Pesquisa	VERAM.pdf	02/03/2023 12:25:29	ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_Vinculo_documentos.pdf	02/03/2023 12:23:59	ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA	Aceito
Brochura Pesquisa	Formulario_Convite.pdf	02/03/2023 12:22:39	ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA	Aceito
Orçamento	Orcamento.pdf	02/03/2023 12:21:16	ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_consentimento_TCLE.pdf	02/03/2023 12:18:49	ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	TERMO_COMPROMISSO.pdf	02/03/2023 12:18:33	ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	02/03/2023 12:18:05	ADRIANA GOMES LISBOA DE SOUZA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Prédio do CCS UFPB - 1º Andar
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 58.051-900
UF: PB **Município:** JOAO PESSOA
Telefone: (83)3216-7791 **Fax:** (83)3216-7791 **E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

CENTRO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA -
CCS/UFPB



Continuação do Parecer: 6.079.720

JOAO PESSOA, 25 de Maio de 2023

Assinado por:

Eliane Marques Duarte de Sousa
(Coordenador(a))

Endereço: Prédio do CCS UFPB - 1º Andar

Bairro: Cidade Universitária

CEP: 58.051-900

UF: PB

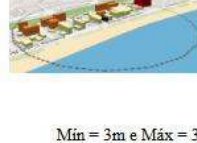
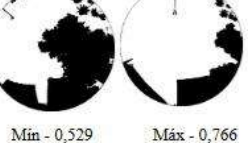
Município: JOAO PESSOA

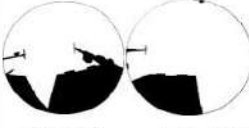
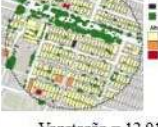
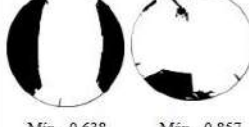
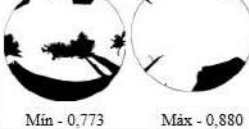
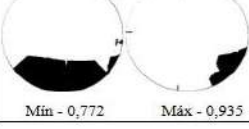
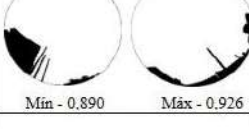
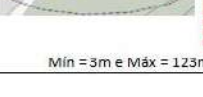
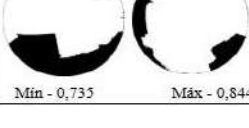
Telefone: (83)3216-7791

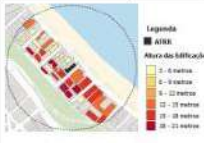
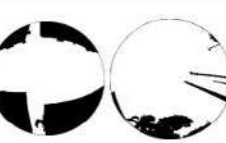
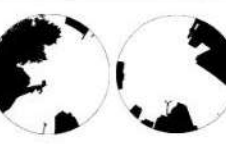
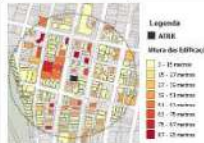
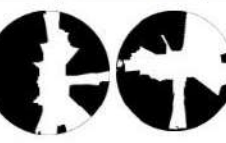
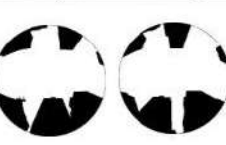
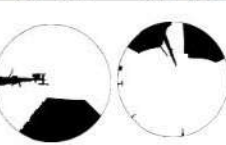
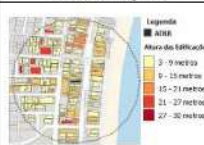
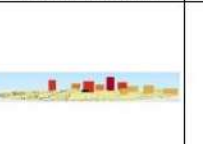
Fax: (83)3216-7791

E-mail: comiledeetica@ccs.ufpb.br

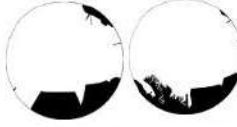
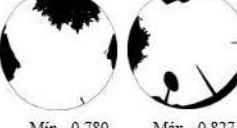
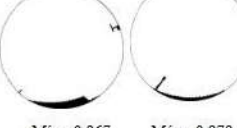
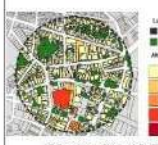
ANEXO 7: CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DOS ENTORNOS DOS ATRRs

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DOS ENTORNOS DOS AMBIENTES DE TRABALHO REMOTO RESIDENCIAIS (ATRRs)											
Ambiente de trabalho	Nº edificações	Área útil total construída	Altura das edificações (m)	Densidade construída (adimensional)	Taxa de Ocupação (adimensional)	Coefficiente de aproveitamento	Rugosidade de (m)	Verticalidade (m)	Prospecto Médio (adimensional)	Vegetação (%)	FVC
ATRR 1	 256 edificações	183827,63	 Mín = 3m e Máx = 36m	 Densidade = 0,94	0,30	3,10	2,81	 Verticalidade = 9,30	0,572	 Vegetação = 4,17%	 Mín - 0,542 Máx - 0,649
ATRR 2	 148 edificações	308764,13	 Mín = 3m e Máx = 96m	 Densidade = 1,57	0,24	6,50	4,7	 Verticalidade = 19,49	1,58	 Vegetação = 8,82%	 Mín - 0,405 Máx - 0,674
ATRR 3	 330 edificações	148135,5	 Mín = 3m e Máx = 24m	 Densidade = 0,75	0,33	2,32	2,26	 Verticalidade = 6,95		 Vegetação = 4,06%	 Mín - 0,737 Máx - 0,847
ATRR 4	 215 edificações	177113,32	 Mín = 3 m e Máx = 81 m	 Densidade = 0,90	0,37	2,45	2,71	 Verticalidade = 7,40	0,572	 Vegetação = 7,32%	 Mín - 0,621 Máx - 0,721
ATRR 5	 55 edificações	90673,94	 Mín = 3m e Máx = 39m	 Densidade = 0,46	0,10	4,76	1,39	 Verticalidade = 14,27	0,60	 Vegetação = 17,73%	 Mín - 0,529 Máx - 0,766

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DOS ENTORNOS DOS AMBIENTES DE TRABALHO REMOTO RESIDENCIAIS (ATTRs)											
Ambiente de trabalho	Nº edificações	Área útil total construída	Altura das edificações (m)	Densidade construída (adimensional)	Taxa de Ocupação (adimensio)	Coefficiente de aproveitame	Rugosida de (m)	Verticalidade (m)	Prospecto Médio (adimensio)	Vegetação (%)	FVC
ATTR 6	 150 edificações	177062,78	 Min = 3m e Máx = 39m	 Densidade = 0,90	0,27	3,29	2,71	 Verticalidade = 9,88	0,520	 Vegetação = 5,94%	 Min - 0,586 Máx - 0,693
ATTR 7	 135 edificações	150119	 Min = 3 m e Máx = 63 m	 Densidade = 0,76	0,23	3,34	1,49	 Verticalidade = 10,01	0,58	 Vegetação = 24,91 %	 Min - 0,673 Máx - 0,808
ATTR 8	 290 edificações	120789,88	 Min = 3m e Máx = 36m	 Densidade = 0,62	0,34	1,82	1,85	 Verticalidade = 5,45	0,450	 Vegetação = 12,91%	 Min - 0,638 Máx - 0,857
ATTR 9	 324 edificações	90750	 Min = 3 m e Máx = 12 m	 Densidade = 0,46	0,29	1,59	1,39	 Verticalidade = 4,79	0,400	 Vegetação = 10,83 %	 Min - 0,773 Máx - 0,880
ATTR 10	 303 edificações	75713,3	 Min = 3m e Máx = 12m	 Densidade = 0,39	0,25	1,53	1,16	 Verticalidade = 4,60	0,390	 Vegetação = 25,95%	 Min - 0,772 Máx - 0,935
ATTR 11	 334 edificações	119951,78	 Min = 3 m e Máx = 33m	 Densidade = 0,61	0,36	1,71	1,83	 Verticalidade = 5,13	0,431	 Vegetação = 7,87 %	 Min - 0,890 Máx - 0,926
ATTR 12	 201 edificações	255879,08	 Min = 3m e Máx = 123m	 Densidade = 1,30	0,22	5,86	3,91	 Verticalidade = 17,58	1,641	 Vegetação = 14,36%	 Min - 0,735 Máx - 0,844

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DOS ENTORNOS DOS AMBIENTES DE TRABALHO REMOTO RESIDENCIAIS (ATTRs)											
Ambiente de trabalho	Nº edificações	Área útil total construída	Altura das edificações (m)	Densidade construída (adimensional)	Taxa de Ocupação (adimensio	Coefficiente de aproveitame	Rugosida de (m)	Verticalidade (m)	Prospecto Médio (adimensio	Vegetação (%)	FVC
ATTR 13	 49 edificações	112099,33	 Mín = 3m e Máx = 21m	 Densidade = 0,57	0,12	4,81	1,71	 Verticalidade = 14,44	0,643	 Vegetação = 19,74%	 Mín - 0,652 Máx - 0,875
ATTR 14	 155 edificações	236454	 Mín = 3m e Máx = 87m	 Densidade = 1,20	0,22	5,53	3,61	 Verticalidade=16,59	0,561	 Vegetação = 18,55%	 Mín - 0,625 Máx - 0,747
ATTR 15	 227 edificações	557651,77	 Mín = 3m e Máx = 96m	 Densidade = 2,84	0,35	8,05	8,52	 Verticalidade = 24,16	1,196	 Vegetação = 7,76 %	 Mín - 0,349 Máx - 0,451
ATTR 16	 179 edificações	444307,64	 Mín = 3m e Máx = 48 m	 Densidade = 2,26	0,43	5,29	7,1	 Verticalidade = 15,87	0,807	 Vegetação = 2,68 %	 Mín - 0,650 Máx - 0,680
ATTR 17	 108 edificações	52890,77	 Mín = 3m e Máx = 27 m	 Densidade = 0,27	0,11	2,41	0,81	 Verticalidade = 7,22	0,543	 Vegetação = 29,44%	 Mín - 0,742 Máx - 0,826
ATTR 18	 225 edificações	161103,74	 Mín = 3m e Máx = 30m	 Densidade = 0,82	0,28	2,90	2,46	 Verticalidade = 8,70	0,304	 Vegetação = 5,99%	 Mín - 0,805 Máx - 0,867
ATTR 19	 641 edificações	166936,17	 Mín = 3m e Máx = 66m	 Densidade = 0,85	0,46	1,86	2,55	 Verticalidade = 5,59	0,47	 Vegetação = 6,74%	 Mín - 0,698 Máx - 0,745

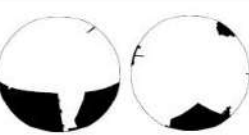
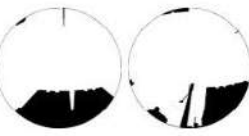
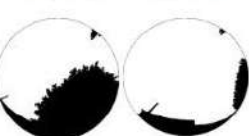
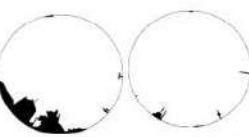
CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DOS ENTORNOS DOS AMBIENTES DE TRABALHO REMOTO RESIDENCIAIS (ATTRs)

Ambiente de trabalho	Nº edificações	Área útil total construída	Altura das edificações (m)	Densidade construída (adimensional)	Taxa de Ocupação (adimensio	Coefficiente de aproveitame	Rugosida de (m)	Verticalidade (m)	Prospecto Médio (adimensio	Vegetação (%)	FVC
ATTR 20	 460 edificações	112282,64	 Min = 3m e Máx = 39 m	 Densidade = 0,57	0,28	2,05	1,72	 Verticalidade = 6,16	0,40	 Vegetação = 5,46 %	 Min - 0,814 Máx - 0,832
ATTR 21	 4/1 edificações	69048,5	 Min = 3m e Máx = 9m	 Densidade = 0,35	0,31	1,15	1,05	 Verticalidade = 3,45	0,35	 Vegetação = 19,19 %	 Min - 0,780 Máx - 0,827
ATTR 22	 542 edificações	257892,04	 Min = 3m e Máx = 96m	 Densidade = 1,31	0,39	3,39	3,94	 Verticalidade = 10,17	0,66	 Vegetação = 4,64 %	 Min - 0,716 Máx - 0,751
ATTR 23	 801 edificações	105481,58	 Min = 3m e Máx = 9 m	 Densidade = 0,54	0,46	1,16	1,61	 Verticalidade = 3,49	0,27	 Vegetação = 7,65%	 Min - 0,967 Máx - 0,979
ATTR 24	 550 edificações	190257,85	 Min = 3 m e Máx = 51m	 Densidade = 0,97	0,42	2,29	2,91	 Verticalidade = 6,87	0,58	 Vegetação = 2,76%	 Min - 0,511 Máx - 0,594
ATTR 25	 638 edificações	151649,08	 Min = 3m e Máx = 15m	 Densidade = 0,77	0,50	1,55	2,32	 Verticalidade = 4,65	0,29	 Vegetação = 12,75 %	 Min - 0,367 Máx - 0,799
ATTR 26	 548 edificações	112964,77	 Min = 3m e Máx = 12m	 Densidade = 0,58	0,35	1,63	1,73	 Verticalidade = 4,90	0,50	 Vegetação = 5,10%	 Min - 0,501 Máx - 0,916

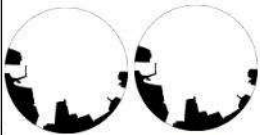
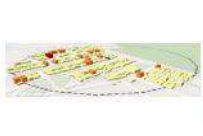
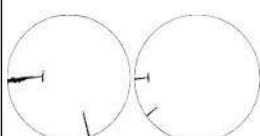
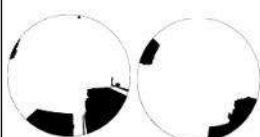
CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DOS ENTORNOS DOS AMBIENTES DE TRABALHO REMOTO RESIDENCIAIS (ATTRs)

Ambiente de trabalho	Nº edificações	Área útil total construída	Altura das edificações (m)	Densidade construída (adimensional)	Taxa de Ocupação (adimensio	Coefficiente de aproveitame	Rugosida de (m)	Verticalidade (m)	Prospecto Médio (adimensio	Vegetação (%)	FVC
ATTR 27	 569 edificações	161081,12	 Min = 3m e Máx = 30m	 Densidade = 0,82	0,43	1,89	2,46	 Verticalidade = 5,66	0,39	 Vegetação = 3,57%	 Min - 0,680 Máx - 0,799
ATTR 28	 347 edificações	386795,51	 Min = 3 m e Máx = 63m	 Densidade = 1,97	0,46	4,30	5,91	 Verticalidade = 12,91	0,66	 Vegetação = 3,57%	 Min - 0,619 Máx - 0,695
ATTR 29	 551 edificações	159044,45	 Min = 3m e Máx = 24m	 Densidade = 0,81	0,40	2,04	2,43	 Verticalidade = 6,11	0,52	 Vegetação = 3,9 %	 Min - 0,745 Máx - 0,883
ATTR 30	 459 edificações	121714,16	 Min = 3m e Máx = 39m	 Densidade = 0,62	0,37	1,67	1,86	 Verticalidade = 5,02	0,42	 Vegetação = 13,81 %	 Min - 0,763 Máx - 0,890
ATTR 31	 514 edificações	99160,56	 Min = 3m e Máx = 33m	 Densidade = 0,51	0,36	1,42	1,52	 Verticalidade = 4,26	0,33	 Vegetação = 8,05 %	 Min - 0,857 Máx - 0,902
ATTR 32	 659 edificações	102743,44	 Min = 3m e Máx = 12 m	 Densidade = 0,52	0,41	1,26	1,57	 Verticalidade = 3,79	0,32	 Vegetação = 8,70 %	 Min - 0,908 Máx - 0,931
ATTR 33	 404 edificações	106378,89	 Min = 3m e Máx = 36m	 Densidade = 0,54	0,27	1,98	1,63	 Verticalidade = 5,95	0,41	 Vegetação = 15,70 %	 Min - 0,793 Máx - 0,869

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DOS ENTORNOS DOS AMBIENTES DE TRABALHO REMOTO RESIDENCIAIS (ATTRs)

Ambiente de trabalho	Nº edificações	Área útil total construída	Altura das edificações (m)	Densidade construída (adimensional)	Taxa de Ocupação (adimensio)	Coefficiente de aproveitame	Rugosida de (m)	Verticalidade (m)	Prospecto Médio (adimensio)	Vegetação (%)	FVC
ATTR 34	 598 edificações	128001,14	 Mín = 3m e Máx = 24 m	 Densidade = 0,65	0,41	1,59	1,96	 Verticalidade = 4,78	0,43	 Vegetação = 9,42%	 Mín - 0,742 Máx - 0,893
ATTR 35	 558 edificações	120038,89	 Mín = 3 m e Máx = 15m	 Densidade = 0,61	0,36	1,71	1,83	 Verticalidade = 5,12	0,46	 Vegetação = 4,66%	 Mín - 0,781 Máx - 0,858
ATTR 36	 1051 edificações	137798,67	 Mín = 3m e Máx = 9m	 Densidade = 0,70	0,55	1,27	2,11	 Verticalidade = 3,80	0,30	 Vegetação = 4,64%	 Mín - 0,600 Máx - 0,879
ATTR 37	 214 edificações	58179,69	 Mín = 3m e Máx = 15 m	 Densidade = 0,30	0,15	1,95	0,89	 Verticalidade = 5,86	0,47	 Vegetação = 12,45%	 Mín - 0,903 Máx - 0,986
ATTR 38	 560 edificações	153348,88	 Mín = 3 m e Máx = 24m	 Densidade = 0,78	0,43	1,82	2,34	 Verticalidade = 5,46	0,54	 Vegetação = 4,36%	 Mín - 0,402 Máx - 0,851
ATTR 39	 833 edificações	119450,66	 Mín = 3 m e Máx = 21m	 Densidade = 0,61	0,51	1,20	1,83	 Verticalidade = 3,60	0,21	 Vegetação = 5,99%	 Mín - 0,837 Máx - 0,869
ATTR 40	 415 edificações	93532,61	 Mín = 3m e Máx = 12m	 Densidade = 0,48	0,36	1,34	1,43	 Verticalidade = 4,02	0,25	 Vegetação = 11,71%	 Mín - 0,412 Máx - 0,878

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DOS ENTORNOS DOS AMBIENTES DE TRABALHO REMOTO RESIDENCIAIS (ATTRs)

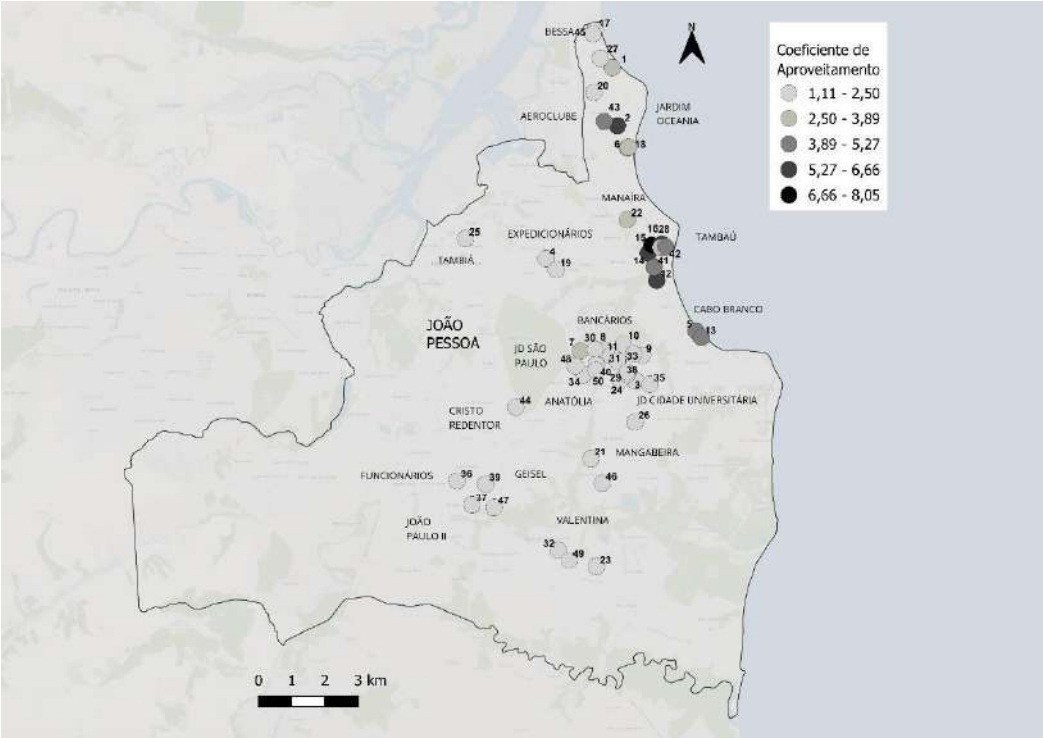
Ambiente de trabalho	Nº edificações	Área útil total construída	Altura das edificações (m)	Densidade construída (adimensional)	Taxa de Ocupação (adimensio	Coefficiente de aproveitame	Rugosida de (m)	Verticalidade (m)	Prospecto Médio (adimensio	Vegetação (%)	FVC
ATTR 41	 273 edificações	230822,46	 Mín = 3m e Máx = 90m	 Densidade = 1,18	0,29	3,99	3,53	 Verticalidade = 11,98	0,60	 Vegetação = 14,12 %	 Mín - 0,709 Máx - 0,733
ATTR 42	 271 edificações	300940,08	 Mín = 3m e Máx = 42m	 Densidade = 1,53	0,37	4,12	4,60	 Verticalidade = 12,36	0,59	 Vegetação = 5,24 %	 Mín - 0,641 Máx - 0,758
ATTR 43	 202 edificações	213557,57	 Mín = 3m e Máx = 141m	 Densidade = 1,09	0,25	4,30	3,26	 Verticalidade = 12,89	1,07	 Vegetação = 2,66%	 Mín - 0,786 Máx - 0,832
ATTR 44	 440 edificações	64120,23	 Mín = 3m e Máx = 12m	 Densidade = 0,33	1,09	1,22	0,98	 Verticalidade = 3,66	0,22	 Vegetação = 37,47%	 Mín - 0,981 Máx - 0,990
ATTR 45	 363 edificações	106257,16	 Mín = 3m e Máx = 24m	 Densidade = 0,54	0,27	2,03	1,62	 Verticalidade = 6,08	0,38	 Vegetação = 20,20 %	 Mín - 0,810 Máx - 0,916

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DOS ENTORNOS DOS AMBIENTES DE TRABALHO REMOTO RESIDENCIAIS (ATTRs)

Ambiente de trabalho	Nº edificações	Área útil total construída	Altura das edificações (m)	Densidade construída (adimensional)	Taxa de Ocupação (adimensio	Coefficiente de aproveitame	Rugosida de (m)	Verticalidade (m)	Prospecto Médio (adimensio	Vegetação (%)	FVC
ATTR 46	 979 edificações	138740,5	 Mín = 3m e Máx = 12m	 Densidade = 0,71	0,58	1,21	2,12	 Verticalidade = 3,63	0,36	 Vegetação = 2,72%	 Mín - 0,870 Máx - 0,949
ATTR 47	 424 edificações	74782,28	 Mín = 3m e Máx = 12 m	 Densidade = 0,38	0,25	1,54	1,14	 Verticalidade = 4,61	0,38	 Vegetação = 23,91%	 Mín - 0,710 Máx - 0,947
ATTR 48	 390 edificações	133019,64	 Mín = 3 m e Máx = 54m	 Densidade = 0,68	0,33	2,03	2,03	 Verticalidade = 6,09	0,51	 Vegetação = 11,91 %	 Mín - 0,852 Máx - 0,917
ATTR 49	 790 edificações	101892,44	 Mín = 3 m e Máx = 9m	 Densidade = 0,52	0,47	1,11	1,56	 Verticalidade = 3,34	0,10	 Vegetação = 8,93%	 Mín - 0,277 Máx - 0,841
ATTR 50	 561 edificações	118544,63	 Mín = 3m e Máx = 24m	 Densidade = 0,60	0,38	1,60	1,81	 Verticalidade = 4,81	0,40	 Vegetação = 8,15%	 Mín - 0,953 Máx - 0,966

**ANEXO 8: MAPAS INDIVIDUAIS DE CADA INDICADOR MORFOLÓGICO
DOS ATRRS**

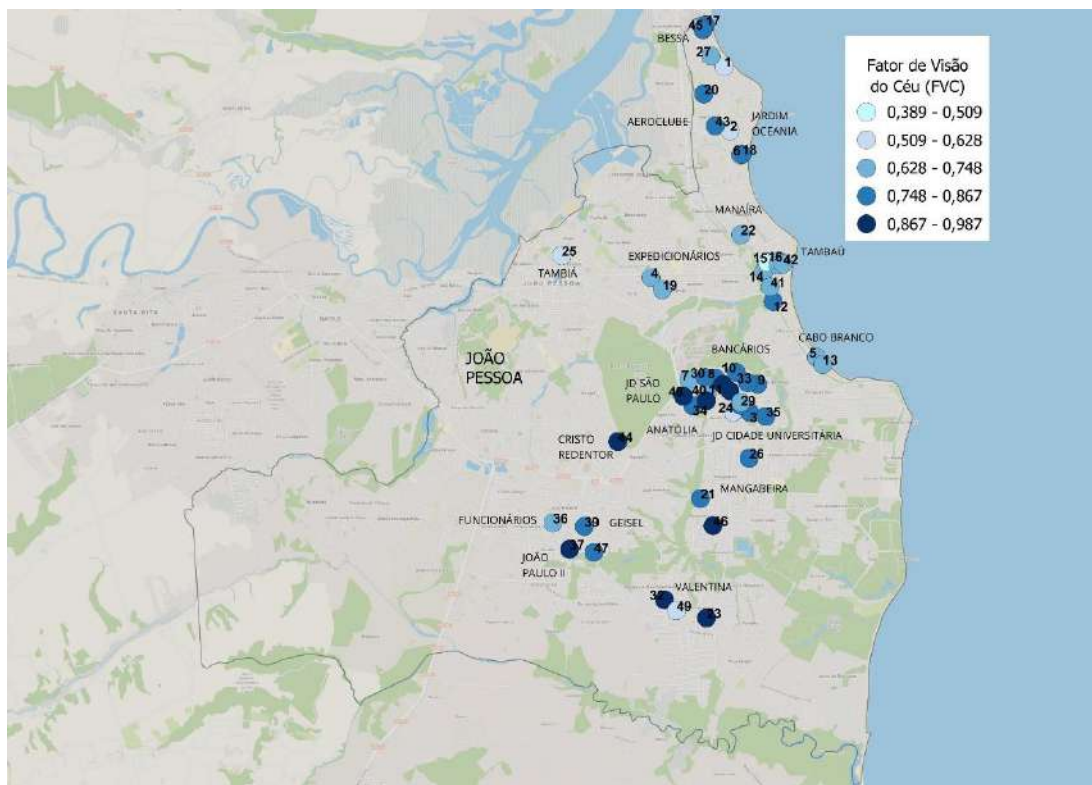
COEFICIENTE DE APROVEITAMENTO



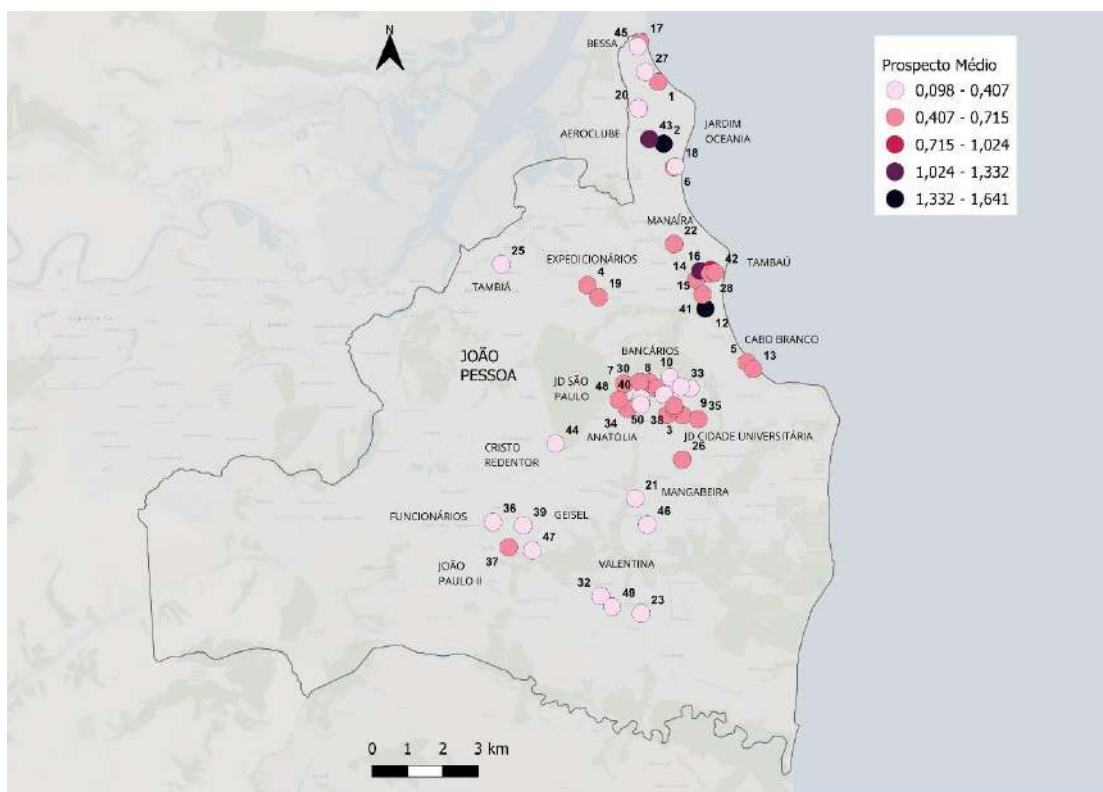
DENSIDADE CONSTRUÍDA



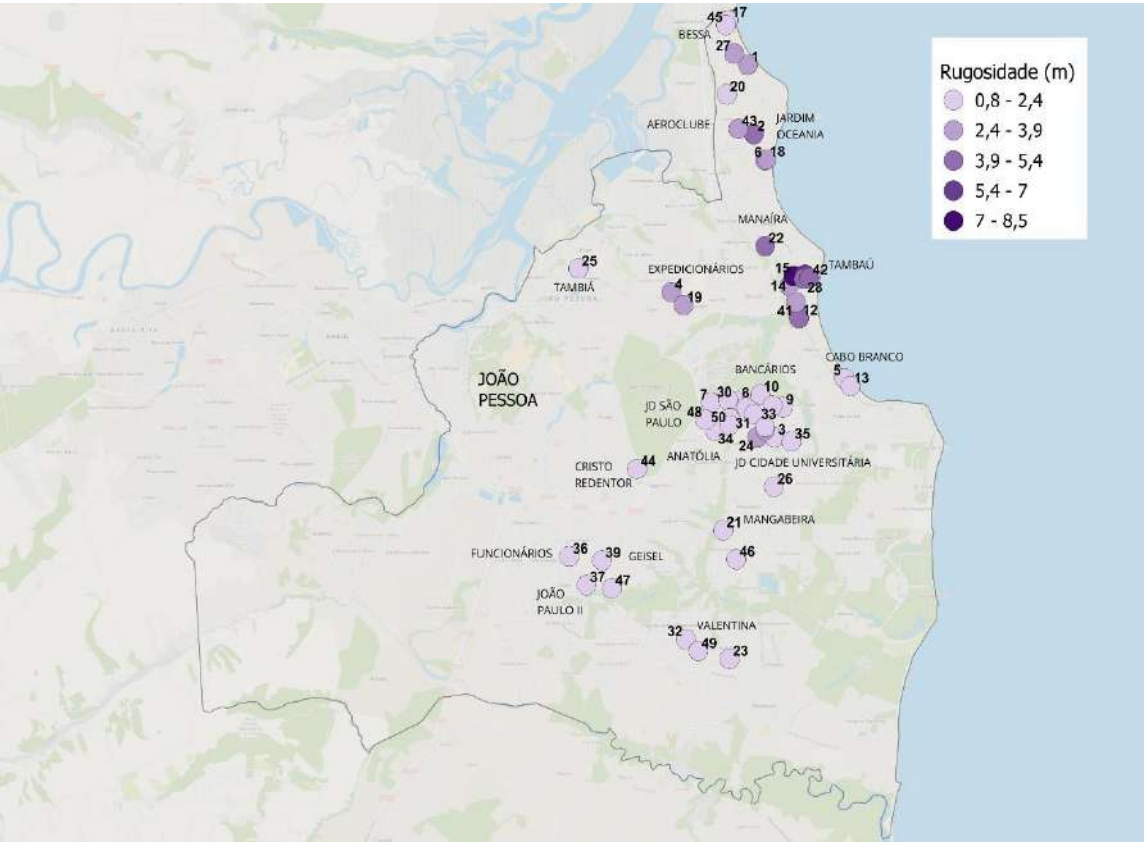
FATOR DE VISÃO DO CÉU



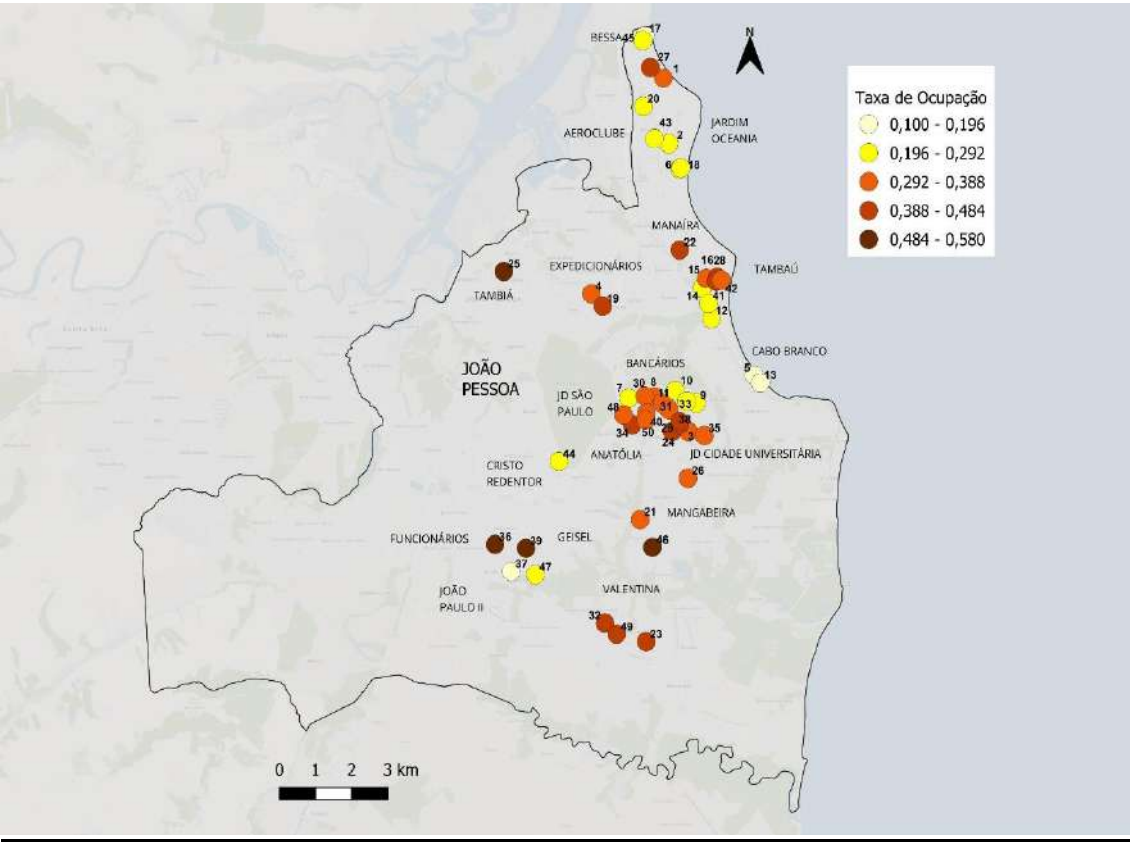
PROSPECTO MÉDIO



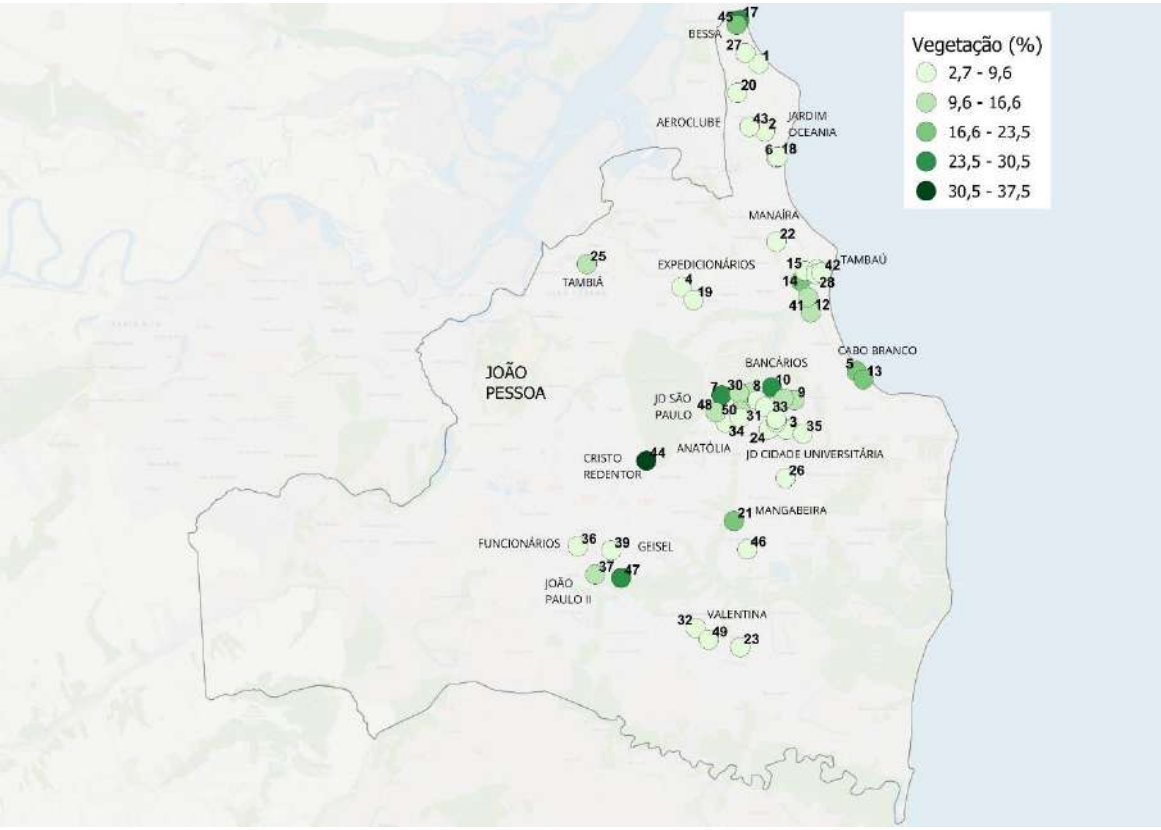
RUGOSIDADE ABSOLUTA



TAXA DE OCUPAÇÃO



DENSIDADE DE VEGETAÇÃO



VERTICALIDADE

