

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

ÍTALO FERNANDES PESSOA SIQUIERA

**INFLUÊNCIA DAS ÁREAS VERDES URBANAS SOBRE A TEMPERATURA DE
SUPERFÍCIE UTILIZANDO SENSORIAMENTO REMOTO**

**RECIFE-PE
2023**

ÍTALO FERNANDES PESSOA SIQUEIRA

**INFLUÊNCIA DAS ÁREAS VERDES URBANAS SOBRE A TEMPERATURA DE
SUPERFÍCIE UTILIZANDO SENSORIAMENTO REMOTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora: Profa. Dra. Elisiane Alba
Coorientadora: Msc. Géssyca Fernanda de Sena Oliveira

**RECIFE-PE
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S618i Siqueira, Ítalo Fernandes Pessoa
INFLUÊNCIA DAS ÁREAS VERDES URBANAS SOBRE A TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE UTILIZANDO
SENSORIAMENTO REMOTO / Ítalo Fernandes Pessoa Siqueira. - 2023.
81 f. : il.

Orientadora: Elisiane Alba.
Coorientadora: Gessyca Fernanda de Sena Oliveira.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em
Engenharia Florestal, Recife, 2024.

1. Áreas Verdes. 2. Temperatura de Superfície. 3. Sensoriamento Remoto. 4. Bairros Recife. 5. Google Earth Engine.
I. Alba, Elisiane, orient. II. Oliveira, Gessyca Fernanda de Sena, coorient. III. Título

CDD 634.9

ÍTALO FERNANDES PESSOA SIQUEIRA

**INFLUÊNCIA DAS ÁREAS VERDES URBANAS SOBRE A TEMPERATURA DE
SUPERFÍCIE, UTILIZANDO SENSORIAMENTO REMOTO**

Aprovado em: __/__/

BANCA EXAMINADORA

Ms. Lorena de Moura Melo
(UFRPE)

Ms. Duberli Geomar Elera Gonzales
(UFRPE)

Dr^a. Elisiane Alba
(Orientador – UFRPE/UAST)

**RECIFE-PE
2023**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, pela sua bendita, infinita e maravilhosa graça que me tem alcançado todos os dias. Pelo seu cuidado incessante e sua insubstituível presença que me trouxe conforto, ânimo e força nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais pela confiança em mim depositada sempre, pelas orações incessantes, pelos princípios a mim ensinados desde criança, pelo investimento e oportunidades que promoveram, que sem dúvida me ajudaram a chegar até aqui, e pelo incentivo contínuo.

A minha adorada e amada esposa, sem a qual eu não conseguiria alcançar esse objetivo. Sendo o meu maior apoio, minha principal fonte inspiração e minha melhor amiga. Seu amor, zelo e dedicação são singulares. Sua ajuda foi realmente muito preciosa.

Aos meus sogros e minhas cunhadas que nunca deixaram de me apoiar.

Aos meus demais familiares, que sempre acreditaram e torceram por mim, e estiveram orando para que esse dia chegasse.

A minha querida orientadora, Prof. Dra. Elisiane Alba, pela inestimável ajuda e suporte. Não desistiu de mim em nenhum momento, e segurou na minha mão até o fim dessa jornada. Não tenho palavras ou recursos para recompensar o que a senhora fez por mim.

A minha coorientadora, Msc. Géssyca Sena, pela amizade e incentivo, e por intermediar o contato com pessoas importantes que cooperaram para a realização desse trabalho.

Aos meus amigos, tanto os que fiz no decorrer do curso, como os de fora da Universidade, pelo carinho e companheirismo, e pelas experiências, conhecimento e momentos compartilhados. Vocês todos são inesquecíveis.

À coordenação do curso de Engenharia Florestal, por toda assistência prestada, bem como a todo o corpo docente do DCFL, com os quais muito aprendi e desenvolvi, enquanto pessoa e profissional, assim como aos demais funcionários que tornam o departamento ainda mais especial.

A Instituição Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelas incontáveis oportunidades, e por promover um ambiente de crescimento científico, ético e social.

A todos vocês, meu mais solene obrigado!

*Sobretudo que se deve guardar, guarda primeiro o teu coração,
pois dele procedem as saídas da vida.*

Provérbios 4.23

SUMÁRIO

1. Introdução.....	8
2. Objetivos.....	9
2.1 Geral.....	9
2.2 Específicos	9
3. Referencial Teórico	10
3.1 Urbanização	10
3.2 Clima Urbano.....	12
3.3 Áreas Verdes Urbanas.....	14
3.4 Sensoriamento Remoto	17
3.4.1 Imagens Landsat	19
3.4.1 Uso do Algoritmo SEBAL	22
4. Material e Método.....	23
4.1 Caracterização da área de estudo	23
4.2 Aquisição das Imagens	27
4.3 Processamento das imagens.....	27
4.4 Obtenção da temperatura de superfície.....	28
4.5 Classificação do Uso e Cobertura da Terra.....	30
4.6 Seleção de pontos amostrais	31
5. Resultados e Discussões	32
5.1 Temperatura de Superfície.....	32
5.1.1 Temperatura de Superfície nos Bairros.....	36
5.2 Relação Temperatura x Uso e Cobertura da Terra.....	39
5.2.1 Uso e Cobertura da Terra nos Bairros.....	42
5.3 Relação Temperatura x Cobertura Vegetal.....	45
5.3.1 Monteiro	47
5.3.2 Casa Forte.....	48
5.3.3 Poço da Panela	49
5.3.4 Santana	50
5.3.5 Parnamirim	52
5.3.6 Casa Amarela	53
5.3.7 Cordeiro.....	55
5.3.8 Iputinga.....	57
5.3.9 Engenho do Meio	59

5.3.10	Torrões	60
5.4	Relação Temperatura x Características Socioeconômicas.....	65
5.4.1	Temperatura x Densidade Demográfica.....	65
5.4.2	Temperatura x Renda x Áreas Verdes.....	70
6	Considerações Finais	76
7	Referências Bibliográficas.....	79

1. Introdução

É fato consumado que o rápido e desordenado crescimento das cidades em função do processo de urbanização tem comprometido as condições ambientais que interferem na qualidade de vida de seus habitantes. Isso ocorre, uma vez que esses aglomerados urbanos provocam grandes mudanças nos ciclos dos ecossistemas e, por conseguinte, no microclima local. Pinheiro e Souza (2017) afirmam que esse aumento populacional no meio urbano acarretou o uso excessivo do solo e má ocupação, trazendo como consequências modificações drásticas e impactos negativos sobre o ambiente.

As ações antrópicas desenvolvem as mais variadas atividades, transformando assim o ambiente natural, onde o clima típico local, completamente alterado, passa a ser caracterizado pelas altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar (OLIVEIRA; ALVES, 2013; PINHEIRO; SOUZA, 2017 *apud* OLIVEIRA; FIALHO, 2017). Tudo isso é decorrente do fato das amplas porções de áreas verdes removidas sem a devida reposição, como também da falta de planejamento urbano nesse processo de crescimento (SILVA; GONZALEZ; FILHO, 2011).

O ambiente urbano careceria ser um local de integração entre o ambiente natural e o construído, que possibilita a interação desses espaços. Essa condição é possível com a presença de um ambiente arborizado que se constitui como agente fundamental para o estudo da temperatura urbana. Entretanto, nessas regiões densamente urbanizadas, cujas características térmicas da superfície foram substituídas, o que se vê são sérios problemas socioambientais que têm trazido, inclusive, diversos prejuízos econômicos e sociais, devido à ausência de uma infraestrutura básica.

Nesse sentido, a conservação e recomposição das áreas verdes urbanas, em especial de porte arbóreo, em virtude das inúmeras funções que apresentam e os efeitos que exercem no meio, são largamente citados como alternativas para contribuir de diversas maneiras com a paisagem urbana, a partir de benefícios físicos e climáticos (SILVA; GONZALEZ; FILHO, 2011; GONÇALVES; CAMARGO; SOARES, 2012).

Um caso muito distinto e acessível dessas consequências de mudanças climáticas ocasionadas pela transformação da paisagem natural para um adensamento urbano, pode ser encontrado na cidade do Recife-PE, capital do estado de Pernambuco e centro da Região Metropolitana de Recife, e mais especificamente em alguns dos seus muitos bairros, onde, como consequência da expansão de sua mancha urbana, teve nas últimas décadas um acentuado crescimento na sua temperatura de superfície (MOREIRA; GALVÍNCIO, 2007), promovendo a criação de um ambiente termicamente incômodo.

Atualmente, segundo Santis e Regodzinski (2019), o entendimento sobre estrutura de paisagem tem se fortalecido e ampliado a partir da disponibilidade de dados de sensoriamento remoto e da sua completa integração com os métodos de Sistema de Informação Geográfica (SIG). O uso dessas ferramentas aplicado ao estudo do ambiente urbano, têm contribuído bastante para o desenvolvimento de trabalhos voltados para a análise da paisagem, do conforto térmico, temperatura de superfície, uso da cobertura da terra, entre outros parâmetros, bem como para avaliar fenômenos recorrentes em ambientes urbanos, como as Ilhas de Calor por exemplo (SANTOS, 2014).

Os dados de sensoriamento remoto orbital suprem a demanda de informações em diversas escalas, constituindo-se um meio viável de monitoramento da superfície terrestre através de vários satélites e seus sensores, os quais servem de fonte de informações para estudos e levantamentos geológicos, agrícolas, cartográficos, florestais, urbanos, etc.

Dessa forma, a avaliação da importância das áreas verdes urbanas e a influência que essas exercem sobre a temperatura de superfície, levando em consideração os avanços no campo das geotecnologias, se dá por meio do uso do sensoriamento remoto, com o auxílio de imagens de satélite de média resolução espacial do LANDSAT-8, sensor TIRS, disponibilizadas na plataforma *Google Earth Engine*.

2. Objetivos

2.1 Geral

Avaliar a influência das áreas verdes urbanas sobre a temperatura de superfície, em dois diferentes períodos, utilizando técnicas de sensoriamento remoto a partir de imagens térmicas do sensor TIRS/Landsat 8 em dez bairros da cidade do Recife-PE.

2.2 Específicos

- ✓ Mapear a temperatura de superfície nos períodos de verão e inverno do ano de 2020;
- ✓ Quantificar o uso e cobertura da terra para os bairros selecionados, relacionando o efeito da cobertura da terra sobre a temperatura;
- ✓ Mapear as áreas verdes urbanas e qualificar o efeito dessas áreas sobre a temperatura do meio urbano;
- ✓ Avaliar a relação entre a temperatura de superfície e fatores socioeconômicos dos bairros analisados (densidade demográfica e renda).

3. Referencial Teórico

3.1 Urbanização

O fenômeno da urbanização, que teve suas origens principalmente no período da revolução industrial, tomou conta das grandes cidades em proporções extraordinárias. Nas últimas décadas, observamos o grande crescimento populacional e das atividades nos grandes centros urbanos, evidenciando o quanto esta realidade vem transformando drasticamente o ambiente em que vivemos, trazendo inúmeras e significativas alterações na sua fisionomia e nos seus climas, resultando em consequências severas para os seus habitantes.

De acordo com Vieira (2020), este processo constitui-se como uma das maiores tendências demográficas do nosso século, onde a população mundial está cada vez mais centralizada e restrita às metrópoles. A autora ainda afirma que em 2008 mais de 50% da população do mundo já habitava em ambientes urbanos e que a direção é de esse número somente expandir com o passar do tempo (SILVA, 2019 *apud* VIEIRA, 2020). Em 2018 esse número alcançou os 67%, e pesquisas estimam, que até 2050, ao menos nos países desenvolvidos, esse percentual atinja os 86% (CRETELLA; BUENGER, 2016 *apud* Duarte *et al.*, 2018). Contudo, no Brasil esse cômputo já soma 83% atualmente (ANGEOLETTO *et al.*, 2016), o que, a partir do enfoque ambiental, e levando em conta o incremento cogitado para os próximos anos, representa uma série de impactos à qualidade ambiental urbana.

Esse crescimento urbano, tipicamente, ocorre a partir do êxodo rural, impulsionado pela busca esperançosa da qualidade de vida nas urbes. Esse aumento populacional até viabiliza modernizações dos seus serviços, por outro lado, na proporção que a cidade se desenvolve, estas melhorias tornam-se ainda mais atrativas e estimulantes para uma contínua migração, o que promove o aumento intenso e desgovernado da população no ambiente urbano (NÓBREGA; SANTOS; MOREIRA, 2016).

Moreira *et al.* (2017) afirmam que em função desse crescimento, cria-se, nas grandes cidades, uma nova perspectiva no uso do solo, impelida pelas pressões econômicas e especulativas, o que conseqüentemente ocasiona progressiva degradação do ambiente urbano e arredores, refletindo na remoção e substituição de áreas verdes por ambientes construídos que dependem direta e crescentemente de materiais de construção civil. E se

existe uma coisa que não pode ser ignorada, é que a configuração das cidades pelo seu tamanho e funções cumpre um papel fundamental no clima local.

Entretanto, o fato é que o processo de urbanização evoluiu tão intensamente e mexeu com tantos aspectos do ambiente, que a própria qualidade do espaço foi comprometida, pois as transformações ocorridas afetaram não somente o espaço natural, mas também as condições climáticas do meio. Assim, devido às ações antrópicas, profundas mudanças no clima local comprometeram o regime de chuvas e alteraram o gradiente de temperatura e umidade do ar, resultando em inversões térmicas e até mesmo formação de ilhas de calor urbanas (IUC), em alguns locais onde a urbanização é mais intensa (GONÇALVES *et al.*, 2012 *apud* PINHEIRO; SOUZA, 2017).

Além disso, dentre outros dos principais problemas socioambientais mais comuns, que se manifestam por conta dessa ocupação territorial imprópria, podemos citar os agravos na beleza estética da paisagem natural, diminuição da cobertura vegetal, aumento das emissões de gases tóxicos, excesso de produção de resíduos sólidos, acúmulo de lixo, poluição sonora e do ar (SANTOS, 2013 *apud* OLIVEIRA; FIALHO, 2017; VIEIRA, 2020). E muitos desses problemas, tornam-se ainda piores quando mesmo diante desses desafios, observamos que o processo de urbanização, que continua crescente, desregrado e repleto de desigualdades, vem acompanhado acima de tudo pela negligência e desinteresse por parte dos órgãos públicos, em incorporar e contemplar, de forma prioritária na elaboração do planejamento urbano, mais espaços destinados às áreas verdes, a fim de que elas façam parte da composição de suas vias e outros locais públicos, melhorando dessa maneira o desenho urbano e gerando arrefecimento no tocante aos impactos negativos sobre o microclima (PINHEIRO; SOUZA, 2017).

Oliveira (2012), corroborando o pensamento de Freitas (2005), destaca que é possível associar o adensamento urbano a sustentabilidade ambiental, e afirma que aliados eles podem trazer inúmeras vantagens para a sociedade. Para tanto, entende o mesmo autor, ser necessário realizar uma melhor distribuição e estabilização das áreas verdes urbanas, considerando um maior espaçamento entre as edificações para possibilitar maior permeabilidade e circulação dos ventos. Essas áreas cumpririam imprescindível tarefa na infiltração das águas da chuva e na manutenção de condições climatológicas favoráveis.

Sendo assim, diante de tais colocações, o que se vê é que embora o processo de urbanização traga muitas oportunidades de desenvolvimento para as cidades, por outro lado ele também é responsável por muitos danos às condições ambientais pela sua influência direta no microclima e responsável por incontáveis prejuízos econômicos,

sociais e ecológicos, redundando em diminuição da qualidade de vida das próprias comunidades urbanas. Por outro lado, o uso e a manutenção do componente vegetal nas áreas públicas aparecem como uma ótima alternativa para amenizar ou mitigar esses transtornos nas cidades.

3.2 Clima Urbano

O clima, segundo Basso e Corrêa (2014), é um agente responsável pela mutabilidade da paisagem e pela diversidade biológica na terra. É o resultado da interação dos fatores globais (latitude, longitude, etc.), locais e meteorológicos que compõe determinada região. As alterações do clima local, levando em conta a interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada de limite urbano, associadas à urbanização e atividades antropogênicas, geram um novo comportamento climático denominado clima urbano (CORDEIRO, 2016).

Sua atuação nas cidades depende de diferentes tipologias e variações na arquitetura, bem como exerce influência na rotina das pessoas, nas suas ações, hábitos e costumes. São vários os fatores que podem modificar suas particularidades, a exemplo da topografia, a flora, proximidade de corpos d'água, tipo de solo, capacidade térmica dos materiais presentes que revestem a superfície, e a configuração entre os espaços construídos (BASSO; CORRÊA, 2014). Outros aspectos da morfologia das cidades que condicionam uma alteração no seu balanço de energia, podendo transtornar o comportamento das variáveis climáticas locais, conforme Santos (2011) e Cordeiro (2016), ambas citando Givoni (1994; 1998, respectivamente), diz respeito à sua localização numa região, o tamanho da cidade, a densidade da área construída, altura das edificações, modelo do desenho dos prédios, orientação e largura das ruas, cobertura do solo, divisão do lotes, além da distribuição e efeito dos parques e de outras áreas verdes presentes no ambiente, sejam elas públicas ou particulares.

Segundo Oliveira (2012), nesse processo de adensamento urbano, há uma substituição do espaço natural por diversas formas de edificações, reproduzindo um conjunto denso e compacto, com tipos variados de revestimentos, cada qual atuando de acordo com suas propriedades físicas. O resultado é a formação de um ambiente rugoso, que promove alterações significativas no movimento do ar quanto à superfície, que por sua vez influencia no fluxo de matéria e energia sobre a atmosfera local, gerando uma drástica mudança na atuação da temperatura do ar. Porém, como no ambiente urbano existem mais atividades humanas, o calor que é provocado a partir dessas relações, acabam influenciando

também no nível de energia, deste modo, com incremento de calor, aumenta-se ainda mais a temperatura do ar nos centros urbanos, considerando os seus entornos, reforçando o fenômeno de convecção e causando aumento na incidência de nebulosidade e precipitação.

Ou seja, uma vez que ocorre mudanças no uso da terra, surgem oportunidades para maior acúmulo de calor nessas áreas, mexendo, assim, nas taxas de umidade relativa do ar, circulação dos ventos e regime de chuvas (SILVA; JARDIM, 2017). O elevado nível de impermeabilização do solo e a massiva presença de concreto e asfalto, maior capacidade calorífica e por terem boa condutividade térmica, provocam alterações no gradiente de radiação.

O IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2013), no seu 5º Relatório de Avaliação, afirmou que as mudanças climáticas facultam expressivos impactos nos setores natural, social e econômico, assim como os extremos do clima concernentes à temperatura e precipitação podem prejudicar o consumo de energia, o conforto humano e até o turismo. Destacam ainda o interesse da comunidade científica em estudar e debruçar-se mais sobre a temática dos fenômenos climáticos, sobretudo, devido às grandes perdas econômicas por efeito dos extremos de tempo (chuvas intensas, ondas de calor, frios intensos, entre outros) e, especialmente, pelo aumento nas perdas de vidas, o que tem sido regularmente, e com cada vez mais frequência, notícias de jornais.

O fato é que o clima urbano se tornou assunto largamente a ser discutido ao longo dos anos, não apenas pelas consequências físicas causadas pelo vultoso desenvolvimento da urbanização, mas também pela qualidade de vida dos cidadãos, que depende de um ambiente equilibrado. Pesquisas sobre o clima das áreas urbanas vem ganhando ainda mais espaço nas abordagens científicas (Moreira *et al.* (2017), visto que as taxas de crescimento populacional nos grandes centros tornaram-se mais elevadas e hoje existe uma busca incessante no intuito de compreender melhor as relações entre os componentes bioclimáticos e os atributos urbanos que influenciam na dinâmica do seu clima.

Esses estudos são de um valor indispensável, principalmente nas cidades brasileiras, ainda mais aquelas pouco estudadas. Pois não importa, sejam elas pequenas, médias, ou grandes, possuem características capazes de modificar o clima local, dado que estão intrinsecamente relacionadas às formas de uso e ocupação do solo (SANTOS, 2011). Nesse contexto, a cidade do Recife vem apresentando significativa difusão nos seus ambientes construídos, o que se pode verificar através da abastada substituição de áreas verdes por zonas edificadas e impermeabilização do solo, contribuindo para o aumento da

entrada de calor e, conseqüentemente, aumento da temperatura (MOREIRA & GALVÍNCIO, 2009).

A maioria dos autores que abordam essa temática ressalta o peso que as ações antrópicas representam na constituição do meio urbano, suscitando diversos problemas ambientais, principalmente quando consideramos o campo térmico gerado pela cidade, fato que é expressamente constatado à medida que nos afastamos das áreas com paisagem natural, distintas pela presença de elementos naturais como a cobertura arbórea presente de forma mais densa (GOMES; AMORIM, 2006). É por este motivo que se observa que em zonas mais urbanizadas a temperatura tende a ser mais quente, quando comparamos com as áreas rurais que circundam os centros urbanos que possuem temperaturas mais amenas (PINHEIRO; SOUZA, 2017). Nesse sentido, a arborização urbana e o incremento de outras áreas verdes públicas sempre despontarão como alternativa viável a contribuir de inúmeras formas dentro da paisagem urbana, permitindo interações com os indivíduos a partir de vantagens físicas e climáticas (GONÇALVES; CAMARGO; SOARES, 2012).

3.3 Áreas Verdes Urbanas

É inquestionável os proveitos encontrados na qualidade de um ambiente que se aproxima das condições ambientais normais da natureza. No entanto, tendo em vista as numerosas transformações ocorridas no meio urbano em função do acelerado processo de expansão das cidades, esta situação tem se tornado cada vez mais rara e incerta dentro da realidade das metrópoles. Tanto quanto é de extrema relevância para uma cidade alcançar o desenvolvimento econômico, tal qual é conservar a sustentabilidade dos seus ecossistemas urbanos, e para tanto é necessário investir numa gestão integral da vegetação citadina.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), são consideradas áreas verdes urbanas os espaços intraurbanos que possuem cobertura vegetal, seja arbórea, arbustiva, ou rasteira – nativa ou introduzida – que participam de modo significativo para o equilíbrio ambiental nas urbes. Estas áreas encontram-se nas mais variadas situações e locais: como em áreas públicas; áreas de preservação permanente (APP); canteiros centrais; praças, parques, florestas e unidades de conservação (UC) urbanas; jardins institucionais; e, nos terrenos públicos não edificados.

Duarte *et al.* (2018) corroboram o mesmo pensamento e compreendem arborização urbana como toda cobertura vegetal de porte arbóreo, presente nas cidades, que ocupa as áreas públicas livres, potencialmente coletivas, áreas livres particulares e que também acompanham o sistema viário. Essas áreas verdes são consideravelmente interessantes para

contribuir de diversas maneiras com a paisagem urbana, interagindo com os indivíduos a partir de benefícios físicos, químicos, ecológicos, paisagísticos, climáticos e até psicológicos (GONÇALVES; CAMARGO; SOARES, 2012).

Não obstante, a ausência de vegetação numa área em pleno processo de urbanização altera sobremaneira as características e peculiaridades climáticas de uma cidade. O aumento populacional resulta no mal uso e ocupação do solo, e por conseguinte, o ambiente sofre com uma série de rigorosos impactos e modificações. Pinheiro e Souza (2017) destacam que conforme o crescimento desordenado progride, favorece-se a erradicação da cobertura vegetal, como uma das principais sequelas desse processo, para ampliação, reforma ou construção de novos espaços, levantamento de edifícios, parcelamento de terra e expansão de áreas pavimentadas.

Nesse sentido, a manutenção e criação de novas áreas verdes urbanas, estabelece um fator de grande importância para os avanços quanto à melhoria na condição de vida nos centros urbanos, sendo um importante componente da paisagem e do conforto ambiental para desempenhar inúmeras funções dentro do sistema urbano. Seus atributos propiciam benefícios ornamentais e estéticos, embelezamento, harmonia e mais atratividade para a cidade, rompe com a monotonia da paisagem através das inúmeras formas e texturas que assume, e provoca melhorias no microclima, trazendo sombreamento e arrefecimento como uma de suas principais funções, além proteção dos solos, redução do impacto da água, aumento da umidificação do ar, liberação de oxigênio para o meio, regulação da velocidade e direcionamento dos ventos, e diminuição da poluição do ar, acústica e visual (SHAMS, 2009; BASSO; CORRÊA, 2014).

No ciclo hidrológico, conforme apontam Duarte *et al.* (2018), a arborização urbana pode ajudar muito em relação à não sobrecarga dos sistemas de drenagem consequente da impermeabilização do solo, pois desempenham importantíssimo papel que facilitam a infiltração da água da chuva, fazendo diminuir o escoamento superficial e promovem estabilização do solo, uma vez que as raízes passam a ter maior fixação, o que contribui até mesmo para diminuir os riscos com deslizamentos de encostas e enchentes.

Quanto ao seu efeito sobre a temperatura, a cobertura arbórea apresenta propriedades que exercem funções moderadoras que regem a incidência de radiação solar tanto na superfície quanto sobre as pessoas. O sombreamento atua na proteção solar sobre o conjunto urbano edificado e na redução das amplitudes da temperatura urbana, por meio da ampliação das taxas de evapotranspiração e retenção de umidade do solo e do ar. Segundo Oliveira (2012), boa parte da radiação incidente é atenuada, absorvida, pelas

árvores (em grupo ou isoladas) e outros espaços com presença de corpos hídricos, não permitindo que o solo e as edificações sejam atingidos na sua totalidade pela radiação. A ação da vegetação traz um resfriamento passivo sobre as construções e reduz a temperatura superficial e o aquecimento das superfícies (LABAKI, 2011).

Diferente dos materiais de construção largamente utilizados no tecido urbano, as árvores não armazenam o calor retido, mas transforma-o e devolve ao meio. Pinheiro e Souza (2017), endossando afirmação de Holbrook (2010), assinalam que 97% de água nas folhas é evaporada via transpiração pela ação estomática, isto acarreta menor carga de calor na planta, o que ameniza a temperatura do ambiente. Esse mecanismo leva as diferenças e modificações microclimáticas, adequando o comportamento térmico do arranjo urbano quanto às próprias exigências do ambiente, proporcionando maior conforto e estabilidade microclimática.

Atualmente, diante de tantas inconformidades no ambiente urbano, é possível notar certa preocupação da sociedade sobre a questão ambiental, a qual vem ganhando bastante notoriedade nos últimos anos nas principais conferências e discussões mundiais, cujo tema central não poderia ser outro senão a importância da vegetação, de sua conservação e da função que exerce nas urbes, conservando sua qualidade climática. Muitos estudos já foram realizados, sob os mais variados aspectos metodológicos, que evidenciam a influência que a vegetação exerce sobre o clima. Amplitude térmica, conforto térmico, umidade do ar, balanço hídrico, regime pluviométrico, são todos fatores afetados proporcionalmente pela distribuição espacial das áreas verdes públicas (LIMA *et al* 2009 *apud* OLIVEIRA, 2012). Até mesmo em áreas menores é possível sentir influência da vegetação sobre o ambiente. Segundo Hoffman e Shashua-Bar (2000, *apud* PINHEIRO; SOUZA, 2017), pequenas áreas verdes, introduzidas no meio urbano já possuem um efeito de arrefecimento sobre o microclima com alcance de 100m de raio.

Sendo assim, entendemos o quanto é necessário a preservação dessas áreas vegetadas e com solo natural dentro do ambiente urbano, a fim de se alcançar qualidade ambiental e o bem-estar da população. Elas são consideradas por vários autores como sendo o principal indicador da saúde e equilíbrio ambiental de um local. Por isso, para se alcançar a sustentabilidade ecossistêmica urbana, proporcionando o máximo de benefícios para a cidade, é importante que haja toda uma logística de planejamento direcionado para adequação de ambientes, além do apoio da comunidade local (OLIVEIRA, 2012).

3.4 Sensoriamento Remoto

O campo das geotecnologias, com destaque para o sensoriamento remoto integrado com o sistema de informação geográfica (SIG), tem recebido muito destaque e aceitação nos últimos anos entre pesquisadores do meio acadêmico, nas mais diversas áreas do conhecimento (COELHO; CORREA, 2013). O acesso a hardwares, *softwares*, e produtos gratuitos como imagens de satélites, por exemplo, que esse instrumento permite, complementando dessa forma as análises de dados e aplicações, tem proporcionado inúmeras vantagens para o meio científico (MOREIRA *et al*, 2017)

Não são poucos os trabalhos que têm sido desenvolvidos com a utilização dessa ferramenta, e metodologias das mais alternativas são empregadas para o estudo dos fenômenos meteorológicos e ambientais nos mais variados aspectos, a fim de se realizar o acompanhamento/monitoramento, em larga escala, da superfície terrestre de determinados locais, ou regiões. Os dados obtidos a partir do sensoriamento remoto orbital atendem à demanda de informações em escalas diversas, e dessa forma, este recurso vem servindo de fonte e base para múltiplos levantamentos: geológicos, agrícolas, cartográficos, florestais, urbanos, entre outros.

O sensoriamento remoto (SR) pode ser definido como a ciência de obter e registrar-se a informação sobre um objeto, área, ou fenômeno, sem contato direto com o alvo investigado, mas adquirindo-a via uso de instrumentos, tais como câmeras, escâneres, lasers, dispositivos lineares e/ou matriciais localizados em plataformas como aeronaves ou satélites (JENSEN, 2009). Isso tem possibilitado este mecanismo se tornar uma valiosa ferramenta para realização de análises de mudanças espaço-temporais e de suas consequências, de maneira ágil e satisfatória, para qualquer parte do mundo.

Segundo Santis e Regodzinski (2019), além de Santos (2014), o entendimento sobre a estrutura da paisagem é possível a partir da disponibilidade de dados de sensoriamento remoto e da sua completa integração com os métodos de Sistema de Informação Geográfica, pois o uso dessas ferramentas aplicado ao estudo do ambiente urbano e da paisagem, contribui bastante para o desenvolvimento de trabalhos voltados para análise da paisagem.

Nas últimas décadas os recursos de SR têm sido aplicados nos estudos relacionados ao clima urbano, porque além de fornecer visões em diferentes escalas, possibilita o uso de dados do canal infravermelho termal, que fornece como produto final o desenho da temperatura local da cidade (MOREIRA; GALVÍNCIO, 2009). Isso ocorre em função de

que a principal fonte de energia primária disponível aos processos naturais que ocorrem na superfície terrestre ser o sol. E daí, quando a superfície urbana recebe essa radiação eletromagnética, parte da energia é absorvida, parte refletida.

Isso faz com que os sensores que operam na faixa do infravermelho termal obtenham no topo da atmosfera a radiação emitida pela superfície terrestre. Então, segundo Santos (2011), esses dados podem ser convertidos em temperatura da superfície, a qual é estimada de acordo com a lei de Planck que estabelece que quanto maior a temperatura, maior a quantidade de energia emitida por um corpo negro em um comprimento de onda.

Aliado a isso, o sensoriamento remoto muito tem sido utilizado para estudos no tocante às implicações das variações de temperatura (inter ou intra-urbana) e sua relação com as características da superfície, bem como para avaliar o fenômeno de Ilhas de Calor Urbanas e seus efeitos sobre as cidades a partir das temperaturas de superfície, e, ainda, classificação de uso de solo e para fornecimento de dados de entrada para modelos de trocas atmosféricas e de superfície urbana (NICHOL, 1996 e VOOGT & OKE, 2003, *apud* FRANÇA *et al*, 2015). Em sua aplicação, no uso de satélites e seus sensores, o sensoriamento remoto nos traz a utilidade de em tempo-sincronizado possibilitar a aquisição de uma robusta rede de dados de temperatura para toda uma cidade ou para uma área particular da mesma (PIRES; FERREIRA JR., 2015).

Moreira e Galvêncio (2009), citando Voogt e Oke (2003), afirmam que em estudos voltados ao balanço de energia e que levam em conta as relações entre uso do solo e temperatura de superfície, utilizam imagens na faixa do infravermelho termal, banda 6 (que compreende a faixa entre 10,4 e 12,5 μm), uma vez que apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação, água, concreto, metais, dentre outros materiais. Antes, esses componentes só eram possíveis de serem obtidos com o uso de equipamentos de medição em campo, altamente especializados e de difícil aquisição, e que forneciam apenas leituras pontuais dos valores de cada componente e inconstantes, o que elevava demasiadamente os custos de implantação desses equipamentos em estudos realizados em áreas mais amplas, prolongando, pela demora, ou inviabilizando muitos projetos.

Por conseguinte, com uma maior disponibilidade de imagens de alta resolução, muitos estudos foram beneficiados, permitindo melhor quantificação dos diversos alvos urbanos e avaliação e caracterização das áreas observadas (OLIVEIRA, 2012). Sendo assim, sabendo que o sensoriamento remoto é altamente acessível e possui vantagens e maior facilidade para estimar a temperatura de superfície, e outros componentes, logo,

espera-se que as avaliações ofereçam estimativas confiáveis para os diversos tipos de estudos, como nas análises sobre as temperaturas de superfície, por exemplo (CORDEIRO, 2016).

3.4.1 Imagens Landsat

Um fator decisivo que muito contribuiu para expansão do uso das técnicas de geoprocessamento diz respeito aos grandes avanços da tecnologia espacial, que possibilitou maior disponibilidade de produtos de satélites imageadores para as mais diferentes escalas e resoluções. Esse progresso permite que a cada dia novas metodologias e concepções teóricas sejam criadas a fim de se aprimorar os conhecimentos e as ações voltadas para a gestão da ocupação e apropriação de determinado espaço geográfico, a partir do estudo do seu uso e cobertura, combinando isso a preocupação ambiental e da estrutura de sua paisagem (OLIVEIRA, 2012).

Atualmente, existem disponíveis diversos tipos de sensores com diferentes escalas espaciais e temporais, em que se é possível adquirir, de forma local ou global, imagens, dados e informações sobre a superfície terrestre, como por exemplo a temperatura de superfície. Podem ser citados os sistemas imageadores a bordo dos satélites MODIS, NOAA, GOES, ASTER, CBERS, Sentinel e o sistema LANDSAT, onde através da utilização da banda termal (sensor TM ou TIRS para Landsat), é possível estimar a temperatura de superfície a partir de determinadas metodologias propostas por diversos autores (OLIVEIRA, 2012)

A série Landsat, uma das mais utilizadas até hoje, teve seus primórdios em meados da década de 60, surgida a partir de uma missão denominada *Resources Technology Satellite* (ERTS), um projeto desenvolvido pela Agência Espacial Americana que se dedicou à observação dos recursos naturais terrestres, e em 1975 passou a se chamar Landsat. Gerenciada pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e pela *United States Geological Survey* (USGS), sempre esteve envolvida com lançamento de satélites, e mesmo agora, mais de 40 anos depois (e com 8 satélites já lançados), continua ativa e cooperando para evolução das técnicas de sensoriamento remoto em instituições em todas as partes do mundo (CORDEIRO, 2016).

Segundo o USGS (2021), em 1972 ocorreu o lançamento do primeiro satélite, o ERTS-1, que embora tenha tido um curto prazo de vida útil, trouxe grande inovação com o sensor MSS (*Multispectral Scanner System*), o qual registrava dados em quatro bandas e logo após os seus primeiros resultados, já se mostrou como um dos principais sensores da

época. Depois disso, com o segundo lançamento em 1975 e o terceiro em 1978, este já com o MSS com uma quinta banda termal, somente em 1982, com Landsat-4 (L-4), houve a implementação do sensor TM (*Thematic Mapper*) que foi uma grande novidade para época, trazendo melhorias nas resoluções espaciais e temporais. O Landsat 4 manteve o MSS, e adicionou o sensor TM, que possuía separação espectral, e foi projetado para dar suporte às pesquisas nas mais diversas áreas, oferecer subsídios para mapeamentos temáticos, auxiliando principalmente em trabalhos especializados em recursos naturais.

Dois anos mais tarde, seria a vez do Landsat-5 (L-5) entrar em órbita, fazendo uso dos mesmos instrumentos e sensores do seu antecessor. Esse com certeza é o satélite de observação terrestre de mais longa duração até o momento. O L-5 forneceu dados globais de alta qualidade da superfície terrestre por quase 29 anos, sendo inativado somente em junho de 2013. Embora o MSS do L-5 tenha cessado de enviar dados em 1995, o TM continuou funcionando efetivamente, oferecendo assiduidade e sequência aos trabalhos e metodologias desenvolvidos com os produtos Landsat (CORDEIRO, 2016).

Esse sensor TM, utilizados no L-4 e 5, operava com 7 bandas nas áreas do visível, infravermelho próximo, médio e termal. Também possuía melhor resolução espacial, acurácia e posicionamento geométrico, que o sensor MSS. Segundo Embrapa, citado por Cordeiro (2016), ele mede a radiância espectral dos alvos e os armazena na forma de níveis de cinza, ou número digital (ND), em que os valores variam de 0 a 255 (8 bits), tendo uma resolução espacial de 30m x 30m nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, e uma resolução espacial de 120m x 120m na banda 6. No Landsat-5, este sensor teve importância fundamental para o avanço das técnicas desenvolvidas e empregadas no sensoriamento.

Em 1993, o L-6, que tinha sido projetado com o sensor ETM (*Enhanced Thematic Mapper*), inovando na inclusão da banda 8 pancromática com 15 metros de resolução espacial, não conseguiu atingir a órbita e falhou no seu lançamento. Somente alguns anos mais tarde, em 1999, com o lançamento do Landsat-7, e com algumas modificações, é que esse sensor agora chamado de ETM⁺ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) foi estabelecido. Este possibilitou a ampliação da resolução espacial da banda 6 (infravermelho termal) para 60 metros, além de tornar a banda pancromática operante, permitindo a geração de composições coloridas com 15 metros de resolução. O L-7 enviou dados completos para terra até 2003, quando apresentou problemas de hardware e passou a operar com o SLC (*Scan Line Corrector*) desligado, o que, desde então, tornou necessária a aplicação de correções prévias e análise de acurácia no posicionamento das imagens adquiridas, além de calibração dos pixels.

O Landsat-8, ainda funcional, um dos mais recentes da série, foi lançado em 11 de fevereiro de 2013 pela NASA, no estado da Califórnia (EUA), na base aérea de Vandenberg. Conforme a USGS (2022), a abrangência das imagens acontece em praticamente todo o globo, salvo as altas latitudes polares, com um ciclo de revista, ou seja, resolução temporal, de 16 dias, completando uma órbita terrestre a cada 99 minutos, e proporcionando uma cena de aproximadamente 185 km ao norte-sul por 180 km a leste-oeste, são 740 cenas adquiridas por dia.

Esta plataforma atua a partir de dois sensores imageadores (Tabela 1), o OLI (*Operational Land Imager*), com 9 bandas espectrais incluindo a banda pancromática, e o outro instrumento é o TIRS (*Thermal Infrared Sensor*), o qual apresenta duas bandas apenas, com pixels de 100m, processados e disponibilizados em 30m, coincidindo com a maioria das bandas multiespectrais do sensor OLI (MOREIRA *et al*, 2017). A resolução radiométrica é de 16 Bits, Datum WGS 1984, projeção UTM, sendo necessário reprojotá-las para sul (USGS, 2022).

Tabela 1. Características dos sensores OLI e TIRS, Landsat-8.

Bandas	Cor	Comprimento	Resolução
Sensor OLI			
1	Visível – Ultra Azul	0.43 -0.45 μm	30 m
2	Visível – Azul	0.450 -0.51 μm	30 m
3	Visível – Verde	0.53 -0.59 μm	30 m
4	Visível – Vermelho	0.64 -0.67 μm	30 m
5	Infravermelho Próximo	0.85 -0.88 μm	30 m
6	Infravermelho SWIR 1	1.57 -1.65 μm	30 m
7	Infravermelho SWIR 2	2.11 -2.29 μm	30 m
8	Pancromática (PAN)	0.50 -0.68 μm	15 m
9	Cirrus	1.36 -1.38 μm	30 m
Sensor TIRS			
10	Infravermelho Termal 1	10.6 -11.19 μm	100 m
11	Infravermelho Termal 2	11.5 -12.51 μm	100 m

Considerando as novas tecnologias de informação, que envolvem o uso de imagens de satélite, aliadas a SIG, surgem importantes perspectivas de aplicação quanto ao

processamento e análise de dados de SR. Uma dessas inovações pode ser indicada a partir da plataforma GEE (*Google Earth Engine*), que consiste numa ferramenta, baseada em nuvem, de processamento computacional de dados geoespacial em grande escala, ou seja, permite acessar e observar um catálogo de vários *petabytes* de dados, como imagens Landsat, MODIS, Sentinel, entre outros. Informações de temperatura, precipitação, dados climáticos, entre outros, são disponibilizados gratuitamente, a partir de servidores do próprio Google, em menor tempo, e por meio de computadores sem muito poder de processamento (MOTA *et al.*, 2020).

Essa plataforma é controlada via Interface de Programação de Aplicação e utilizável via navegadores web em Ambiente de Desenvolvimento Interativo que possibilita criação rápida de modelos, protótipos para uso posterior e exibição de resultados. O GEE permite que se lide com alta variedade de dados socioambientais de alto impacto, e também que os usuários, pesquisadores, compartilhem de maneira muito facilitada suas informações e trabalhos com outros pesquisadores, instituições, ou público geral (CARVALHO; FILHO; SANTOS, 2021). Por fim, com a adoção do GEE, muitos obstáculos e limitações podem ser suplantadas, pois ela permite a análise de longas séries temporais, contribuindo para o processamento de muitos Gigabites de informação em tempo quase real.

3.4.1 Uso do Algoritmo SEBAL

Esse modelo é um método que tem por objetivo a estimativa dos componentes do balanço de energia, que toma por base combinações empíricas e parametrizações físicas (BASTIAANSSEN *et al.*, 1998). Sempre sustentado com o auxílio de imagens de satélite, o modelo SEBAL possibilita a determinação da temperatura da superfície, do albedo, além de outras informações que normalmente se obtêm nas estações meteorológicas de superfície (MOREIRA *et al.*, 2017).

Muitos pesquisadores têm se aproveitado desse modelo para desenvolverem trabalho precisos sobre balanço de energia e evapotranspiração. É largamente utilizado para áreas grandes e geralmente rurais para fins agroclimatológicos, quando consideramos o contexto intraurbano, entretanto, há uma necessidade de adaptação do algoritmo, uma vez que a precisão desse modelo modifica de acordo com o grau de heterogeneidade da superfície e com o tamanho dos pixels (BASTIAANSSEN *et al.*, 1998; TIMMERMANS *et al.*, 2011 *apud* MOREIRA *et al.*, 2017).

Estes mesmos autores, fazendo referência a Christen *et al.* (2011), ainda destacam que estimar componentes do balanço de energia em áreas urbanas é complexo e constitui-se um grande desafio, já que as equações consideram o dossel urbano um todo homogêneo, mascarando a realidade entre as trocas de energia, dessa forma. Uma vez adaptado ele possibilita, com o emprego de uma metodologia a baixo custo, a análise dos componentes microclimáticos por meio de sensores remotos.

4. Material e Método

A metodologia empregada neste trabalho consistiu na utilização de imagens de satélite, abrangendo áreas urbanizadas e com vegetação, uso de SIG e técnicas de sensoriamento remoto para determinação da temperatura de superfície, caracterização e quantificação do uso e ocupação da terra, bem como a sobreposição/cruzamento dessas informações. A Figura 1 demonstra o fluxograma das etapas seguidas para realização do trabalho.

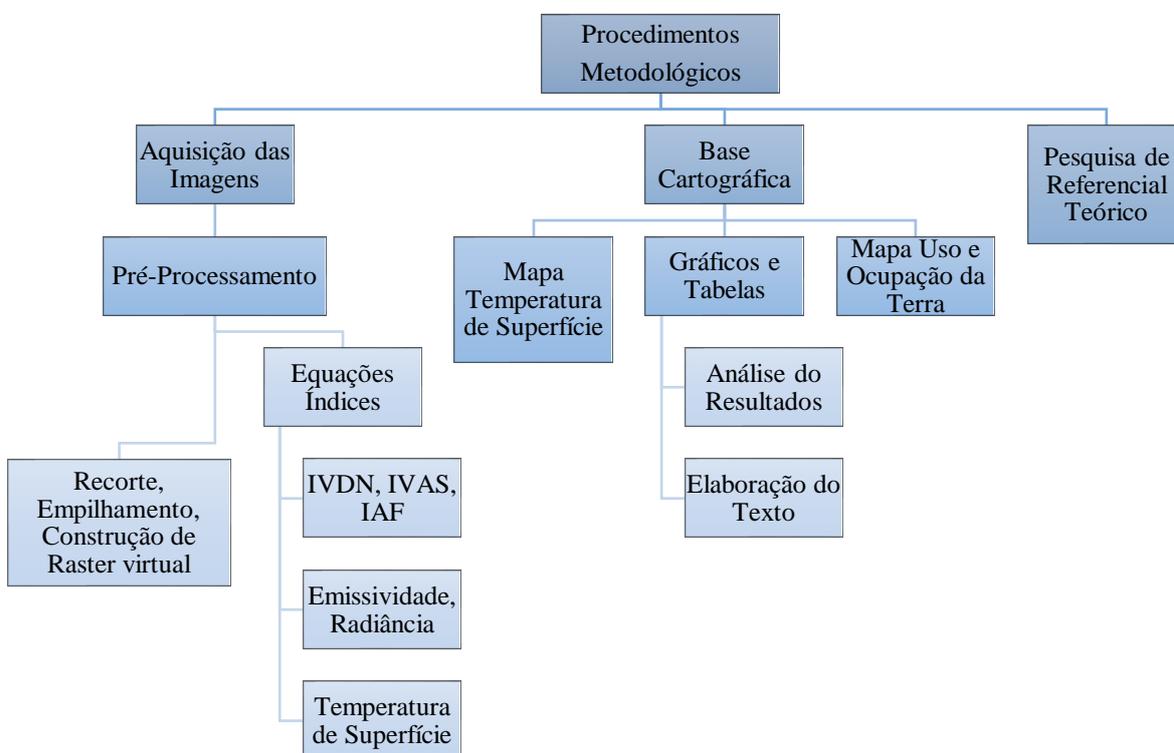


Figura 1. Demonstração ordenada das etapas seguidas para realização do trabalho.

4.1 Caracterização da área de estudo

O presente trabalho foi realizado em alguns bairros das Regiões Político-Administrativas (RPA) 3 e 4 da cidade do Recife. Este município é a capital do estado de

Pernambuco e encontra-se no litoral do nordeste brasileiro, limita-se ao norte com as cidades de Olinda e Paulista, ao sul com o município de Jaboatão dos Guararapes, a oeste com São Lourenço da Mata e Camaragibe, e a Leste com o Oceano Atlântico (Figura 2).

A cidade possui altitude média que varia entre 4 a 10 metros e está localizada na faixa intertropical, entre as coordenadas de latitude $08^{\circ}03'14''$ S e longitude $34^{\circ}52'53''$ O. Abrange uma área total de 218,843 km² e população de 1.661.017 pessoas (IBGE, 2023).

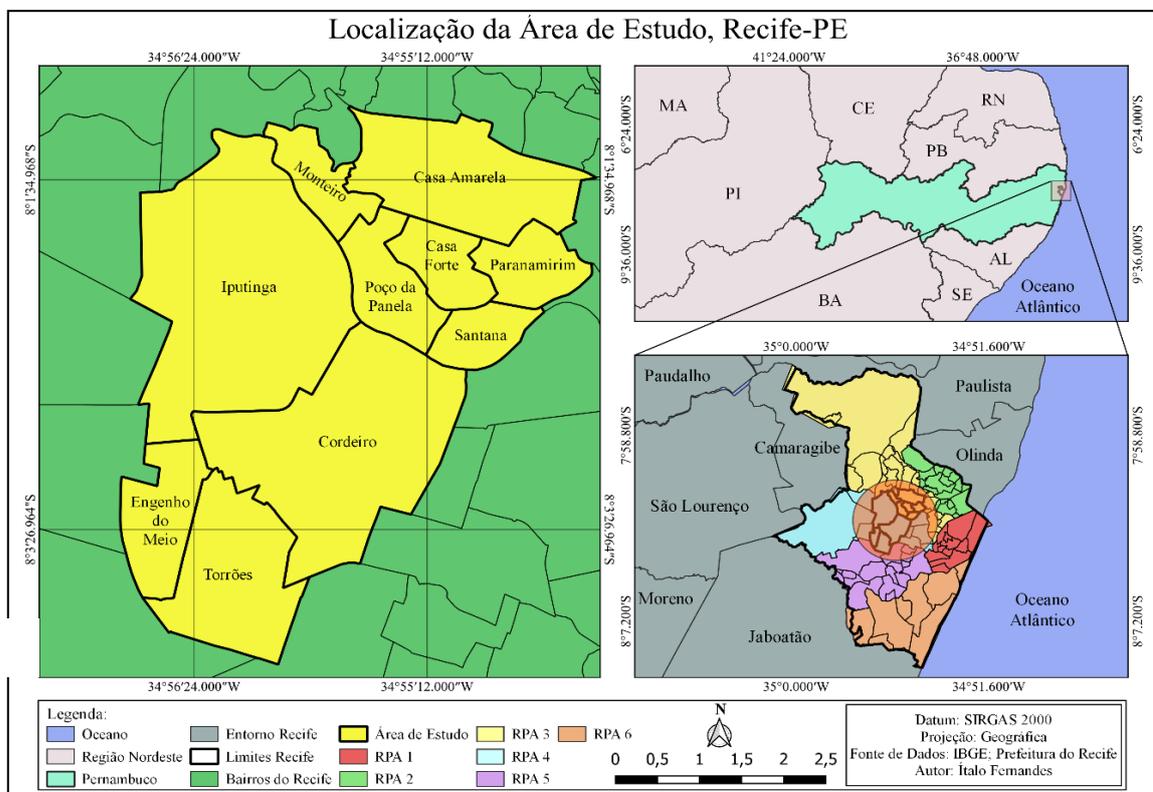


Figura 2: Localização da área de estudo correspondendo a 10 bairros de Recife-PE.

A cidade de Recife possui clima tropical quente e úmido, diferenciado por basicamente dois períodos distintos, uma estação seca, de estiagem, de setembro a fevereiro, primavera-verão, com características de elevadas temperaturas. E outra estação chuvosa, que vai de março a agosto, outono-inverno, a qual apresenta intensos eventos de precipitação.

Por se encontrar em zonas de baixas latitudes, apresenta temperaturas médias mensais acima dos 25°C , de amplitude térmica anual superior a 5°C e umidade relativa do ar com valores médios anuais de 84% (INMET). O índice pluviométrico anual médio encontra-se acima de 1.600 mm (VIEIRA, 2020). O clima regional da cidade é o tropical atlântico de costa oriental (As' , segundo a classificação climática de Köppen), com chuvas

de outono-inverno, sem inverno térmico em que as temperaturas médias mensais são superiores a 18°C.

Como não há distinções nas características das estações que compreendem os períodos seco e chuvoso, respectivamente, adotou-se neste trabalho, os períodos sazonais apenas como verão, para a estiagem, e inverno para o período mais chuvoso.

Sobre sua vegetação, Recife é caracterizada por uma flora de origem de Mata Atlântica, cuja composição é formada por matas densas, capoeirinha, vegetação arbustiva, coqueiral e manguezais. Já o sistema hidrográfico que banha a planície recifense é abundante e abrange basicamente as bacias dos rios Tejipió, Beberibe e Capibaribe, além de ser cortada por outros rios de menor porte como o Jiquiá e Jordão (VIEIRA, 2020).

Em relação a sua geomorfologia, de forma geral, é considerada quaternária, plana e estabelecida a partir de rochas quartzosas e areníticas, inseridas na planície flúvio marinha. Entretanto, possui dois domínios geomorfológicos, sendo o primeiro o Modelado Cristalino que ocorre em pequenos eixos restritos, com dois subdomínios: colinoso e tabuleiro. E o segundo constitui a Planície Costeira ou Flúvio Lacunar que predomina em quase todo território municipal (BARROS; LOMBARDO, 2012).

Em termos urbanos, a cidade engloba a maior área metropolitana da Região Nordeste, a Região Metropolitana do Recife (RMR), sendo o seu principal centro. O espaço urbano da cidade, encontra-se dividido em 94 bairros, 18 microrregiões e em seis Regiões Político-Administrativas. Sendo assim, devido à alta cobertura de nuvens no período analisado, foram selecionados dez bairros, de duas diferentes zonas do município, delimitando-se a seção utilizada no trabalho, situados no centro leste da cidade, pertencentes às RPA 3 e 4 da cidade para realização deste trabalho. São eles: Casa Amarela, Casa Forte, Monteiro, Parnamirim, Poço da Panela e Santana, integrantes da RPA 3, e os bairros de Cordeiro, Iputinga, Engenho do Meio e Torrões, como representantes da RPA 4. A área total desses bairros compreende uma extensão territorial de 15,15 Km² e um montante populacional de 192.742 habitantes (RECIFE, 2020). Na Tabela 2 pode ser observado as informações físico-socioeconômicas sobre os referidos bairros.

Tabela 2: Informações físico-socioeconômicas dos bairros da área de estudo.

BAIRROS										
Informações	RPA 4				RPA 3					
	Cordeiro	Engenho do Meio	Iputinga	Torrões	Casa Amarela	Casa Forte	Monteiro	Parnamirim	Poço da Panela	Santana
Distância do Marco Zero (Km)	6,54	8,00	7,74	7,23	6,50	6,24	7,59	5,48	6,56	5,55
Área Territorial (ha)	341,2	87,76	434	165,1	188,5	56	55,5	61,4	77,3	47
População Residente (Habitantes)	41.164	10.211	52.200	32.015	29.180	6.750	5.917	7.636	4.615	3.054
Densidade Demográfica (hab./ha)	120,64	116,35	120,28	193,91	154,80	120,54	106,61	124,36	59,70	64,98
Domicílios (n°)	12.797	3.053	16.294	9.320	9.296	2.192	1.742	2.458	1.463	978
Média moradores/domicílio	3,2	3,3	3,2	3,4	3,4	3,1	3,4	3,1	3,2	3,1
Rendimento Nominal Médio Mensal dos Domicílios (R\$)	2.812,73	2.594,45	2.045,08	1.320,56	4.236,69	11.318,97	7.106,75	10.712,06	9.346,35	9.040,76

4.2 Aquisição das Imagens

O trabalho foi realizado a partir da aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas, obtidas na plataforma *Google Earth Engine* (GEE), do satélite Landsat 8, órbita 215, ponto 74, sensor TIRS (*Thermal Infrared Sensor*), no formato TIF, com resolução espacial de 30 m e 100 m. Como o GEE trabalha com medianas, essas imagens foram tomadas considerando os períodos de 20 de dezembro de 2020 a 21 de março de 2021, para representar o verão, e para o inverno foi utilizado o intervalo de 20 de maio de 2021 a 20 de agosto de 2021. A seleção das imagens, quanto aos bairros escolhidos e o período utilizado, justifica-se em virtude da disponibilidade das próprias imagens na cobertura espacial da área de estudo e a pouca presença, ou menor nebulosidade nas mesmas, e por ainda estarem elas inseridas dentro do intervalo temporal correspondente às estações., representando, assim, os efeitos de sazonalidade a serem analisados.

As imagens obtidas na plataforma GEE corresponderam a informação da superfície terrestre, sem a necessidade de desenvolver etapas de calibração radiométrica. No trabalho foram utilizadas as bandas 2 a 7 e a banda 10 (termal), para o mapeamento do uso e cobertura da terra e a temperatura de superfície, respectivamente. Toda base cartográfica para o trabalho foi adquirida em formato vetorial *shapefile* a partir do banco de dados do IBGE e da Prefeitura da Cidade do Recife (ESIG): Limite das Unidades Federativas do Brasil; limites dos municípios de Pernambuco e RME; limites dos bairros do Recife; e, limites das regiões político administrativas de Recife.

4.3 Processamento das imagens

Previamente ao processo de tratamento digital das imagens, foi realizado o pré-processamento com a construção de um *raster* virtual correspondendo a composição das bandas RGB, obtendo uma imagem colorida o que facilita a identificação dos usos no processo de classificação realizada no *software* estatístico R, pela inteligência artificial.

Para as demais etapas, na direção de encontrar a temperatura de superfície, foram utilizadas equações que compõem o algoritmo SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*), calculadas com o suporte da calculadora *raster* do *software* QGIS (versão 3.10.13 *with* GRASS 7.8.4). Neste estudo, foram utilizados os Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, Índice de Vegetação Ajustada ao Solo e Índice de Área Foliar.

4.4 Obtenção da temperatura de superfície

Como se utilizou a plataforma GEE na aquisição das imagens, foi possível obter arquivos já com a informação da reflectância da superfície disponibilizada, fazendo-se desnecessário a realização de outras equações nas etapas anteriores, do pré-processamento, para aquisição desse dado. A seguir é destacado as equações utilizadas em cada etapa até a obtenção da Temperatura de Superfície:

- Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN)

O IVDN (*Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI) estabelece um indicador sensível da quantidade e da condição da vegetação verde. Por meio da sua estimativa podemos avaliar as mudanças que ocorrem na cobertura vegetal e sua aplicação permite também observar as variações sazonais e interanuais da vegetação. Seus valores apresentam variação entre -1 a +1, sendo que para a vegetação o NDVI varia de 0 e 1; já para a água e nuvens o NDVI geralmente é menor que zero. O mesmo é obtido através da razão entre a diferença das refletividades do infravermelho próximo (ρ_V) e do vermelho (ρ_{IV}), pela soma das mesmas, como pode ser visto através da equação 1, segundo Rouse (1973):

$$NDVI = \frac{(\rho_V - \rho_{IV})}{(\rho_V + \rho_{IV})} \quad (1)$$

Onde: ρ_V e ρ_{IV} correspondem, respectivamente, às bandas 4 e 5 do Landsat 8.

- Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS)

Essa estimativa foi proposta inicialmente por Heute (1988), do inglês *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI), no qual introduz um fator ao IVDN, levando em consideração o efeito da presença do solo. Segue mantendo seus valores entre -1 e +1, sendo calculado a partir de seguinte equação (2):

$$\frac{(1 + L) * (\rho_V - \rho_{IV})}{(L + \rho_V + \rho_{IV})} \quad (2)$$

Onde, ρ_V e ρ_{IV} correspondem, respectivamente, às bandas 4 e 5 do Landsat 8 – OLI e L identifica o fator de ajuste do solo, como uma constante de vedor de vegetação que a

imagem possui, e cujo valor mais frequentemente usado é 0,5 (ACCIOLY *et al*, 2002; BOEGH *et al*, 2002; SILVA *et al*, 2005). Valor esse também aqui adotado.

- Índice de Área Foliar (IAF)

O IAF é um indicador de biomassa de cada pixel da imagem, sendo este índice definido a partir da razão entre área foliar de toda a vegetação pela unidade de área utilizada por essa vegetação, representado o seu cálculo pela equação 3, conforme proposto por Allen *et al* (2002):

$$IAF = \frac{\ln\left(\frac{0,69 - IVAS}{0,59}\right)}{0,91} \quad (3)$$

- Emissividade (ϵ_{NB})

A fim de se obter a temperatura de superfície, obteve-se o valor da emissividade, e para tanto é utilizada a equação de Planck invertida, válida para um corpo negro. Segundo Di Pace *et al* (2008), como cada pixel não emite radiação eletromagnética como um corpo negro, surge a necessidade de se introduzir a emissividade de cada pixel no domínio espectral da banda termal do TIRS Landsat 8 (qual seja: 10,4 a 12,5 μm). Por sua vez, quando do cômputo da radiação de onda longa emitida em cada pixel, deve-se considerar a emissividade de banda larga (ϵ_0). Segundo Allen *et al* (2002), as emissividades ϵ_0 e ϵ_{NB} podem ser obtidas para $IVDN > 0$ e $IAF < 3$. Assim, as emissividades são definidas ao associar os valores de IAF, sendo obtida por meio Equação 4.

$$\epsilon_{NB} = 0,97 + 0,00331 * IAF \quad (4)$$

$$\epsilon_0 = 0,95 + 0,01 * IAF$$

Onde ϵ_{NB} corresponde à emissividade termal e ϵ_0 à emissividade superficial, na qual foi considerada a $\epsilon_{NB} = \epsilon_0 = 0,98$, quando $IAF \geq 3$ e $IVDN < 0$. Para corpos d'água a $\epsilon_{NB} = 0,99$ e $\epsilon_0 = 0,985$. Aqui se utilizou a primeira expressão, pois consideramos a emissividade de cada pixel.

- Radiância

A radiância consiste na intensidade radiante por unidade de área-fonte projetada numa direção específica (JENSEN, 2009). Assim, para a banda termal verificada essa radiância

expressará a energia emitida para cada alvo situado na superfície terrestre. O valor aqui obtido é empregado na obtenção da temperatura de superfície. Para a conversão das imagens Landsat 8 à valores de radiância é aplicada a equação 5 (USGS, 2021):

$$L\lambda = ML * Q_{cal} + AL \quad (5)$$

Em que: ML representa o fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10, AL é o fator de redimensionando aditivo da banda e Q_{cal} é o valor quantizado calibrado pelo pixel em DN.

- Temperatura de Superfície

Para o cálculo da temperatura de superfície são utilizadas a radiância espectral da banda termal $L_{\lambda 10}$ (Landsat 8) e a emissividade (ϵ_{NB}) de cada pixel, calculada na etapa anterior (MORSE *et al*, 2000; ALLEN *et al*, 2002; SILVA *et al*, 2005). Dessa forma temos a seguinte equação (06) para obtenção da temperatura da superfície em Kelvin (K):

$$T_S = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{\epsilon_{NB}K_1}{L_{\gamma 10}} + 1\right)} \quad (6)$$

Onde, K_1 e K_2 representam constantes de calibração da banda termal do Landsat 8, adquiridas nos metadados das imagens utilizadas. Correspondem, respectivamente, aos valores $K_1 = 774,89 \text{ Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$ e $K_2 = 1321,08 \text{ Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$. Para se ter a medida da temperatura de superfície em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$), basta subtrair os valores conseguidos a partir da expressão anterior por 273,15, ficando a equação (07) da seguinte forma:

$$T_S = \left(\frac{K_2}{\ln\left(\frac{\epsilon_{NB}K_1}{L_{\gamma 10}} + 1\right)}\right) - 273,15 \quad \text{ou ainda, } T_{^{\circ}\text{C}} = T_S - 273,15 \quad (7)$$

Após a obtenção do dado, foi classificado em intervalos de classes de 1°C e formatado em layout de mapa. Foi utilizado o *software* QGIS (versão 3.10.13 *with* GRASS 7.8.4) para a organização dos dados e processamento para obtenção das variáveis.

4.5 Classificação do Uso e Cobertura da Terra

Com a finalidade de obter às áreas verdes urbanas nos bairros, foi realizada a classificação e a quantificação do perfil de uso e cobertura da terra da área de estudo. Para tanto, utilizou-se de técnicas de inteligência artificial para a identificação automática das classes temáticas.

As classes de uso e cobertura da terra foram definidas com base no Manual Técnico de Uso da terra (IBGE, 2013) e adaptadas aos objetivos, sendo assim elas: 1) Água – Corpos D’água; 2) Vegetação – Área Verde; 3) Sistema Viário; 4) Urbano – Área Construída; e 5) Nuvem – Área afetada pela ação da nebulosidade. Logo após foi feita a quantificação dessas áreas a partir da ferramenta r.report disponível no QGIS. A classificação do uso e cobertura da terra foi realizada a partir da utilização do algoritmo de aprendizagem de máquina *Random Forest*, sendo o ajuste da classificação verificado por meio dos parâmetros Acurácia e Kappa. Os valores do cômputo desta classificação, bem como da validação são expressas numericamente nos resultados.

4.6 Seleção de pontos amostrais

Posteriormente, foi realizada uma seleção de pontos amostrais para a verificação dos valores de temperatura nas diferentes observações, verão e inverno, para posterior comparação entre eles. Na definição dos locais de cada ponto (figura 3), foram considerados aspectos referentes aos tipos de uso e ocupação e proximidade de elementos naturais no seu entorno: praças, vegetação, corpos d’água, etc. Em seguida foi extraída a mediana das temperaturas de cada bairro para se definir a temperatura média de cada um deles, nas duas estações.

E a partir dos mapas, fez-se o cruzamento das informações e foram gerados gráficos demonstrando a variação da temperatura de superfície em relação a cada um dos fatores.

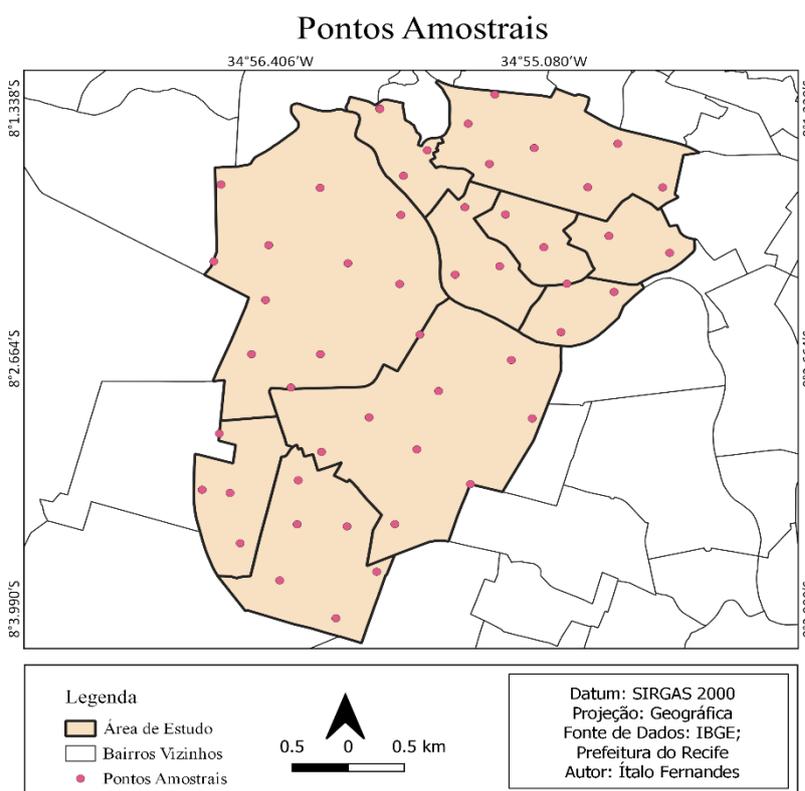


Figura 3. Pontos Definidos para comparação da Temperatura de Superfície.

5. Resultados e Discussões

Nesta pesquisa procurou-se observar as variações da temperatura de superfície dentro dos dois períodos definidos, em dez bairros da cidade do Recife, levando em consideração as áreas verdes urbanas, o uso e cobertura da terra predominante nos bairros, bem como dados socioeconômicos. Tais informações possibilitaram estabelecer associações existentes entre a temperatura de superfície e os efeitos de sazonalidade dos dois períodos estudados, relação entre temperatura de superfície e o uso e cobertura da terra, identificar a influência provocada pela presença de áreas verdes sobre a temperatura nesses bairros, além de detectar a afinidade de alguns dados socioeconômicos com a temperatura de superfície.

5.1 Temperatura de Superfície

A partir do processamento das imagens de satélite Landsat-8, sensor TIRS, foi possível obter as temperaturas de superfície para a área de estudo, dentro do período analisado, considerando os dois intervalos sazonais. O mapa a seguir apresenta as classes de temperatura de superfície obtidas, conforme nos mostra a Figura 4.

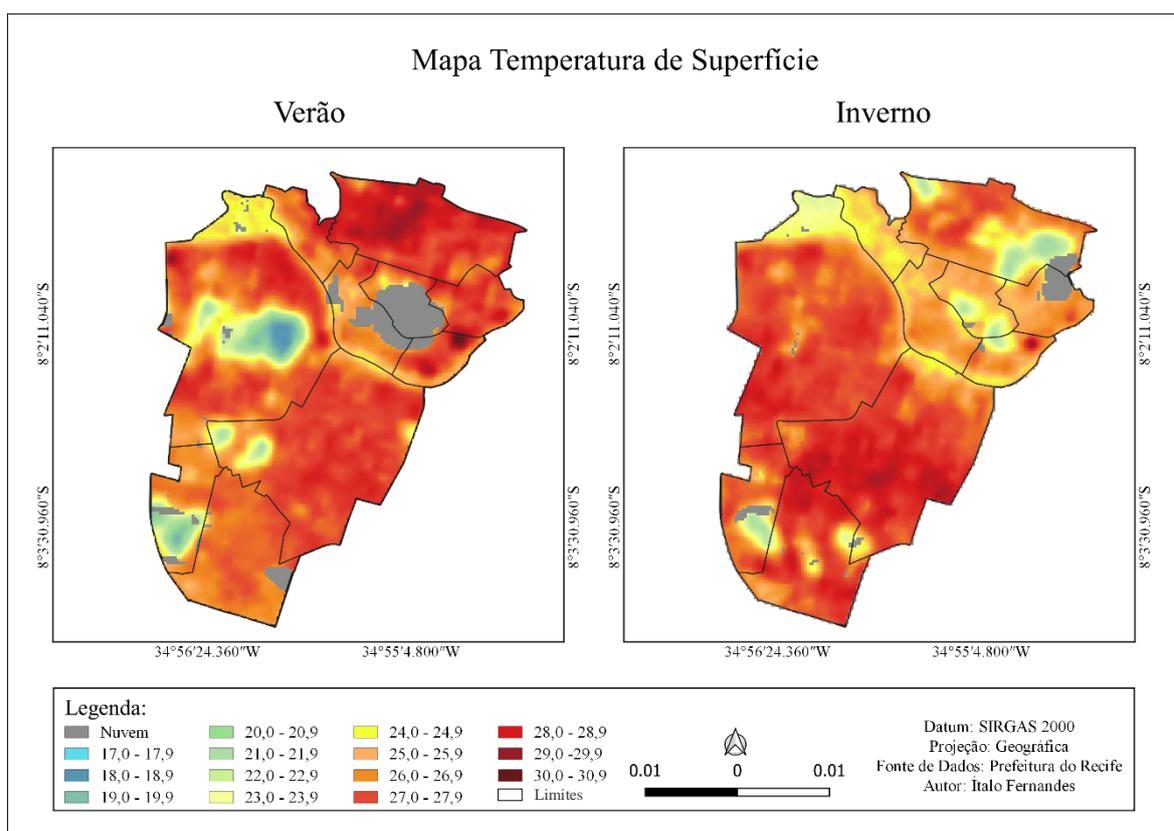


Figura 4: Mapa Temperatura de Superfície da Área de estudo para ambas as estações.

Podemos observar que a temperatura de superfície apresentou variações, as quais foram divididas em classes de 1°C, evidenciando que a variação ocorreu dentro de uma faixa entre 17°C a 30,9°C (Tabela 3). Para o período do verão contabilizou-se registros de temperaturas para todas as classes, apontando 17,9°C para temperatura mínima e 30,3°C para máxima. O inverno, por sua vez, apresentou temperaturas mais amenas, com menor variação de temperatura quando comparada ao período de verão. O menor registro de temperatura assinalado para o período do inverno foi de 20,7°C e o maior, 28,9°C.

Tabela 3. Quantificação das classes de temperatura para o período de verão e inverno.

CLASSES	Intervalo de Temperatura	VERÃO		INVERNO	
		Ha	%	Ha	%
A	17,0 – 17,9	1,17	0,08	-	-
B	18,0 – 18,9	10,35	0,68	-	-
C	19,0 – 19,9	15,12	1,00	-	-
D	20,0 – 20,9	12,51	0,83	2,30	0,15
E	21,0 – 21,9	20,07	1,33	23,02	1,52
F	22,0 – 22,9	26,28	1,74	35,68	2,36
G	23,0 – 23,9	45,81	3,03	68,98	4,56
H	24,0 – 24,9	95,76	7,32	187,80	12,41
I	25,0 – 25,9	204,48	13,51	239,78	15,84
J	26,0 – 26,9	459,9	30,39	389,59	25,74
K	27,0 – 27,9	445,41	29,43	442,53	29,24
L	28,0 – 28,9	89,46	5,91	99,08	6,55
M	29,0 – 29,9	3,51	0,23	-	-
N	30,0 – 30,9	0,63	0,04	-	-
O	Área não classificada	82,89	4,49	24,59	1,63
Total		1513,35	100	1513,35	100

Para ambas as estações, verificou-se que as classes de temperatura predominantes foram as classes J e K, que representam temperaturas na faixa de 26°C e 27°C, sendo a classe J mais representativa no período do verão, 30,39%, e a classe K, correspondendo a 29,24%, do inverno, conforme destaca a tabela.

A classe O, áreas não classificadas, refere-se a trechos da região estudada cuja visualização das imagens de satélite e conseqüentemente as leituras da temperatura de superfície foram comprometidas pela ação da cobertura de nuvens. Um ponto a destacar diz respeito às manchas que refletem as mais baixas temperaturas no mapa, denotando na maioria das vezes uma queda acentuada e discrepante da temperatura em relação ao seu entorno. Esse comportamento embora possa ter correlação com a presença de áreas verdes e outros elementos da paisagem nos locais, pode ser mais bem explicado em função do uso da plataforma GEE, uma vez que como essa ferramenta utiliza um conjunto de imagens para um período específico, trazendo assim a “média” das imagens da coleção, é possível que o efeito da nebulosidade de alguma(s) dela(s) tenha acarretado nessa desconformidade visualizada no mapa em questão.

Outra consideração é que relacionando-o com os efeitos de sazonalidade dos períodos estudados, notou-se que para o período do verão a temperatura de superfície se mostrou mais alta partindo-se da parte central (leste/oeste) da área de estudo em direção ao nordeste, atingindo valores mais elevados nos bairros da RPA 3, sobretudo em Casa Amarela e Santana, mas também apresentando pontos de pico de temperatura no bairro da Iputinga. Em compensação, os menores valores registrados são identificados na região mais ao sul, principalmente nos bairros do Engenho do Meio e entorno próximo, Torrões e também uma grande mancha que se destaca no bairro da Iputinga, ao norte, e sobretudo na zona central do bairro.

Para o período do inverno, a zona norte-nordeste da área de estudo, principalmente os bairros que integram a RPA 3, apresentaram temperaturas mais amenas, ao passo que as temperaturas mais altas configuram um trajeto que parte do centro ao sul da área de estudo (RPA 4), evidenciadas principalmente nos bairros de Iputinga, Cordeiro e Torrões que aparecem com as temperaturas mais sobranceiras.

Segundo diagnosticaram Barros e Lombardo (2012), a cidade de Recife apresenta distribuição espacial das suas temperaturas de superfície, dentro de sua morfologia urbana, organizada em três polos, ou três principais zonas, a saber: a primeira abrange o extremo leste da cidade, próximo ao oceano Atlântico, e possui os maiores valores de temperatura, quase sempre acima de 26°C; a segunda zona e a mais ampla, comporta uma área mais central, a maior parte da extensão da cidade, e apresenta valores intermediários de temperatura, variando entre 22° a 26°C; e, por fim, o terceiro polo, está restrito a extremidade oeste da cidade, cujas temperaturas mostram-se até 9°C mais frias em relação à primeira zona.

Na área de estudo, o verão corresponde ao período do ano caracterizado pelas temperaturas médias mais elevadas. Geralmente o período mais quente compreende os meses de janeiro a março, sendo este, geralmente, o mais quente do ano, com temperaturas que ultrapassam os 26°C. É neste período também que são registrados os maiores valores pluviométricos. O inverno, por outro lado, é curto, morno, com bastante precipitação, de ventos fortes e de céu quase sem nuvens. Os meses de julho a agosto são os que apresentam temperaturas próximas ou inferiores aos 24°C, sendo agosto o mês de menor temperatura média (CORRÊA, 2006 *apud* MENDES *et al.*, 2018).

Ao longo do ano a temperatura varia de 23°C a 31°C, sendo raramente inferior a 21°C, ou superior a 34°C. Segundo Moreira e Galvêncio (2007, *apud* SANTOS, 2011), a incidência de radiação solar é alta e intensa, sofrendo pouca variação ao longo do ano, exceto pela penetração de nebulosidade durante o período mais chuvoso. Nesse sentido a nebulosidade, típica dos trópicos úmidos, contribui para a radiação difusa, ou seja, aquela refletida pelas nuvens.

O período do verão também pode acarretar uma intensificação dos problemas de conforto térmico, uma vez que nessa estação é comum que haja ativação do impulso de calor em áreas mais centralizadas e litorâneas, fazendo com que essas regiões atinjam temperaturas maiores que áreas periféricas (SANTOS, 2011 *apud* Barros *et al.*, 2010). Como a área de estudo está inserida na zona central do município, é possível que os registros de temperaturas mais elevada nesta estação sejam também compreendidas por este fato.

Outra realidade importante diz respeito às áreas não classificadas, pois se notou que as mesmas têm maior frequência no período do verão, o que gerou, como consequência, valores maiores de amplitude térmica e determinou diferenças entre os locais analisados. Nesse sentido, em Recife a estação de inverno, apesar de mais chuvoso, não possui muita influência de nuvens, logo, é provável que isso tenha corroborado para presença de maiores áreas com temperatura abaixo dos 21°C no período do verão, quando comparado ao período do inverno.

Em trabalho para identificar as ilhas de calor no nordeste brasileiro, Cordeiro (2016), analisou, entre outros fatores, a temperatura de superfície na cidade do Recife, a partir de imagens do Landsat-5 entre os anos de 2006 a 2010. Foi constatada uma oscilação decrescente nos valores da temperatura da superfície do ano de 2006 (30,97°C) para 2007 (30,91°C), e do ano de 2008 (34,79°C) para 2010 (32,45°C), muito embora a expectativa fosse de valores maiores haja vista o aumento da população. A autora justifica que os

resultados podem ter ocorrido dessa forma devido aos erros nos valores dos pixels da imagem de 2010 em função da influência da cobertura de nuvens e de eventos de precipitação ocorridos nos períodos da passagem do satélite.

5.1.1 Temperatura de Superfície nos Bairros

Quando analisamos o comportamento e a distribuição das temperaturas de superfície de cada bairro individualmente, observamos que a maior frequência de registros aparece na faixa entre as classes H (24°C) e K (27°C). Embora, em área total, as classes J e K sejam as mais predominantes, a classe I (25°C) foi aquela que apareceu com maior frequência entre os bairros, sendo a única classe a apresentar registros para todos os bairros nas duas estações, conforme nos mostra a Figura 5 e a Tabela 4.

Para o período do verão, observou-se que os bairros de Casa Amarela, Parnamirim e Cordeiro apresentaram as maiores temperaturas médias, com valores acima dos 27°C, enquanto Poço da Panela e Engenho do Meio, as menores, com 25,76°C e 25,39°C, respectivamente. No inverno, os bairros de Cordeiro, Iputinga e Torrões foram os que apresentaram maiores temperaturas médias, enquanto Casa Forte, Monteiro e Poço da Panela assinalaram as menores. Em relação a variação de temperatura, notou-se que os bairros de Casa Amarela, Monteiro, Santana e Parnamirim apresentaram as maiores variações, ao passo que Poço da Panela, Cordeiro e Torrões, as menores.

A maioria dos bairros no período verão registraram temperatura média acima dos 26°C, enquanto no inverno somente os bairros da RPA 4 assinalam valores acima dessa temperatura. Na transição de um período para o outro, os bairros da RPA 3 tiveram uma diminuição no valor da temperatura média do verão para o inverno, já os bairros da RPA 4, tiveram um aumento na temperatura média na passagem de uma estação a outra.

É válido destacar que o bairro de Casa Forte foi, principalmente no verão, o bairro mais afetado em função do efeito da cobertura de nuvem, ocupando mais de 36 ha, dos 56 ha da extensão do bairro. Isso resultou numa leitura prejudicada e incompleta da temperatura de superfície para esse período, o que pode ter influenciado para que esse bairro apresentasse uma distribuição das classes de temperatura tão diferente dos demais bairros. Contudo, mesmo com a interferência da nebulosidade, observa-se que os resultados não fogem do visto na literatura.

Santos (2011) verificou que a temperatura de superfície dos bairros do Recife vai aumentando da periferia para o centro da cidade, resultando em diferenças de

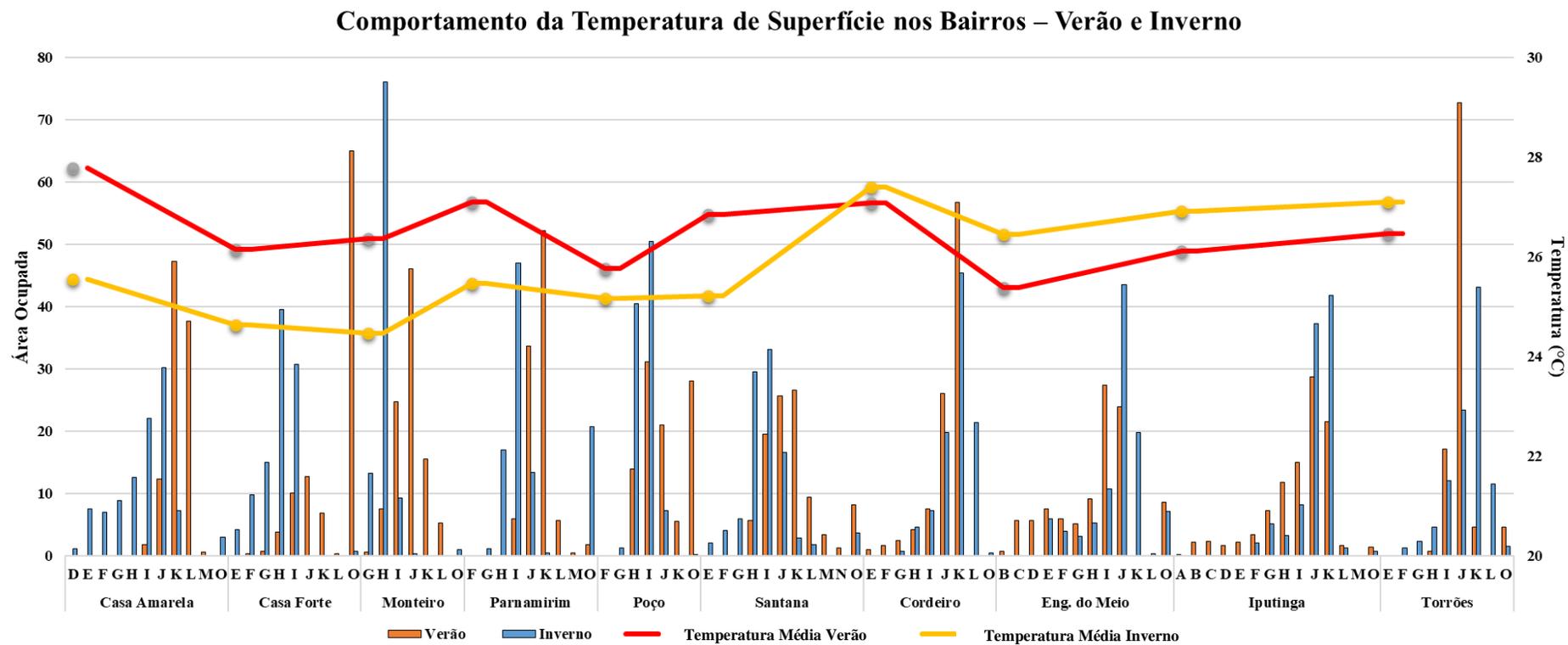


Figura 5. Gráfico representativo da distribuição espacial da temperatura de superfície, por bairro, em porcentagem (%), para ambos os períodos, dentro das classes de temperatura.

Tabela 4. Quantificação em área (ha) das classes de temperatura em cada bairro para o período de verão e inverno.

Classes Temperatura (ha)	Bairros																				
	RPA 3												RPA 4								
	Casa Amarela		Casa Forte		Monteiro		Parnamirim		Poço da Panela		Santana		Cordeiro		Eng. do Meio		Iputinga		Torrões		
	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	
A	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,17	—	—	—
B	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,72	—	9,63	—	—	—
C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,04	—	10,08	—	—	—
D	—	2,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,95	—	7,56	—	—	—
E	—	14,34	—	2,39	—	—	—	—	—	—	—	0,97	3,51	—	6,66	5,22	9,9	—	—	—	0,09
F	—	13,19	0,18	5,49	—	—	—	0,09	—	0,09	—	1,95	5,85	—	5,22	3,45	15,03	9,3	—	—	2,12
G	—	16,74	0,45	8,41	0,36	7,35	—	0,71	0,09	0,97	—	2,83	8,55	2,66	4,5	2,74	31,5	22,31	0,27	—	3,81
H	—	23,91	2,16	22,14	4,23	42,24	0,09	10,45	10,8	31,34	2,7	13,9	14,58	15,94	8,01	4,69	51,57	14,34	1,35	—	7,61
I	3,33	41,62	5,67	17,18	13,77	5,14	3,69	28,87	24,12	39,05	9,18	15,58	26,01	24,79	24,12	9,47	65,25	35,95	28,26	—	19,92
J	23,22	57,02	7,11	—	25,56	0,18	20,7	8,23	16,29	5,67	12,06	7,79	88,92	67,82	20,97	38,16	124,74	161,86	119,97	—	38,69
K	89,1	13,64	3,87	—	8,64	—	32,04	0,27	4,32	—	12,51	1,33	193,59	155,12	—	17,44	93,69	181,34	7,56	—	71,27
L	71,1	—	0,18	—	2,97	—	3,51	—	—	—	4,41	0,89	—	73,13	—	0,35	7,29	5,4	—	—	19,04
M	1,26	—	—	—	—	—	0,27	—	—	—	1,62	—	—	—	—	—	0,36	—	—	—	—
N	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,63	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
O	—	5,74	36,38	0,39	—	0,59	1,1	12,78	21,68	0,18	3,89	1,76	—	1,74	7,57	6,24	6,23	3,5	7,69	—	2,55
Temp. Média	27,79	25,55	26,15	24,64	26,37	24,47	27,10	25,47	25,76	25,17	26,85	25,22	27,09	27,40	25,39	26,45	26,12	26,92	26,47	—	27,10
ΔT (°C)	2,24		1,51		1,90		1,63		0,59		1,63		0,31		1,05		0,80		0,63		

Em que: A – O = Classes de Temperatura; V= Verão; I=Inverno; e, ΔT = Variação de Temperatura.

temperatura entre zonas periféricas e o centro de até 10°C, em 2010. Dessa forma, considerando que os bairros da área de estudo estão situados nas zonas centro-norte (RPA 3) e centro-oeste (RPA 4) do município, e que maior distância entre eles e o centro urbano da cidade é de aproximadamente 8 Km, pode-se dizer que é comum encontrar regiões de altas temperaturas nesses bairros, principalmente a medida em que eles se aproximam do centro da cidade e também em função da pressão antrópica existente.

5.2 Relação Temperatura x Uso e Cobertura da Terra

Para entender a relação existente entre as temperaturas de superfície registradas e a estrutura do uso e ocupação da terra, considerando os dois períodos do ano, foi elaborado o mapeamento do uso e cobertura da terra. A Figura 6 demonstra o mapeamento.

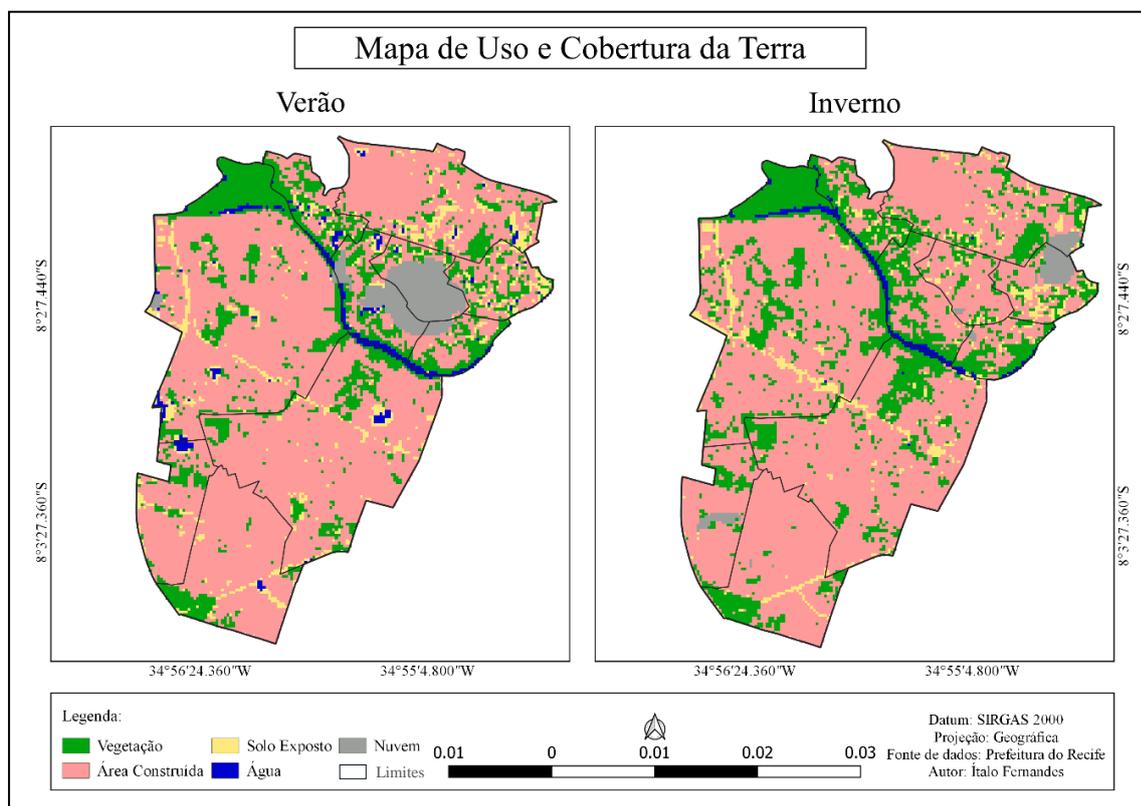


Figura 6: Mapa de Uso e Cobertura da Terra para Área de Estudo.

De acordo com a imagem, verifica-se que de forma muito explícita existe um predomínio massivo de área construída, indicando que a área de estudo se trata de um espaço bastante urbanizado. O adensamento construtivo aponta para a realidade de uma região bastante explorada, com presença de muitas edificações, prédios, residências,

empreendimentos, áreas pavimentadas e fluxo de pessoas. Essa tipologia corresponde a quase 70% de toda área de estudo, conforme a Tabela 5 que mostra a representação numérica, territorial e em percentagem, de cada uma dessas classes.

Tabela 5. Quantificação dos usos e cobertura da terra para a área de estudo.

CLASSES	VERÃO		INVERNO	
	ha	%	ha	%
Áreas Verdes	268,5493	17,75	339,2060	22,41
Área construída	1051,6049	69,49	1058,0687	69,92
Áreas Pavimentadas	91,4639	6,04	72,8702	4,82
Água	34,0003	2,25	18,6826	1,23
Nuvem	67,7353	4,48	24,5263	1,62
Total	1513,3537	100	1513,3537	100

A classe referente à vegetação, que representa as áreas verdes urbanas, aparece como sendo a segunda classe mais recorrente na área analisada. A classe, no período do verão é equivalente a 17,45% da área total e 22,41% no período do inverno. Nota-se, de acordo com o mapa da Figura 6, que a quantificação em área das áreas vegetadas tende a aumentar à medida que nos aproximamos da região limite, de divisa, entre as duas RPA, onde aparece mais concentrada, e subindo em direção a leste da RPA 3. Isto é, partindo da zona central a zona norte dos bairros de Iputinga e Cordeiro (RPA 4) e os bairros de Monteiro, Poço da Panela e Santana, como também o lado leste do bairro de Casa Amarela (RPA 3). Nessa perspectiva, observa-se que os bairros da RPA 4 apresentam mais áreas verdes do que em comparação aos bairros da RPA 3.

A classe Áreas Pavimentadas engloba dentre pequenos trechos de ruas, avenidas, e outras passagens públicas, segmentos de alguns importantes sistemas viários da cidade, dentre eles, um trecho da BR-101. Já as áreas cujas leituras foram prejudicadas em função das nuvens, correspondem a 4,48% da área total no verão e 1,62% no inverno, mostrando mais uma vez que o efeito da nebulosidade apresenta maior impacto no período do verão.

As diferenças existentes nos registros de uma mesma classe em relação a cada período sazonal, devem-se a maior concentração de nuvem no período de verão. A verificação de tais resultados foi confirmada por meio dos parâmetros Acurácia e Kappa, resultando em 0,9653894 e 0,9437203, respectivamente, para o período do verão, e 0,9584853 e 0,9253404, para o inverno.

Correlacionando os mapas das Figuras 4 e 6, foi possível observar que as áreas que apresentaram maior temperatura de superfície foram aquelas de maior adensamento construtivo, seguidas das áreas que correspondem as áreas pavimentadas, depois dos espaços com cobertura vegetal e, por fim, das áreas com presença água. As zonas afetadas pela cobertura de nuvem apresentaram registros negativos, ou zerados, e foram desconsiderados por não exprimirem relevância numérica para o trabalho.

A partir dessa observação, percebeu-se a forte influência que as regiões com avançado grau de urbanização provocam sobre a temperatura de superfície, elevando o seu valor, ao passo que os locais com presença elemento naturais da paisagem, sejam corpos hídricos, ou de áreas verdes públicas, funcionam como agentes reguladores da temperatura e ajudam no arrefecimento local, provendo equilíbrio ao ambiente por meio de melhorias no microclima.

Segundo Moreira e Nóbrega (2011), citados por Cordeiro (2016), o aumento da urbanização suscitou muitas modificações na cidade do Recife-PE e acarretou mudanças nas temperaturas no período de 23 anos, isso contribuiu diretamente para içar os registros sobre a temperatura de superfície e conseqüentemente para a intensificação das ilhas de calor na área urbana.

Coelho e Correa (2013) identificaram para a grande maioria das seções da classe de cobertura da terra denominada, em seu trabalho, Urbano/Industrial temperaturas de superfícies elevadas, e nesse caso, registros na casa dos 29°C, ou superiores, em mais de 60% das áreas ocupadas por essa classe. Valores salientes também foram encontrados nas áreas litorâneas (de Praia) e zonas com solo exposto. Isso evidencia como as zonas de alto grau de urbanização e solo exposto, com pavimentação, verticalização e asfalto associado ao baixo calor específico e a pouca eficiência no mecanismo de dissipação da energia recebida, contribuiu para a obtenção de temperaturas de superfície mais elevadas.

Em áreas urbanas muito densas e rugosas, por se tratar de ambientes construídos a partir de materiais impermeáveis, como asfalto e concreto, cujas propriedades radiativas e térmicas, em particular, emissividade, reflectância e condutividade térmica, influenciam e facilitam absorção e retenção do calor. A radiação líquida à superfície é convertida em fluxo de calor sensível, resultando num aumento considerável da temperatura da superfície, visto que essas características prescrevem como a radiação de onda curta e longa é refletida, absorvida, emitida e armazenada (SANTOS, 2011).

5.2.1 Uso e Cobertura da Terra nos Bairros

O Recife expressa em sua configuração físico-territorial muitas de suas modificações e contrastes instigados ainda pelo quadro socioeconômico que se estabeleceu ao longo de sua história. Existe na cidade uma desorganização em alguns bairros decorrente do elevado crescimento urbano que estes ambientes enfrentaram em virtude dos seus antecedentes de ocupação, uso e cobertura da terra, e das funções que passaram a assumir dentro do espaço urbano, à medida que este foi desenvolvendo. Alguns deles possuem características próprias, relativas à formação de diferentes padrões microclimáticos, a partir da interferência dos seus atributos geoambientais (topografia, cobertura vegetal e corpos hídricos) e geourbanos (ordenamento dos edifícios, pavimentação das vias, adensamento e a população), indicando uma dinâmica climática intraurbana (MENDES *et al.*, 2018).

Por isso, para entender essa dinâmica é indispensável compreender as complexas relações existentes entre seu sítio e as diversas funções e atividades desenvolvidas no espaço urbano, na análise climática local (clima urbano) e no planejamento urbano.

Na área de estudo, foi possível identificar, considerando cada bairro individualmente, o comportamento da temperatura em relação aos diferentes tipos de uso, além da distribuição espacial das classes. Essas representações estão expressas numericamente, em área, consoante a Figura 7 e a Tabela 6.

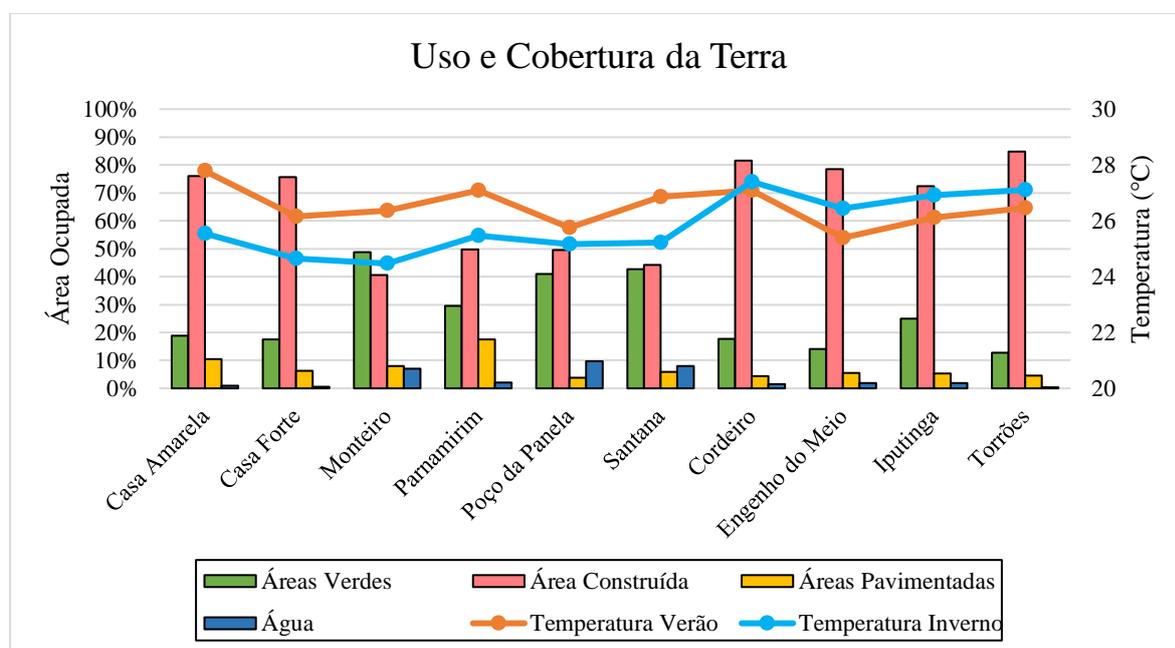


Figura 7. Gráfico representativo da distribuição espacial das classes de Uso e Cobertura da Terra, por bairro, em porcentagem (%), e os efeitos que ela causa na temperatura.

Tabela 6. Quantificação em área (ha) das classes de Uso e ocupação da Terra em cada bairro para o período de verão e inverno.

Classes (ha)	Bairros																			
	RPA 3												RPA 4							
	Casa Amarela		Casa Forte		Monteiro		Parnamirim		Poço da Panela		Santana		Cordeiro		Eng. do Meio		Iputinga		Torrões	
	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I
Áreas Verdes	23,64	35,42	6,02	9,83	24,70	27,09	18,15	13,55	21,78	31,61	16,91	20,10	42,85	60,21	12,13	12,31	85,44	108,02	16,91	21,07
Área Construída	143,53	136,80	10,36	42,32	22,58	21,60	30,55	26,47	22,67	38,34	20,45	20,81	278,63	266,77	68,26	68,97	314,68	297,24	139,89	138,74
Água	19,66	10,80	1,77	3,54	4,43	3,98	10,71	9,39	2,92	1,51	2,13	2,74	14,96	12,40	4,87	0,71	22,58	22,93	7,44	4,87
Áreas Pavimentadas	1,86	0,09	0,27	—	3,90	2,92	1,24	—	7,53	5,84	3,72	2,48	4,96	2,04	1,68	—	8,15	5,31	0,71	—
Nuvem	—	5,59	37,98	0,71	—	—	0,80	12,04	22,49	—	3,72	0,80	—	—	—	4,96	2,39	0,50	—	0,35
Extensão Territorial (≅)	188,5		56		55,5		61,4		77,3		47		341,2		87,76		434		165,1	
Temp. Média	27,79	25,55	26,15	24,64	26,37	24,47	27,10	25,47	25,76	25,17	26,85	25,22	27,09	27,40	25,39	26,45	26,12	26,92	26,47	27,10

Em que: V= Verão; I=Verão.

A partir dos resultados obtidos, verificou-se que a classe que corresponde as Áreas Construídas, predominante na área de estudo, mostrou expressivos valores na maioria dos bairros analisados, considerando a extensão territorial dos mesmos, apresentando, percentualmente valores acima dos 70%. Destaque, no entanto, para os bairros de Monteiro, Santana, Parnamirim e Poço da Panela, onde esse valor ficou abaixo dos 50%, mostrando com isso que os bairros da RPA 3 objeto dessa pesquisa possuem áreas urbanas construídas mais bem distribuídas do que os bairros da RPA 4, ainda que Casa Amarela e Casa Forte tenham também apresentado altos valores.

Em relação as Áreas Verdes, embora em extensão de área os bairros de Cordeiro e Iputinga tenham apresentado maiores valores para essa classe, vale frisar que proporcionalmente ao tamanho de cada bairro, Monteiro acaba se destacando uma vez que essa classe ocupa mais de 48% de toda sua extensão. Em seguida aparecem os bairros de Santana e Poço da Panela como aqueles que possuem maior percentual de áreas verdes. Os bairros analisados da RPA 4, com exceção de Iputinga, destacam-se por apresentarem valores percentuais inferiores a 20% de áreas verdes, sendo Torrões e Engenho do Meio aqueles com menor percentual, 12,76% e 17,65%, respectivamente. Na RPA 3, temos os bairros de Casa Forte e Casa Amarela com valores também abaixo dos 20%, por apresentarem mais áreas construídas.

Por fim, a classe Nuvem, como visto anteriormente, foi mais influente no período do verão, sobretudo nos bairros de Casa Forte e Poço da Panela, e no inverno no bairro de Parnamirim. Essa classe foi desconsiderada no gráfico da Figura 7, por não contribuir na obtenção de valores da temperatura de superfície e por não representar de fato um tipo de uso e ocupação da terra. As diferenças de valores dentro de uma mesma classe, considerando as estações analisadas, decorreu do efeito da cobertura de nuvens sobre a área de estudo. Por isso para construção do gráfico de distribuição das classes nos bairros, a influência destes períodos sobre as classes foi ignorada.

Assim, observou-se diferenças na distribuição das temperaturas de superfície a partir dos tipos de uso e das diversas funções que cada bairro tem adotado no seu contexto urbano. Quando relacionamos a temperatura de superfície desses bairros com a distribuição dessas classes, nota-se que os bairros que apresentam mais áreas densamente urbanizadas e mais áreas pavimentadas apresentaram maiores valores de temperatura, como no caso do Cordeiro, Torrões e Casa Amarela, enquanto os bairros menos adensados e com presença de mais áreas verdes e recursos hídricos, tem as temperaturas mais amenas, como Monteiro e Poço da Panela.

5.3 Relação Temperatura x Cobertura Vegetal

Considerando as áreas verdes urbanas observadas a partir do mapa de uso e cobertura da terra na área de estudo e as temperaturas obtidas com suporte do sensor TIRS, Landsat 8, foi possível relacionar esses dois fatores, para entender a influência que as áreas verdes exercem sobre o comportamento da temperatura de superfície. Para este fim, também foi elaborado a Figura 8 que reúne os dados desses dois parâmetros, associando-os e estabelecendo a relação entre eles.

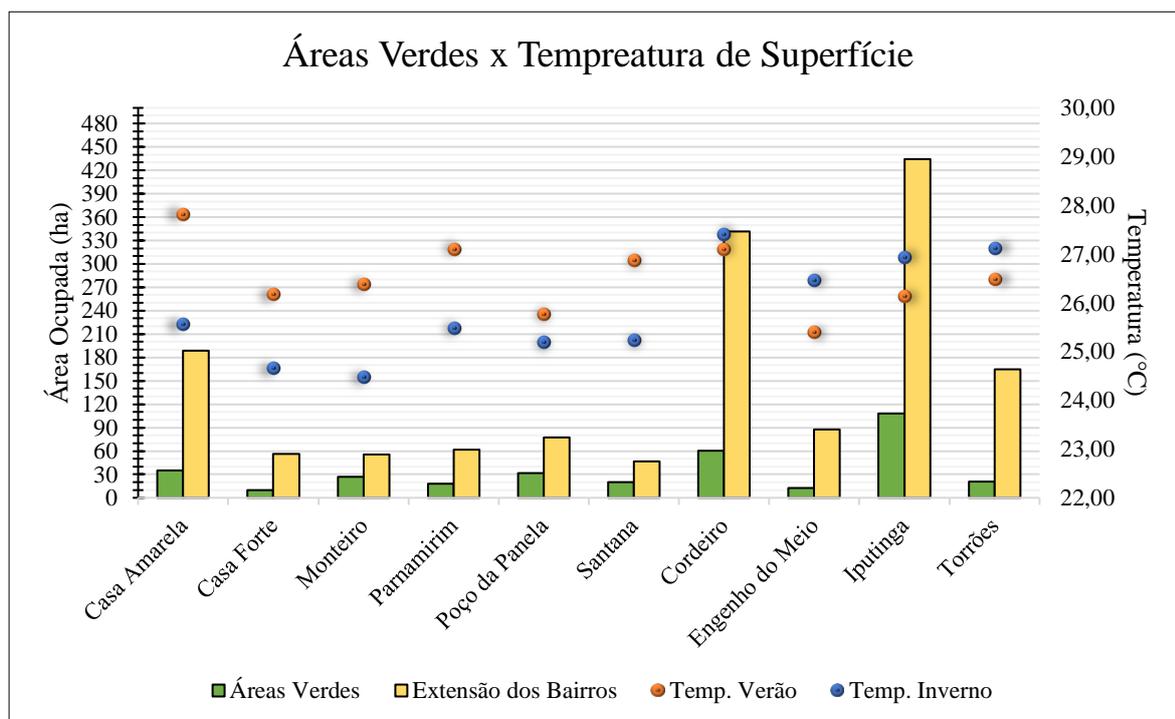


Figura 8. Gráfico representativo da distribuição espacial das Áreas Verdes Urbanas por bairros em relação a área territorial de cada um deles e a influência que essas trazem sobre a temperatura.

A área de estudo compreende um espaço com um total de 1513,35 ha (15,13 Km²). A extensão de áreas com cobertura vegetal no interior deste montante é de apenas 268,55 ha (2,69 Km²), ou seja, menos de 20%. No tocante a sua distribuição, percebeu-se que a maior parte da vegetação, concentra-se nas áreas que são margeadas pelo Rio Capibaribe, ficando mais escassas à medida que nos afastamos desse ponto, ou nas áreas centrais e de extremidade de alguns bairros.

Em extensão de área os bairros de Iputinga e Cordeiro, foram aqueles que apresentaram áreas verdes com maior dimensão, 96,73 ha e 51,53 ha, respectivamente. No entanto, quando olhamos para o tamanho territorial desses bairros, notou-se que essas áreas

verdes somente compreendem 24,89% do bairro de Iputinga e 17,65% do bairro do Cordeiro. Dessa forma, a partir dessa perspectiva, foi possível perceber que os bairros mais beneficiados pela presença de áreas verdes foram Monteiro (27,09 ha – 48,81%), Santana (20,1 ha – 42,77%) e Poço da Panela (31,31 ha – 40,89%). Por outro lado, os bairros com menores extensões de áreas verdes são Casa Forte (9,83 ha) e Engenho do Meio (12,31 ha), mas proporcionalmente ao seu tamanho, Torrões e Engenho do Meio.

Com base na análise do gráfico e na disposição das áreas verdes dentro dos bairros, verificou-se que, aliado aos efeitos de sazonalidade, isto é, da diferença entre os períodos analisados, os bairros que possuem maiores extensões de áreas verdes proporcional ao tamanho do seu território são mais influenciados e tendem a apresentar temperaturas menos agressivas, de preferência na estação inverno.

Para melhor compreender a influência das áreas verdes sobre a temperatura de superfície nos bairros, foi delineado o zoneamento de zonas especiais e áreas verdes protegidas, segundo o plano diretor do Recife em relação aos bairros da área de estudo, bem como feito o levantamento das praças e parques que integram as áreas verde dos referidos bairros, Figuras 9 e 10, respectivamente.

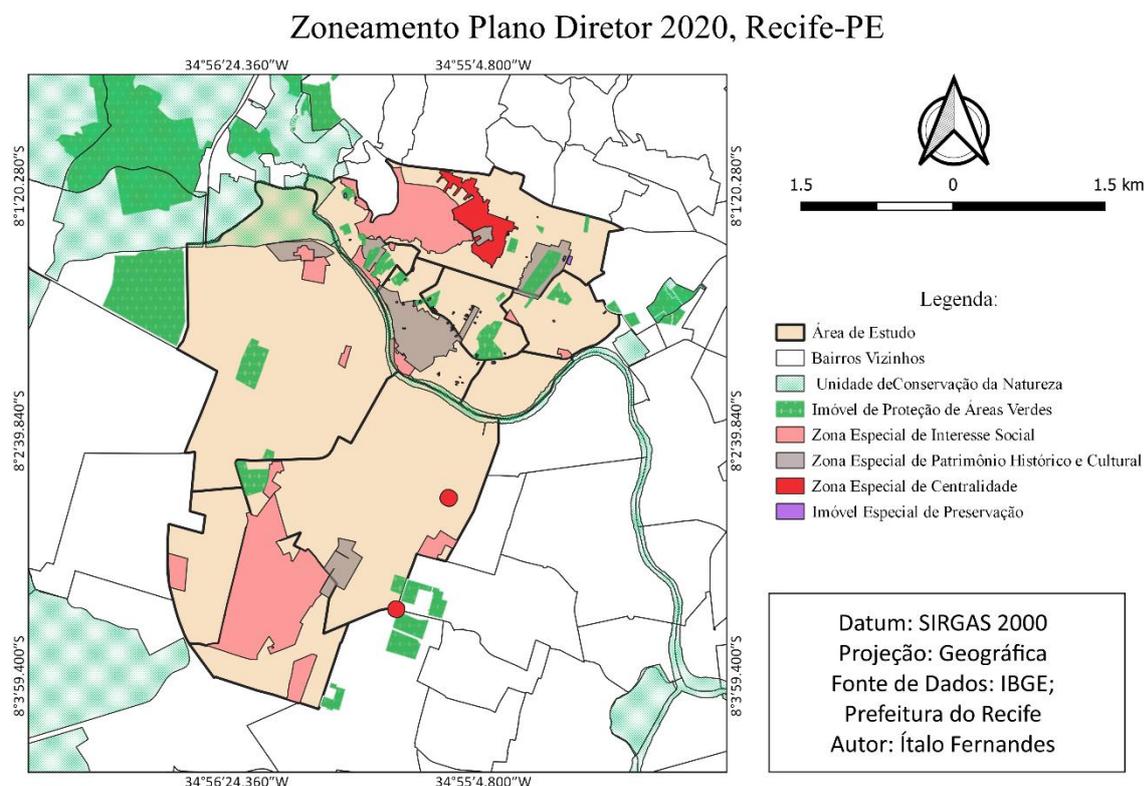


Figura 9. Classificação de zonas especiais e áreas verdes protegidas, segundo o plano diretor do Recife, Lei Municipal nº 18.770/2020.

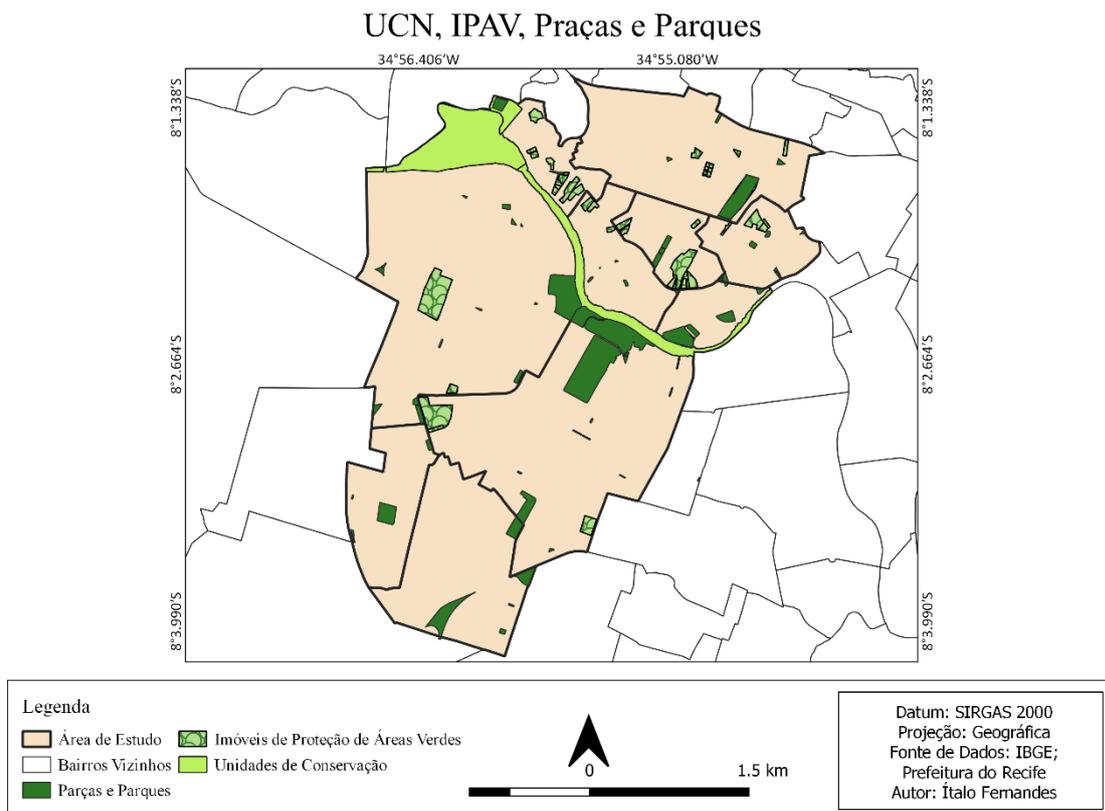


Figura 10. Praças, Parques, Imóveis de Proteção de Áreas Verdes e Unidades de Conservação, situados dentro da área de estudo.

5.3.1 Monteiro

Esse bairro possui aspecto bem vitalizado, com áreas verdes bem distribuídas ao longo de sua superfície, presença do componente arbóreo em suas ruas e vias, abrangendo um trecho de 11755,15 m² (1,17 ha) da Área de Preservação Ambiental do Açude de Apipucos (APA Apipucos). Além disso, esse bairro possui a presença dos IPAV 34_(A-B), 35, 36_(A-E), 85 e 86, e está inserido na área de influência das UCN Iputinga (bairro da Iputinga), da APA do Açude Apipucos (bairro de Apipucos, vizinho, à oeste), APA das Capivaras (bairro de Apipucos) e da UCN que compreende o Estuário do Rio Capibaribe (LIMA, 2015; RECIFE, 2023).

Quando olhamos para o comportamento da temperatura de superfície nesse bairro observamos que nas áreas que delineiam a margem do rio a temperatura, no período do verão, manteve-se numa faixa entre 24° e 26°C, com exceção da área que compreende a comunidade Vila Esperança que chegou a registrar valores na casa dos 27,15°C. Comportamento semelhante pôde ser visto nas áreas do trecho da APA Apipucos e nas

proximidades da área da praça do monteiro. Foi observado também que a temperatura foi aumentando do centro para o norte do bairro e atinge seu ponto máximo na região limite com o bairro de Casa Amarela e Alto do Mandu, 28,4°C, constituindo-se em área de morro, onde não foi encontrada cobertura vegetal. No inverno, o bairro apresentou a menor temperatura média para o período, e de forma geral, observou-se a queda das temperaturas de superfície, onde nenhum valor acima de 26,7°C foi computado, até mesmo nos pontos onde apresentou registros mais elevados na estação anterior, 24,96°C para a ZEIS Vila Esperança e 24,87°C para a área de morro.

Na tabela a seguir podemos ver os pontos que foram definidos para comparação da temperatura de superfície, no bairro de Monteiro, nas duas estações.

Tabela 7. Pontos para comparação de temperatura de superfície no bairro de Monteiro.

Pontos	Localização	Endereço	Coordenadas		Temperatura (°C)		ΔT (°C)
			Longitude	Latitude	Verão	Inverno	
1	Açude Apipucos	R. de Apipucos	34931288	8022349	26,10	24,49	1,61
2	Monteiro Alto	Rua Santa Izabel	34927137	8025818	28,40	24,87	3,53
3	Comunidade Vila Esperança	R. Ilha do temporal	34929182	8028527	27,15	24,96	2,19

5.3.2 Casa Forte

O Bairro de Casa Forte embora não tenha apresentado, nem em extensão de área, nem em percentual de território, uma vasta dimensão de áreas verdes, apareceu como tendo a quarta menor temperatura média no período verão e a segunda menor, no inverno. Esse resultado pode ser justificado uma vez que por se tratar de um bairro pequeno, centralizado, e estar inserido numa zona influenciada por várias outras áreas com cobertura vegetal, ele acaba sendo beneficiado a partir do efeito provocado pelas áreas do seu entorno próximo, como, por exemplo, as áreas ciliares do Capibaribe, e os bairros vizinhos bem arborizados. Ademais, Casa Forte é reconhecido por ter uma das principais e uma das mais belas praças do Recife, a Praça de Casa Forte, Praça da Vitória-Régia, projetada por Burle Marx e considerada um jardim urbano, com 1,38 ha (13855,69 m²). É também um bairro, notadamente, bem arborizado e apresenta em seu território os IPAV-37_(A-F), que correspondem aos imóveis n° 892, 934, 976, 1008, 1020, 1070 e 1112, da Av. Dezesete de Agosto, possuindo uma área total de 1,73 ha (17377,16 m²), e apresentam uma grande diversidade de espécies arbóreas e arbustivas (RECIFE, 2023).

Em relação ao comportamento da temperatura de superfície nesse bairro, no período do verão, devido a cobertura de nuvem que se estendeu sobre quase toda sua extensão, não foi possível verificar muito, somente que na área de limite ao norte do bairro, percebeu-se aumento da temperaturas, partindo-se do centro do bairro, chegando a registrar temperaturas na faixa dos 27°C, e também, no ponto de interseção entre os bairros Casa Forte, Casa Amarela e Parnamirim a temperatura registrou valores de 28°C. Áreas com temperaturas mais amenas foram encontradas mais a oeste, como na rua Irmã Maria David, 23,99°C.

Por outro lado, no inverno, foi possível observar que o bairro, na maior parte de sua extensão, manteve sua temperatura homogênea, na faixa entre 25° a 26°C, entretanto na sua área central e na área de divisa com o bairro de Santana, o efeito da cobertura de nuvem, associado ao efeito causado pelas áreas verdes da praça de casa forte e dos IPAV, provocaram uma diminuição da temperatura, onde na rua Jacó Velosino, próximo à praça, foi obtida uma temperatura de 23,79 °C, e na rua Alfredo Fernandes, próximo aos IPAV e ao Shopping Piazza, foi verificada uma temperatura de 21,79°C.

Abaixo a Tabela 8 indica os pontos escolhidos para comparação da temperatura de superfície, para o bairro de Casa Forte.

Tabela 8. Pontos para comparação de temperatura de superfície no bairro de Casa Forte.

Pontos	Localização	Endereço	Coordenadas		Temperatura (°C)		ΔT (°C)
			Longitude	Latitude	Verão	Inverno	
1	Rua Irmã Maria David		34921140	8031664	23,99	24,90	0,91
2	Próx. Praça Casa Forte	R. Jacó Velosino	34918171	8034669	—	23,79	—
3	Mc Donald's	Rua Alfredo Fernandes	34914163	8036134	—	21,79	—

5.3.3 Poço da Panela

Por se tratar de uma área de patrimônio histórico e cultural, e por conseguinte, de uma zona de construção controlada, o bairro do Poço da Panela não apresenta um grau elevado de urbanização. Tendo ruas largas, espaçosas, casas grandes e calçadas livres, é um dos bairros mais arborizados da cidade. Também está na zona de influência direta da UCN do Capibaribe e possui em seu território a presença de cinco praças (Praça Flor de Santana - 790,71 m²; Praça Mano Teodósio - 70,81 m²; Praça Prof. Dr. Antônio Figueira - 358,89 m²; Praça Virgílio de Oliveira - 1470,54 m²; e, a Praça do Poço da Panela - 1141,58 m²) e três IPAV (82 a 84), sendo um, uma área residencial, o segundo o Museu do Homem do

Nordeste e o último a Fundação Joaquim Nabuco- FUNDA, todos ele localizados na Av. Dezssete de Agosto, nº 1893, 2223 e 2187, nessa ordem.

Em relação ao comportamento da temperatura nesse bairro, temos que para os dois períodos analisados, o bairro apresentou temperaturas média abaixo dos 26°C. No verão, nas áreas onde o dado da temperatura não foi comprometido pela cobertura de nuvem, temos uma variação entre 24° a 27,9°C, em que as áreas margeadas pelo Capibaribe apresentam as temperaturas mais baixas, e a área do bairro próxima à fronteira com Casa Amarela, as temperaturas mais elevadas. A temperatura na área do IPAV do Museu do Homem do Nordeste e num ponto do Largo do Poço da Panela, na Estrada Real do Poço, próximo a igreja, por exemplo, foram, nesse período, de 26,21°C e 26,37°C, respectivamente.

No período do inverno, sem a interferência de nuvens, observou-se que a temperatura manteve uma distribuição média muito próxima do seu comportamento visto no período anterior, tendo, no entanto, uma redução da temperatura nos pontos que apresentaram valores mais altos no verão: área de divisa com Casa Amarela, na faixa de 25°C, e na área do IPAV do Museu, 24,60°C.

A seguir encontramos os pontos estipulados para o bairro do Poço da Panela, na comparação das temperaturas de superfície, nos dois períodos estudados, conforme nos aponta a Tabela 9.

Tabela 9. Pontos para comparação de temperatura de superfície no bairro de Poço da Panela.

Pontos	Localização	Endereço	Coordenadas		Temperatura (°C)		ΔT (°C)
			Longitude	Latitude	Verão	Inverno	
1	Museu Homem do Nordeste	Av. Dezssete de Agosto	34924424	8031021	26,21	24,60	1,61
2	Largo do Poço da Panela	Estr. Real do Poço	34925209	8036973	26,37	26,27	0,11
3	Próx. Praça Casa Forte	Rua Engenheiro Bandeira de Melo	34921168	8036572	—	25,16	—

5.3.4 Santana

Santana é o menor em extensão dos bairros analisados, com área territorial de apenas 47 ha. Praticamente toda sua área urbana está na zona de influência do rio Capibaribe. Nesse bairro está situado o Parque Ariano Suassuna (Parque Santana), com 36299,97 m² (3,63 ha), este é um dos parques urbanos do Recife que é gerenciado pela Secretaria de Turismo e Lazer do Recife, composto por diversos equipamentos para a prática de

atividades esportivas e de lazer. Além disso, o bairro é regado por outros amplos espaços de áreas verdes, como as praças Jornalista Francisco Pessoa de Queiroz (722,79 m²), Barão de Caiara (2437,64 m²) e Compositor Antônio Maria (12446,95 m²), ruas bem arborizadas e outras áreas verdes livres.

Para o período do verão, o bairro demonstrou ter a terceira maior temperatura média, e foi protagonista do ponto de pico de temperatura para esta estação, 30,3°C, na área onde se localizava o antigo supermercado Big Bom Preço, de frente com o Shopping Plazza. Além disso, na área do parque Santana, foi constatado outro ponto de elevada temperatura, 27,41°C. Esse valor pode ter ocorrido devido ao período da captura das imagens, na passagem do satélite, uma vez que o parque naquele intervalo estava enfrentando uma reforma, evidenciando assim áreas com solo exposto e em construção. Já no caso Big Bom Preço, acredita-se que o valor encontrado se deriva do intenso e diário fluxo de veículos no local e adjacências, além do material utilizado no telhado do galpão onde funcionava o mercado, que armazena grande quantidade de calor.

Entretanto, já no período do inverno, tivemos resultados de temperaturas mais baixos, nesses locais: valores de 24,63°C, para o ponto situado no Parque Santana, e 28,9°C, para o ponto do antigo supermercado. Vale novamente ressaltar que essa última também foi a maior temperatura encontrada no período do verão, e que mesmo com presença de áreas verdes no local, e entorno, e sendo próxima ao rio, ainda assim evidenciou altas temperaturas para ambos os períodos. A partir disso, acredita-se que este ambiente deve estar sob alerta, em regime de observação, e que medidas mitigadoras devem ser empregadas, a fim de amenizar esse comportamento agressivo da temperatura. Nas demais áreas do bairro, foi possível evidenciar temperaturas nas faixas de 23° a 24°C nas proximidades do rio, temperaturas na faixa de 25° a 26°C nas partes mais central e temperaturas variando entre 21° a 23°C na porção norte do bairro. Essas temperaturas mais brandas, devem-se ao efeito da cobertura de nuvem atuando sobre este espaço.

Os pontos de comparação da temperatura de superfície determinados para este bairro estão dispostos na tabela 10.

Tabela 10. Pontos para comparação de temperatura de superfície no bairro de Santana.

Pontos	Localização	Endereço	Coordenadas		Temperatura (°C)		ΔT (°C)
			Longitude	Latitude	Verão	Inverno	
1	Rua Jorge Gomes de Sá	Parque Santana	349166	80422	27,41	24,63	2,78

2	R. Leonardo Bezerra Cavalcante	Big Bom Preço	34912782	8037902	30,19	28,67	1,52
---	--------------------------------	---------------	----------	---------	-------	-------	------

5.3.5 Parnamirim

Parnamirim, no período do verão foi o bairro que apresentou a segunda maior temperatura média, 27,10°C. Ao longo do seu território, a temperatura de superfície apresentou pontos mais elevados na porção sul, na fronteira com Santana, na área do Shopping Piazza, no ponto de encontro com os bairros de Casa Forte e Casa Amarela, na extremidade noroeste, e na porção sudeste, onde na área do hospital Maria Lucinda, na Av. Parnamirim, um ponto registrou 27,84°C. Por outro lado as temperatura mais baixas somente foram encontradas na borda leste do bairro, nas proximidades do Rio Capibaribe e do Parque da Jaqueira (bairro da Jaqueira, vizinho, à leste) que é um espaço público, administrado pela Prefeitura do Recife, de áreas verdes, com 70 mil m² (7 ha), considerada um dos Econúcleos da cidade, espaço de educação ambiental, na extremidade norte, fazendo divisa com Casa Amarela, nas proximidades do Sítio Trindade, e na porção sudeste que é uma das áreas mais arborizada do bairro. O bairro totaliza oito pequenas praças, que somadas as áreas abrangem 1,117 ha (11660,9 m²), e quatro IPAV: 56 (Clube do Alemão, com 8.798,03 m²), 61 (Terreno abandonado, antiga Farmácia dos Pobres, na Rua Desembargador Góes Cavalcante, nº 480, com 959,63 m²), 62 (Rua Desembargador Góes Cavalcante, nº 452, com 982,47 m²) e 77 (onde funciona atualmente o restaurante Bercy Village Crepes e Saladas).

Na estação inverno, observamos uma queda de temperatura, onde a temperatura média caiu para 25,47°C. Os pontos de temperatura mais altos na estação anterior, neste período mostraram valores mais amenos, por exemplo: uma ponto entre espaço vida saudável (bem arborizado) e a praça Dr. José Vilela, na R. Professor Andrade Bezerra, apresentou uma variação de 1,88°C, passando de 27,34°C, no verão, para 25,46°C. Destaque também para o ponto de encontro dos três bairros que nesta estação apareceu com temperaturas na faixa dos 22° para 23°C, devido a influência das áreas verdes encontradas nas três unidades urbanas, somada ao efeito da cobertura de nuvem, e também para a área ao sul do bairro, do Shopping Piazza, onde de temperaturas na faixa dos 28°C, caiu para valores na faixa dos 26°C. No ponto da área do hospital Maria Lucinda também houve uma redução de temperatura, porém este permaneceu sendo aquele com temperatura de superfície mais elevada, 26,42°C. As áreas próximas ao rio, mantiveram suas temperaturas.

A Tabela 11 representa os pontos de cotejo demarcados para o este bairro, apresentando os valores da temperatura de superfície obtidos em ambas as estações.

Tabela 11. Pontos para comparação de temperatura de superfície no bairro de Parnamirim.

Pontos	Localização	Endereço	Coordenadas		Temperatura (°C)		ΔT (°C)
			Longitude	Latitude	Verão	Inverno	
1	Hospital Maria Lucinda	Av. Parnamirim	34907869	8035045	27,84	26,42	1,420996
2	Espaço vida Saudável/Praça Dr. José vilela	R. Professor Andrade Bezerra	34912781	8034122	27,34	25,46	1,88

5.3.6 Casa Amarela

Nesse bairro temos a maior das temperaturas médias encontradas para o verão, 27,79°C, e a quarta maior para o inverno, 25,55°C, sendo esta última, a maior entre os bairros avaliados da RPA 3, para este período. Também se observou que em extensão de área o bairro só possui 35,42 ha de áreas verdes nos seus 188,5 ha de território, o equivalente a 18,79%, o quarto menor percentual encontrado. Em Casa Amarela encontramos a Praça do Trabalho (na Av. Norte, com 2.070,32 m²), Praça Joca Leal (no Largo de Casa Amarela, R. Santa Izabel, com 1.230,99 m²), Praça Encanamento (na Rua do Encanamento, com 2.065,99 m²), Praça de Casa Amarela (na Rua Arnaldo Magalhães, com 2.491,63 m²) e o Parque Sítio da Trindade Arraial Velho do Bom Jesus (na Estrada do Arraial, com 6,5 há de áreas verdes).

O Sítio da Trindade é um sítio histórico, tombado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), que remonta o tempo da invasão holandesa em Pernambuco (1630 – 1654), o qual foi classificado como um conjunto paisagístico. É tratado como um Imóvel de Proteção de Áreas Verdes (91) e é amplamente utilizado pela população para passeio e recreação, e pelo poder público para realização de eventos e atividades culturais (RECIFE, 2023). Além desse, outros IPAV são encontrados no bairro de Casa Amarela, que contribuem para composição de áreas verdes do bairro, a saber, o 43_(A-E), formado por um conjunto de lotes em áreas de edifícios (somam 1.199,11 m² de áreas verdes), 44 (área que compreende a sede do Departamento Nacional de Produção Mineral-DNPM, com 2.498,33 m² de áreas verdes), 76 (lote da Rádio Clube de Pernambuco, Av. Norte, com 2.950,55 m² de cobertura vegetal) e o 78 (espaço na Rua da Harmonia, n° 24, com 1.624,83 m² de áreas verdes).

A partir do mapa de temperatura de superfície, pode-se notar o quanto a temperatura se mostrou opressora na estação verão, evidenciando predominância de registros na faixa dos 27° e 28°C, sobretudo nas áreas que margeiam a Av. Norte, ao norte, na zona central do bairro (Zona Especial de Centralidade de Casa Amarela – ZEC Casa Amarela), que abrange o entorno do mercado e a rota da R. Padre Lemos que liga o centro do bairro com a Av. Norte, onde circulam muitos ônibus e outros veículos, e, principalmente, no lado leste do bairro, que compreende as zona mais altas do bairro, de morro, onde se estabelece a ZEIS Alto do Mandu. Essas temperaturas mais elevadas na região centro-leste do bairro, devem-se ao fato de a maior concentração de áreas verdes do bairro estar na porção oeste. Nas proximidades da área do Sítio Trindade, por exemplo, à sudeste do bairro, a temperatura evidenciou registros na faixa dos 26°C, ao mesmo tempo que áreas próximas ao hospital Agamenon Magalhães, quase na divisa do bairro com a Tamarineira (vizinho, à oeste), também mostraram temperatura abaixo da média encontrada para esta estação.

Quanto ao período do inverno, observou-se considerável mudança no comportamento da temperatura de superfície. Diferente do período anterior onde se sobressaíram, não foram encontradas temperaturas da classe L (28°-28,9°C) nessa estação. As áreas verdes da porção oeste do bairro provocaram um efeito de redução na temperatura, que em conjunto com a ação da cobertura de nuvens, reduziram-na na até a valores na faixa dos 20°C. Um ponto, a extremo noroeste do bairro, também apresentou uma queda acentuada de temperatura, mostrando valores na faixa dos 21° a 24°C. As áreas centrais demonstraram uma queda para valores na faixa dos 23°C a 25°C, enquanto que as áreas de morro e os limites do bairro, ao norte, continuaram com as maiores temperaturas, registrando valores na faixa entre 26°C a 27°C.

Para melhor compreender esse comportamento, alguns pontos de diferentes locais do bairro foram selecionados, com o fim de se realizar essa comparação das temperaturas nas duas diferentes estações:

Tabela 12. Pontos para comparação de temperatura de superfície no bairro de Casa Amarela

Pontos	Localização	Endereço	Coordenadas		Temperatura (°C)		ΔT (°C)
			Longitude	Latitude	Verão	Inverno	
1	Próx. Maternidade Barros Lima	Av. Norte Miguel Arraes	34921999	80210723	27,50	25,51	1,99
2	Mercado Casa Amarela	R. Padre Lemos	34917808	8026192	28,93	26,34	2,59
3	Próx. Hospital Agamenon	Estrada do Arraial	34908437	8029272	26,52	—	—

Magalhães							
4	Área de Morro - ZEIS	Rua Carolina	34924977	8022796	28,01	25,02	3,01
5	Próx. Parque Arraial do Bom Jesus	Rua da Harmonia	34914486	8029258	27,33	21,13	6,20
6	Igreja Luterana	Rua Bella Vista	34911637	8025759	27,41	25,73	1,69
7	IEADPE Alto Santa Isabel	Rua Luiz Lira	34922393	8027169	28,35	26,91	1,44

5.3.7 Cordeiro

O bairro do Cordeiro é o 15º maior bairro em extensão da cidade do Recife e o 8º mais populoso, possui em áreas verdes apenas 17,65% do seu território (60,21 ha). Integram esse bairro treze parques e praças que totalizam 41,5 ha (415449,74 m²) em áreas verdes, das quais destacamos o Parque de Exposições do Cordeiro, com 16 ha, na Av. Caxangá, dois segmentos do Parque Jonathan Marques da Cunha (Parque do Caiara), com 22,2 ha, na Av. Maurício de Nassau, e o Parque do Forte do Arraial Novo do Bom Jesus (Praça do XV), ou a sua maior parte, com 2,5 ha, na Av. do Forte, além dos IPAV 25 (na sede da Superintendência Federal de Agricultura, Pecuária e Abastecimento no Estado de Pernambuco-SFA/PE, com 7.204,23 m², na Av. Gal. San Martin, ao sul do bairro) e 28_{A-B}, que compreende as áreas do Instituto Bom Pastor (constituído pela Colônia Penal Feminina do Recife, a Associação de Assistência Social Bom Pastor-Convento) e a Comunidade Rodolfo Aureliano, com 42.659,82 m² de áreas verdes, à oeste. Oliveira (2012), em seu trabalho, aponta para o importante papel na amenização da temperatura de superfície em parte da Avenida Caxangá que o Parque de Exposições do Cordeiro desempenha.

Como o bairro do Cordeiro é uma unidade muito marcada pelo seu adensamento construtivo, com muitas áreas pavimentadas e pouca arborização, observou-se aqui que o comportamento da temperatura de superfície se mostrou muito severo, uma vez que, para ambos os períodos, a temperatura média encontrada apresentou valores acima dos 27°C, sendo maior no inverno, e representando a menor variação, de 0,31°C.

Entretanto, mesmo sofrendo nas duas estações os impactos causados pela temperatura, foi possível visualizar, que de forma muito local, os espaços constituídos pelas áreas verdes registraram temperaturas levemente mais baixas do que no seu entorno. No verão, podemos destacar as zonas oeste e sudoeste do bairro, onde, nas proximidades do IPAV 28, e na área de divisa com Torrões (ZEIS), respectivamente, associada à influência do efeito da cobertura de nuvem, a temperatura de superfície apresentou valores bem mais

amenos, na faixa entre 21° a 24°C. Assim como na zona leste, na área de divisa com os bairros da Torre e Zumbi, com temperaturas na casa dos 24°C. E, vale pontuar também que as áreas ao norte, à beira do Capibaribe, Parque do Caiara, e as áreas onde estão inseridos o Parque de Exposições, no centro, a Praça do XV e o IPAV 25, ao sul, apresentaram temperaturas na faixa dos 26°C.

No inverno, observou-se temperatura ainda mais agressivas, na faixa dos 28°C, na parte mais central do bairro, onde está situada a Av. Caxangá, no ponto à sudeste, fronteiro com o bairro do Prado, e na área, à sudoeste, que faz divisa com Torrões (ZEIS), visto na estação anterior como uma área de temperaturas mais brandas. Para este último, fica evidenciado a interferência da cobertura de nuvem na leitura da temperatura de superfície, nesta área, no período anterior. O mesmo acontece, para a área próxima ao IPAV 28, que também teve um incremento no valor da temperatura, todavia, por se tratar de um espaço bastante arborizado, não ultrapassou valores acima de 26,9°C. Nas áreas mais próximas do rio as temperaturas mostraram-se novamente um pouco mais amenas, e mais baixas do que no verão, na faixa dos 24°C, e na proporção que nos afastamos desta região ela vai aumentando. Nas áreas que compreendem o Parque do Caiara e o Parque de Exposições, elas mantiveram-se na faixa dos 26°C. Entretanto na área Parque de Exposições mais próxima a Av. Caxangá, foram registrados valores acima dos 27°C. Por fim, na área da Praça do XV, as temperaturas mostraram-se maiores em relação a estação anterior, porém novamente um pouco mais amenas do que no seu entorno. Uma área no extremo sul do bairro, próximo a Av. Engenheiro Abdias de Carvalho, mostrou temperaturas mais amenas, na faixa dos 24°C, no entanto, embora próxima a Praça da CHESF (no bairro de Torrões), acredita-se que esses resultados se deram muito mais pelo efeito da cobertura de nuvens neste espaço.

A seguir é possível verificar a diferença de temperatura, nas duas estações, para os pontos definidos neste bairro, conforme estabelece a Tabela 13.

Tabela 13. Pontos para comparação de temperatura de superfície no bairro de Cordeiro.

Pontos	Localização	Endereço	Coordenadas		Temperatura (°C)		ΔT (°C)
			Longitude	Latitude	Verão	Inverno	
1	Exposição dos Animais	Av. Caxangá	349263	80476002	26,93	27,31	0,38
2	Praça do Forte XV	R. Tamboril	34930658	8058600	27,27	27,07	0,20
3	Terminal Sítio das Palmeiras	Rua Ocidental	34936007	8052610	25,38	28,62	3,24

4	Terminal da Torre	R. Nossa Senhora da Saúde	34928059	8042265	27,36	27,36	0
5	Área Residencial	Av. Inácio Monteiro	34932161	8049575	26,98	28,06	1,08
6	Hospital Veterinário do Recife	Rua Joaquim Alheiros	34920520	8044805	27,75	26,02	1,73
7	Próx. Colégio Lubienska	R. Souza Bandeira	34918344	8050125	26,43	26,60	0,16
8	Próx. Esquina Sertaneja	Estrada do Forte do Arraial	34928302	8052398	27,76	28,41	0,65

5.3.8 Iputinga

Considerando sua extensão e os 24,89% (108,02 ha) de áreas verdes encontradas em seu território, podemos destacar como sendo os principais componentes de massas de cobertura vegetal que integram esta unidade urbana: a UCN Iputinga (com 31,71 ha), conhecida também como Ilha do Bananal, que corresponde a uma ilha no Rio Capibaribe, situada ao norte, entre os bairros de Iputinga e Apipucos, criada a partir da Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS), Lei Municipal n° 16.176/96, e regulamentada pelo decreto municipal n° 23.810/08, os IPAV 27 (com 1.572,23 m²), localizado na Rua Mário Álvares Pereira de Lyra, próximo a Assembleia de Deus, e 29 (áreas verdes do Hospital Barão de Lucena, com 52.579,67 m²), além das quinze praças que estão distribuídas ao longo dos seus limites, totalizando 14,76 ha, das quais destacamos o seguimento restante do Parque do Caiara (com 11,88 ha), à nordeste, às margens do Capibaribe. A porção norte-noroeste do bairro ainda é influenciada pelos efeitos oriundos da APA das Capivaras, APA do Açude Apipucos, UCN Caxangá (bairro da Caxangá) e IPAV 49 (Caxangá Golf and Country Club, também no bairro da Caxangá), enquanto que a UCN do Estuário do Capibaribe abrange toda a zona que orla o bairro, à nordeste.

Sendo assim, olhando para o comportamento da temperatura de superfície no período do verão, observou-se que a região que compreende a parte norte do bairro, onde está a Ilha do Bananal, apresentou temperaturas na faixa dos 24°C, ficando abaixo da temperatura média para esse período que foi de 26,12°C. A zona central do bairro, que engloba a área do IPAV 29, apresentou as temperaturas mais baixas do período, variando entre 17,9°C a 24,9°C. Entretanto, como já comentado anteriormente, essa zona foi extremamente afetada pelo efeito da cobertura de nuvem e, por isso, acredita-se que esses valores, sobretudo os registros abaixo dos 24°C, não condizem com a realidade do local.

A área que fica entre os IPAV 27 e 28, por ser bem arborizada, principalmente no Canal do Cavoco, no transecto da Av. Mário Álvares Pereira de Lyra, mostrou temperaturas mais amenas (na faixa dos 26°C) do que as encontradas na área imediatamente ao seu norte. Também, na área de divisa com a bairro da Caxangá, à extremo leste, nas proximidades do IPAV 49, percebeu-se temperaturas na faixa dos 24°C a 25°C. As temperaturas mais elevadas foram encontradas na área do Atacadão (BR-101, a extremo noroeste), acima dos 29°C, nas áreas de ZEIS próximas ao Rio e na área construída próxima ao Parque do Caiara, acima dos 28°C para os dois últimos.

No caso, do Atacadão, acredita-se que ocorreu uma perturbação muito semelhante àquela vista no bairro de Santana, na área do antigo Big Bom Preço, nesta mesma estação, onde devido ao intenso fluxo de pessoas e veículos, e nesse caso aqui, até mais intenso por se tratar de uma casa comercial mais popular e ser em uma BR, além do material de construção utilizado (geralmente com alta capacidade de absorção) no galpão onde funciona o estabelecimento, em especial na sua cobertura, a retenção e acúmulo de calor é maior, provocando assim um aumento significativo da temperatura.

Em relação ao inverno, onde não se teve muitos problemas com a ação da nebulosidade, foi possível perceber um pequeno incremento da temperatura média, 26,92°C, onde, de forma bem clara, notou-se que a metade norte do bairro apresentou temperaturas mais baixas do que a metade sul, na qual foi possível verificar altos registros, na casa dos 28°C. As temperaturas mais baixas foram observadas na região da UCN Iputinga, entre 22°C e 24°C, na área do Hospital Barão de Lucena (IPAV 29), que ficou na média, na faixa dos 26°C, e nas áreas margeadas pelo Capibaribe que vai até o Parque do Caiara, na faixa dos 25°C. Na porção norte, anterior ao rio, nas áreas das ZEIS, verificou-se mais uma vez temperaturas mais altas, enquanto que em zonas que apresentaram algum nível de cobertura vegetal mostraram temperaturas mais em torno da média.

A seguir, na Tabela 14, estão dispostos os pontos selecionados para este bairro, demonstrando as diferenças de temperatura de superfície observadas nas duas estações.

Tabela 14. Pontos para comparação de temperatura de superfície no bairro de Iputinga.

Pontos	Localização	Endereço	Coordenadas		Temperatura (°C)		ΔT (°C)
			Longitude	Latitude	Verão	Inverno	
1	Atacadão	BR-101	349439	80291	29,30	27,59	1,71
2	Próx. Casarão	Estrada do Barbalho	34936122	8029310	27,78	27,69	0,09
3	Canal do Cavoco	Av. Mário Álvares Pereira de Lyra	349382	80469	25,02	26,94	1,92
4	Big Bom	Av. Caxangá	34940534	8039215	26,04	27,27	1,23

	Preço/ Barão de Lucena						
5	Área de Solo Exposto	R. Antônio Carlos Ribeiro de Andrade	34933881	8035967	20,66	27,19	6,53
6	Próx. Parque Caiara	R. Almirante Pedro Max	34929898	8037885	22,05	27,38	5,34
7	Cruzamento com a Av. Maurício de Nassau	Estrada do barbalho	34939851	8035470	21,48	27,11	5,63
8	Próx. Cartório da Várzea	Rua Manoel Azevedo	34935695	8043874	27,10	27,44	0,34
9	Panificadora Pan Golden	Rua Gaspar Pérez	34941413	8044104	27,62	28,12	0,50
10	Próx. Rio Capibaribe	R. Dom Diamantino Costa	34929926	8031861	27,60	26,46	1,13

5.3.9 Engenho do Meio

O bairro do Engenho do Meio possui na composição de suas áreas verdes urbanas as praças da Redenção (472,83 m²), próxima a ZEIS Redenção, João Miguel de Souza Junior, com dois segmentos, totalizando 1.636,67 m², que fica às margens da BR-101, no terminal de ônibus do bairro, Praça Sítio das Palmeiras (com 3.579,99 m²) e o Parque Doutor Arnaldo Assunção (com 28.171,22 m²). Mesmo sendo um bairro pequeno, possui vias relativamente bem arborizadas, com casas grandes e calçadas espaçosas. É um bairro, quase que totalmente de uso residencial e de pouquíssima verticalidade.

Ao olhar para a distribuição da temperatura de superfície neste bairro, no período do verão, percebe-se temperaturas bem agradáveis, com média de 25,39°C, máxima de 26,25°C, e mínima de 18,47°C. Evidente que esta implicação se deve ao fato do efeito da cobertura de nuvem, que assume uma grande mancha na zona centro-sul do bairro, abraçando inclusive parte da área que compreende a Praça do Eng. do Meio. Entretanto em outras áreas com presença de cobertura, podemos perceber a influência das áreas verdes sobre a temperatura, como no caso do ponto do Clube da SUDENE (área privada muito bem arborizada), mais ao norte, na zona de divisa com o bairro de Cidade Universitária (onde encontramos uma cavidade no polígono que forma o limite do bairro), no qual encontramos valores de temperatura na casa dos 25°C. As temperaturas mais altas foram encontradas à nordeste do bairro na área de fronteira com o bairro de Torrões (ZEIS).

Na estação seguinte, tivemos um impulso na temperatura média, que passou a 26,45°C. Também tivemos um novo ponto de máxima, na área de interseção entre os bairros de Eng. do Meio, Cordeiro e Torrões, que compreende a comunidade de Sítio das Palmeiras,

pertencente a ZEIS Torrões, registrando 28,12°C. E, aumentou ainda a temperatura de superfície da área de limite com o bairro de Iputinga, ao norte, e da área que contempla a ZEIS Redenção, à leste, e nas margens também da BR-101. Em relação as temperaturas mais baixas, tivemos a zona centro-sudeste do bairro, que mais uma vez sofreu com o efeito da cobertura de nuvem, tendo a sua leitura prejudicada, e apresentando valores que variaram entre 21° a 24°C. A área do Parque Dr. Arnaldo Assunção, apresentou temperaturas na faixa dos 25°C e a área que compreende o clube da SUDENE mostrou variações entre 24° a 25°C.

A Tabela 15, abaixo, estabelece os pontos de comparação da temperatura que foram selecionados, para este bairro.

Tabela 15. Pontos para comparação de temperatura de superfície no bairro do Eng. do Meio.

Pontos	Localização	Endereço	Coordenadas		Temperatura (°C)		ΔT (°C)
			Longitude	Latitude	Verão	Inverno	
1	Praça Dr. Arnaldo Assunção	Rua Antônio Borges Uchôa	34943397	8056238	25,28	25,65	0,37
2	Em frente ao prédio SUDENE	Rua General Vargas	34944206	8050585	26,13	26,62	0,49
3	Engenho Supermercado	Rua Antônio curado	3494256	8060681	21,66	24,84	3,18
4	Clube da SUDENE	Rua Antônio Curado	34941478	8053155	25,13	25,41	0,29

5.3.10 Torrões

Finalmente, temos aqui o bairro menos influenciado pela cobertura vegetal, cuja composição de áreas verdes é formada apenas pelas poucas ruas arborizadas e pelas seis praças que possui: Praça João Pessoa de Queiroz (2.252,44 m²), próxima à ZEIS Vietnã e IPAV 21 (bairro de San Martin), na Rua Domingos De Abreu Vasconcelos; o segmento restante do Parque do Forte do Arraial Novo do Bom Jesus (16762,79 m²), na Av. do Forte; Praça da Amizade (799,57 m²), na Rua Dr. Aniceto Ribeiro Varejão; Praça da Avenida Engenheiro Abdias de Carvalho (41709,62 m²); Praça de CHESF (15330,69 m²), na Rua Delmiro Gouveia Rua Quinze De Março; e, Praça da Rua Professor Avertano Rocha (1069,91 m²).

Para o período do verão, temos uma configuração de temperatura quase homogênea ao longo da extensão do bairro, com média de 26,47°C. Destaque, no entanto, para a área, à oeste, na fronteira com Engenho do Meio, onde encontramos a temperatura mínima do

bairro para este período, 23,6°C, e onde também acreditamos ter havido ligeiras implicações resultante da ação da nebulosidade, e da área a extremo sudoeste, na divisa do bairro com o Curado, onde encontramos temperaturas mais amenas em relação ao restante do bairro, na casa dos 25°C. Nessa região temos uma boa cobertura de áreas verdes, entre as vias Av. Eng. Abdias de Carvalho e Av. Recife, por se tratar de um terreno não construído, onde algumas famílias vivem a partir da agricultura familiar cultivando suas hortaliças e algumas vezes criando até algum tipo de gado, ou rebanho. Os registros mais elevados, por outro lado, apareceram na área que compreende a fronteira do bairro com Cordeiro, na faixa dos 27°C, mesmo nas proximidades da Praça do Forte.

Já no período do inverno, percebeu-se um acréscimo de 0,63°C na temperatura média, onde, principalmente ao norte do bairro, na divisa com Cordeiro, encontraram-se temperatura bastante agressivas, na casa dos 28°C, bem na porção sudeste onde se encontra a ZEIS Vietnã. As temperaturas na área a extremo sudoeste se mantiveram sem muitas alterações. Vale salientar que a área que compreende a Praça da CHESF, que na estação anterior não apresentou registros de temperatura em função das nuvens que impediram a leitura do dado, neste período, apresentou valores na faixa dos 26° a 27°C. A área do Parque do Forte mostrou uma leve queda de temperatura, mas, em contrapartida, e não desprezando o efeito da cobertura de nuvem, seu entorno teve uma redução maior, registrando variação de temperaturas na faixa entre 21°C e 24°C. Na área central a temperatura também evidenciou um decréscimo, mas também não teve influência com a ação da cobertura vegetal.

Os pontos fixados para o bairro de Torrões e suas respectivas temperaturas de superfície, nos dois períodos avaliados, estão apresentados na Tabela 16.

Tabela 16. Pontos para comparação de temperatura de superfície no bairro de Torrões.

Pontos	Localização	Endereço	Coordenadas		Temperatura (°C)		ΔT (°C)
			Longitude	Latitude	Verão	Inverno	
1	Terminal Roda de Fogo	Av. Bicentenário da Revolução Francesa	34937938	8059022	26,33	26,69	0,36
2	IEADPE Vietnã	R. Antônio Correia de Araújo	34934847	8067299	26,12	26,96	0,84
3	ETEC Roda de Fogo	R. Professor Artur Coutinho	34939378	8063960	26,06	27,26	1,20
4	Praça da CHESF	Rua Delmiro Gouvêia	34931028	8062720	X	26,96	—
5		R. Zumbi dos Palmares	34938312	8054987	26,52	28,23	1,71
6	Próx. Praça do XV	Rua da Olaria	34933954	8059192	26,56	25,96	0,60

De forma geral, a partir dos dados analisados, verificou-se que, as imagens de satélite mostraram, no comportamento e distribuição da temperatura de superfície na expansão urbana dos bairros, maior concentração de temperaturas elevadas nas zonas de menor cobertura vegetal, isto é, nas zonas centrais desses bairros, afastando-se da região estuária, nas áreas de morro e, principalmente, nas áreas que compreende ZEIS (algumas delas, inclusive, englobando mais de um bairro). Também foi possível observar que, mesmo atuando de forma muito local, em alguns casos, as áreas verdes urbanas exerceram influência sobre a resposta da temperatura de superfície, onde nas áreas em que havia Unidades de Conservação, presença de Parques ou Praças um pouco maiores em extensão, e até nos locais onde estão situados os IPAV, a temperatura apresentou valores mais amenos do que no seu entorno adjacente.

Também, faz-se necessário advertir sobre os riscos a que estão submetidas as populações dos locais onde a temperatura apresentou valores médios acima dos 27°C, e nas áreas dos pontos de pico, onde a temperatura de superfície chegou a registrar valores na faixa dos 28°, 29°, e até acima dos 30°C, como no ponto especificado no bairro de Santana.

Outrossim, atenta-se para o fato de que, nesses espaços mais construídos, a pressão antrópica e o elevado adensamento construtivo fazem com que a presença de áreas verdes seja muito escassa. Os equipamentos públicos que contemplam a cobertura arbórea são poucos, ínfimos e insuficientes para atender a demanda de arrefecimento que os bairros necessitam. Sendo indispensável, portanto, a conscientização das populações que habitam esses ambientes sobre a importância das áreas verdes urbanas, a criação de novos equipamentos, a recomposição das áreas depredadas e degradadas, conservação das áreas já existentes e a readequação de outras áreas, para que, uma vez estabelecida uma nova função, na mudança de uso do solo, possa-se atingir os parâmetros e critérios necessários para que as exigências térmicas do ambiente sejam atendidas, a fim de promover, conseqüentemente, melhorias na qualidade de vida dessas populações.

Todavia, é interessante notar que, mesmo sendo um elemento essencial à paisagem urbana, quando olhamos para o cenário da maioria das cidades brasileiras, percebemos que a implantação de áreas verdes ainda é um grande desafio a ser vencido. O que se observa é a escassez de políticas públicas, e privadas, de valorização para o incremento dessas áreas no ambiente urbano, aliada a falta de conscientização e desconhecimento das próprias comunidades quanto aos benefícios gerados pela vegetação e no tocante a preservação das

mesmas, e finalmente, a carência de mais estudos científicos e corpo técnico especializado para promover e orientar ações voltadas à implementação de áreas verdes urbanas, obedecendo os critérios e outras especificidades locais e necessidades atuais (DUARTE *et al.*, 2018).

Oliveira (2012), citando Morero *et al.* (2007), discute que no Brasil existe um comportamento muito tímido, comedido, para se criar espaços propostos para comportar áreas verdes urbanas e ambientes de recreação, ainda que a maioria dos estudos realizados, nesse sentido, apontem para a relevância desses espaços. O autor, também pontua que a discrepância existente entre o crescimento que se vê de áreas urbanizadas, densamente construídas, ao longo dos últimos anos, em detrimento do incremento de áreas verdes percebido, é deletéria, e que quando idealizado este incremento, na maioria das vezes, funciona muito mais como um complemento da expressão do desenho paisagístico e das características locais, do que propriamente um ambiente concebido para este fim.

Sendo que, conforme Gomes e Amorim (2006), as áreas verdes são um insubstituível componente regulador da temperatura urbana, pois promovem sombreamento, reduzindo a quantidade de radiação solar que chega à superfície abaixo das copas, e absorvem parte dessa radiação incidente, atuando na retirada e dissipação do calor sensível disponível, o qual é utilizado nos seus processos biológicos, enquanto a outra fração é refletida de volta para a atmosfera, por isso os ambientes da cidade mais bem arborizados e mais próximos aos grandes corpos d'água tendem a apresentar temperaturas mais amenas.

Silva e Jardim (2017), por sua vez, também reforçam o conceito de que a cobertura vegetal atua como barreira à radiação solar direta, favorecendo o surgimento de temperaturas mais baixas, e argumentam sobre a importância da utilização da vegetação de médio e grande porte no planejamento de melhoria do ambiente urbano. Para esses autores, a flora de pequeno porte e o distanciamento de cursos d'água podem coadjuvar para os baixos valores de umidade relativa, que por seu turno, sustentam as altas temperaturas, já que os corpos d'água também auxiliam como regulador térmico em função do seu alto calor específico, enquanto a cobertura vegetal transforma calor sensível em calor latente no processo de evapotranspiração.

Todavia, os benefícios oriundos das áreas verdes distinguem-se muito a depender das características das espécies utilizadas, sua morfologia, fenologia, permeabilidade e maturidade, além das questões que envolvem a localização da cidade, ou sítio. Assim, no uso da vegetação deve ser considerado o perfil do espaço urbano onde ela vai ser inserida,

as formas de associação dos vegetais, sua relação com as edificações do entorno e o tipo de clima local. Em cidades, principalmente, de clima quente e seco esse parâmetro deve ter um peso ainda maior ao se planejar e projetar espaços de uso público, a fim de alcançarem maior atenuação da radiação solar, para criação de ambientes mais confortáveis e qualificados (BASSO; CORRÊA, 2014).

Procurando identificar ilhas de calor urbanas na cidade do Recife, por meio de dados meteorológicos de superfície e sensoriamento remoto, utilizando duas imagens TM do satélite Landsat 5, uma de 1998 e outra de 2010, Santos (2011), verificou que os maiores valores de temperatura de superfície encontrados, no ano de 1998, variaram entre 25° a 27°C e abrigavam áreas mais impermeabilizadas, enquanto que encontrou valores variando entre 20° a 22°C em áreas com presença de vegetação mais densa ou corpos d'água. Já para o ano de 2010, a autora observou temperaturas mais altas nas áreas em que a cobertura vegetal era mais exígua e deficiente e que possuíam uma concentração urbana bastante verticalizada. Os valores de temperatura encontrados foram superiores a 24,5°C. E, por fim, também foi observado que em regiões que apresentavam corpos hídricos, os registros de temperatura demonstraram semelhança aos encontrados em áreas vegetadas.

Em trabalho semelhante, Moreira e Galvêncio (2009), utilizaram duas imagens digitais do sensor TM do satélite Landsat 5, referentes aos anos de 1984 e 2007, e encontraram como resultado um aumento de aproximadamente 4°C para as menores temperaturas do Recife, e de 8°C para as maiores, na passagem do tempo entre os anos analisados. O ano de 2007 obteve um maior número de áreas com temperaturas elevadas, sendo consideradas como ilhas de calor urbana. Esta sequela decorreu-se da intensa substituição dos espaços naturais, na redução das áreas verdes, por um adensamento construtivo na cidade do Recife, que contribuiu para o aumento de temperatura.

Entretanto os autores sinalizam que mesmo com essa repercussão agravante, algumas áreas que mantiveram suas áreas verdes preservadas, ou pelo menos a maior parte dela, tiveram um incremento de temperatura menor do que em área mais urbanizadas, como foi o caso da área do manguezal, no bairro do Pina, onde o aumento foi de apenas 1°C, quando comparadas as temperaturas do ano de 2007 com o ano de 1984. Os responsáveis pela pesquisa reiteram a eficácia das áreas verdes no equilíbrio climático das áreas urbanas e sua aptidão para a estabilização das temperaturas, possibilitando ambientes urbanos mais agradáveis – ou menos severos – para a população que residem nos arredores.

Finalmente, para ser utilizada como modelo, temos a cidade de Goiânia, que foi projetada por Atílio Corrêa Lima, em 1933, recebendo inspirações do conceito de cidades-jardins de Ebenezer Howard. A cidade apresenta amplos espaços de áreas verdes públicas, previamente projetadas para sua qualidade ambiental, dentre os quais destacamos o Parque dos Buritis (40 ha), o Parque Botafogo (54 ha) e o Parque Paineira (16 ha). Suas praças e jardins públicos totalizam uma área de 162 ha, designados à atividade de lazer/recreação, esportivas e de educação ambiental, e apresenta também outros espaços livres bem arborizados, além de suas ruas e avenidas (DUARTE *et al.*, 2017). Essa valorização da cobertura vegetal como elemento essencial do ambiente urbano, é consequência direta do investimento em infraestrutura urbana planejada para acolher o verde urbano. Por isso, segundo o IBGE (2010), cidade de Goiânia ocupa a primeira posição em percentual de arborização no entorno de domicílio, dentre as cidades com mais de 1.000.000 de habitantes, com 89,5%.

Logo, não existe dúvidas quanto à eficácia da arborização como recurso para minimizar os impactos negativos existentes no meio urbano. Shams *et al.* (2009), destacam que a implantação adequada da arborização na malha urbana intensifica os usos e funções dos espaços, uma vez que a população obviamente terá preferência de realizar suas atividades em ambientes arborizados. Por isso, é mais do que urgente a compreensão da importância das áreas verdes urbanas para além de um elemento meramente estético na paisagem e buscar incentivos e iniciativas voltadas ao incremento das áreas verdes urbanas, priorizando investimentos de infraestrutura, planejada de acordo com os serviços ecossistêmicos desejados, na busca pela melhoria da qualidade ambiental.

5.4 Relação Temperatura x Características Socioeconômicas

A fim de considerar a influência e a relevância de alguns fatores socioeconômicos sobre a temperatura média de cada um dos bairros analisados, foram idealizados gráficos que estabelecem uma associação entre esses pontos. Na realização dessa análise, considerou-se os aspectos de densidade demográfica e renda dos bairros estudados, bem como as implicações por trás de cada uma dessas informações.

5.4.1 Temperatura x Densidade Demográfica

A densidade demográfica é um importante indicador populacional que tem como principal função avaliar a concentração populacional em uma determinada região. Esse dado pode ser bastante útil na construção de políticas públicas, com base no planejamento

urbano e territorial, na intenção de gerar melhores serviços públicos para a população local.

No gráfico abaixo (Figura 11) é possível perceber que o bairro de Torrões se apresentou como sendo o mais povoado (1,94 hab./Km²), seguido do bairro de Casa Amarela (1,55 hab./Km²). Por outro lado, os bairros de Poço da Panela e Santana foram aqueles que registram menores densidades, respectivamente, 0,6 e 0,65 hab./Km², seguido pelo bairro de Monteiro, com 1,07 hab./Km². Os demais apresentaram valores próximos a 1,20 hab./Km².

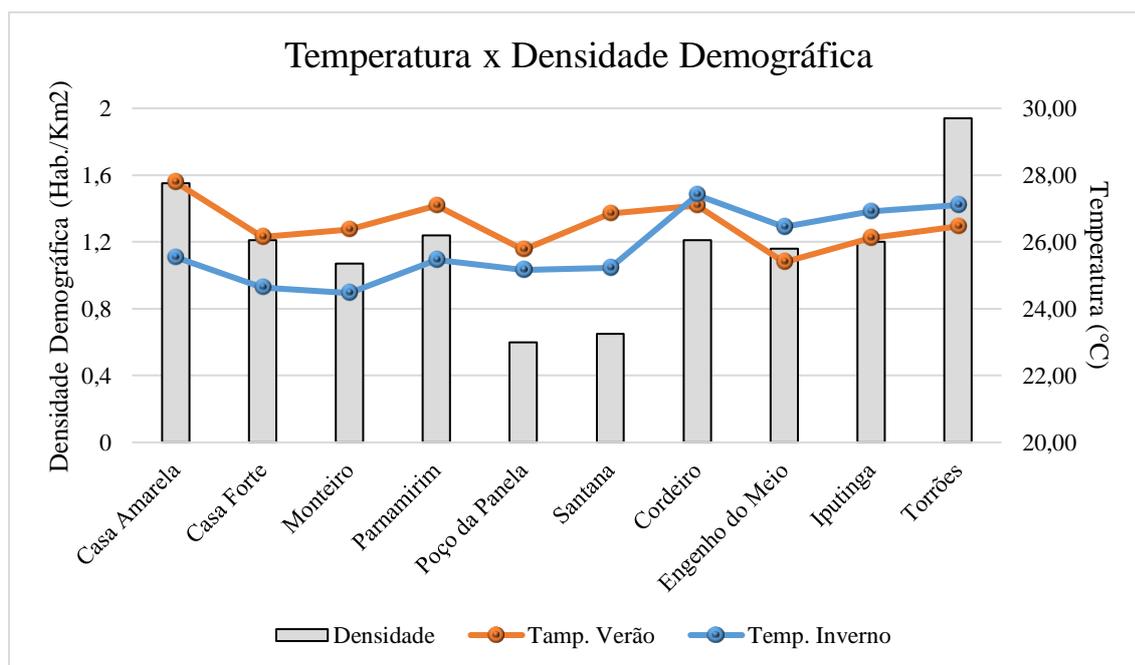


Figura 11. Relação entre temperatura média dos bairros e suas respectivas densidades demográficas.

No que se refere ao comportamento da temperatura de superfície, verificou-se que os bairros que apresentam maior população absoluta tendem a apresentar maiores temperaturas médias, pois apontam para uma realidade de adensamento urbano, com cobertura vegetal reduzida, provocando assim impactos sobre o ambiente, no microclima local, que resulta no aumento da temperatura. Essa realidade pode ser observada de forma bem categórica no bairro de Torrões, que compreende a terceira maior população, e consequentemente tendo o terceiro maior número de residências, sendo também o quarto maior em extensão, entre os bairros estudados, apresentou temperaturas médias elevadas nos dois períodos analisados, apresentando, por conseguinte, a segunda menor variação encontrada entre as estações.

O bairro de Casa Amarela, pela sua baixa porosidade, e carência de áreas verdes, onde observamos grande concentração de famílias, habitando o mesmo espaço, também apresentou, sobretudo no período do verão, temperatura média acima dos 27°C. Assim como o bairro de Parnamirim, que possui áreas bastante verticalizadas. Esses bairros registraram as maiores densidades entre os bairros da RPA 3. O bairro de Casa Forte, embora não tenha apresentado temperaturas médias muito altas, apresenta uma configuração muito parecida com o bairro de Parnamirim.

Já os bairros de Poço da Panela, Santana e Monteiro, são unidades cuja população não chegam sequer a 6.000 habitantes, Monteiro é o que mais se aproxima desse número, e também por estarem situados muito próximos ao rio Capibaribe e apresentarem maior concentração de áreas verdes em seu relação à sua extensão, não possuem o seu território muito povoado, com exceção das áreas de morro do bairro de Monteiro, fato que pode justificar a diferença no valor da densidade encontrada entre esse bairro e os outros dois. Para esses bairros foram encontrados valores de temperatura média mais baixos, quando comparados a bairros mais povoados.

As unidades do Cordeiro e Iputinga compreendem as maiores extensões territoriais da área de estudo e as maiores populações, apresentam valores de densidade demográfica muito próximos e o comportamento de temperatura média para os dois bairros mostrou variações muito pequenas entre as duas estações. Embora Iputinga seja maior em população e quantidade de domicílios, o bairro do Cordeiro apresenta maior adensamento construtivo, maior rugosidade e menos espaçamento entre as edificações, além de encerrar um trecho maior da Av. Caxangá do que o bairro da Iputinga, contribuindo para a presença de temperaturas médias mais altas nesse bairro. Vale ressaltar que nos bairros de Iputinga também encontramos maior percentual de áreas verdes urbanas.

A unidade Engenho do Meio, dentre os bairros da RPA 4, é o menos povoado (1,16 hab./Km²) e como resultado é o que também apresenta menores temperaturas médias, seja para o verão, ou inverno. Como já discutido anteriormente, esse distrito apresenta menor adensamento construtivo quando comparado aos demais bairros dessa RPA, ambientes mais espaçados, ruas mais largas, mais arborizadas, além do fato de que o espaço que compreende a ZEIS Redenção é bem menor quando comparado a outras ZEIS encontradas na área de estudo, como por exemplo a ZEIS Torrões que compreende quase todo o território do bairro de Torrões e parte do Cordeiro.

Avaliando variáveis climáticas intraurbanas, Moreira *et al.* (2017), para áreas de menores densidades demográficas, na zona norte da cidade do Recife, onde estão

localizados bairros como Dois Irmãos e Guabiraba, em que é possível encontrar grandes massas de áreas verdes, com presença de fragmentos florestais, matas adensadas, unidades de conservação e corpos hídricos, bem como na parte sudeste-leste, em direção ao litoral, nas áreas do entorno do rio Capibaribe, e o manguezal, no bairro do Pina, na parte sul da cidade, encontraram, no ano de 2011, valores inferiores (menor que 110 W/m^2) e intermediários (entre 111 e 320 W/m^2) de fluxo de calor sensível, que é o percentual de calor transferido para o ar através da condução e/ou convecção em virtude da diferença de temperatura.

As áreas mencionadas apresentam menores valores de energia disponíveis por não possuírem especulação imobiliária tão alta quanto outras áreas, que estão mais inseridas mais próximas aos centros econômicos da cidade, que produzem maior produção e transformação do espaço. O fluxo de calor sensível é a terceira partição do balanço de energia, que depende do gradiente vertical de temperatura, da rugosidade da superfície e da velocidade do vento, e é estimado com base na velocidade do vento e na temperatura da superfície, usando uma calibração interna da diferença da temperatura entre dois níveis da superfície.

Segundo Cordeiro (2016), citando Maiatelli (1994), o acúmulo de altas temperatura no tecido urbano, que podem provocar o surgimento de ilhas de calor, está intrinsecamente conexo ao tamanho de uma cidade, ou unidade urbana, tendo como principal critério a população da mesma, pois na proporção que ela vai crescendo e desenvolvendo, precisam de mais áreas construídas para serem acomodadas, o que conseqüentemente faz com que mais áreas verdes sejam erradicadas e substituídas, surgindo assim a presença de mais edificações, mais empreendimentos, mais indústrias, mais veículos, entre outros.

Em seu trabalho, a autora assinala que em 2006 a população de Campina Grande era de 379.871 habitantes, e passou a ser de 381.422 em 2008, e, em seguida, de 383.764 habitantes em 2009. Quanto à temperatura, a cidade apontava, em 2006, considerando diferente zonas, valores que variavam entre $24,42^\circ\text{C}$ a $28,51^\circ\text{C}$. Já no ano de 2007, foi percebido, na porção sudoeste da cidade, um aumento significativo de temperatura com registros chegando a $35,59^\circ\text{C}$, enquanto que na área urbana os valores encontrados estavam em volta de $30,26^\circ\text{C}$. Não foram apresentados os valores de temperatura dos anos de 2008, ou 2009, e também, segundo a autora, não há registros em relação ao número de habitantes em Campina Grande para o ano de 2007. O que foi concluído é que o aumento na população, provocaram um aumento nas áreas impermeáveis da cidade, deixando-a sujeita ao surgimento de ilhas de calor.

Sendo assim, quanto mais populosa é uma cidade, e considerando que o espaço territorial que ela compreende não aumenta, mais adensada ela tende a ficar e, por isso, maiores são os efeitos e prejuízos causados pelo fluxo de calor estocado no tecido urbano, somado ao fluxo de calor antropogênico gerado na própria dinâmica urbana. E, já que o processo de urbanização é contínuo e expansivo, e sendo a densidade construtiva e a ocupação do solo diretamente proporcionais às implicações negativas causados pela temperatura, seguindo a tendência, é importante pensar na qualidade de vida das populações citadinas das gerações futuras, que podem ser afetadas numa maior frequência e intensidade, haja vista as complicações encontradas já nos dias atuais.

Segundo o Censo de 2010, na qualificação das características urbanísticas do entorno dos domicílios, onde se avaliou, entre outras, a presença de árvores e outros elementos na calçada, cidades pequenas com população de até 20.000 habitantes apresentaram um percentual maior de arborização urbana (70,6%), onde seus domicílios particulares apresentam, no mínimo, uma árvore na calçada. Conforme o levantamento, à medida que o tamanho da cidade e a sua população vai crescendo esse número tende a diminuir gradativamente. Sendo assim, o estudo apresentou que cidades médias com população entre 100.001 e 200.000 habitantes correspondem a um percentual de 65,4%, enquanto que cidades médias com população entre 200.001 e 500.000, correspondem a um número levemente maior (68,9%). Já as cidades grandes (acima de 500.001), registram números na faixa dos 67%.

A cidade a cidade do Recife possui 60,8% dos seus domicílios particulares com, no mínimo, uma árvore na calçada (IBGE, 2010). Esse resultado é consideravelmente inferior à média nacional, o que a caracteriza como uma cidade com déficit de arborização e paisagem comprometida, tornando-a propensa às consequências causadas pela ação da temperatura do ar e do solo. Duarte *et al.* (2017), comentam que o baixo percentual de arborização no entorno dos domicílios, pode estar relacionado à reduzida e precária infraestrutura urbana presente nas cidades, como a estrutura das calçadas por exemplo.

Por fim, através da tabela 17, é possível observar o comportamento de crescimento da população para cada Região Político Administrativo do Recife a partir dos últimos três censos (IBGE 1991, 2000, 2010).

Tabela 17. Quantitativo de população na cidade do Recife para as seis RPA.

Região Político Administrativa	População Residente			Diferença entre População (1991-2000)	Diferença entre População (2000-2010)
	1991	2000	2010		
Recife	1.298.229	1.422.905	1.537.704	124.676	114.799
RPA 1 - Centro	83.010	78.098	78.114	-4.912	16
RPA 2 - Norte	197.710	205.986	221.234	8.276	15.248
RPA 3 - Nordeste	258.096	283.525	312.981	25.429	29.456
RPA 4 - Oeste	222.936	253.015	278.947	30.079	25.932
RPA 5 - Sudoeste	231.523	248.483	263.778	16.960	15.295
RPA 6 - Sul	304.954	353.798	382.650	48.844	28.852

FONTE: IBGE, Censo Demográfico de 1991, Censo Demográfico de 2000 e Censo Demográfico de 2010

A partir dessas informações, observa-se que todas as RPA mostraram crescimento progressivo de suas respectivas populações nos três Censos, com exceção da RPA 1, apesar de sua consolidação, que de 1991 a 2000 teve sua população reduzida em 4.912 habitantes. Isso evidencia um movimento de fuga da população que antes residiam no centro, mas a partir do urbano de outras áreas da cidade, preferiram manter o centro apenas como ponto para desenvolver atividades comerciais. Nota-se também que depois da RPA 6, as RPA 3 e 4 foram as que mais mostraram crescimento.

Oliveira (2012) enfatiza que, nesse processo de desenvolvimento urbano, que acarreta na substituição da paisagem natural por edificações de diferentes tipos e formas, e dando origem a um compacto e maciço adensamento urbano, formado pelos mais variados tipos de revestimento e com propriedade física térmicas diversas, as transformações produzidas na estrutura do ambiente urbano, como a verticalização, bem como alterações no movimento do ar na superfície, ocasionam modificações no gradiente de radiação urbana e influenciam a temperatura do ar e da superfície.

5.4.2 Temperatura x Renda x Áreas Verdes

Analisando as respectivas temperaturas de cada bairro e a renda média mensal por domicílio, estabeleceu-se uma correlação que nos permitiu verificar o quanto o poder aquisitivo de uma determinada região pode influenciar na mudança de temperatura de seu ambiente (Figura 12).

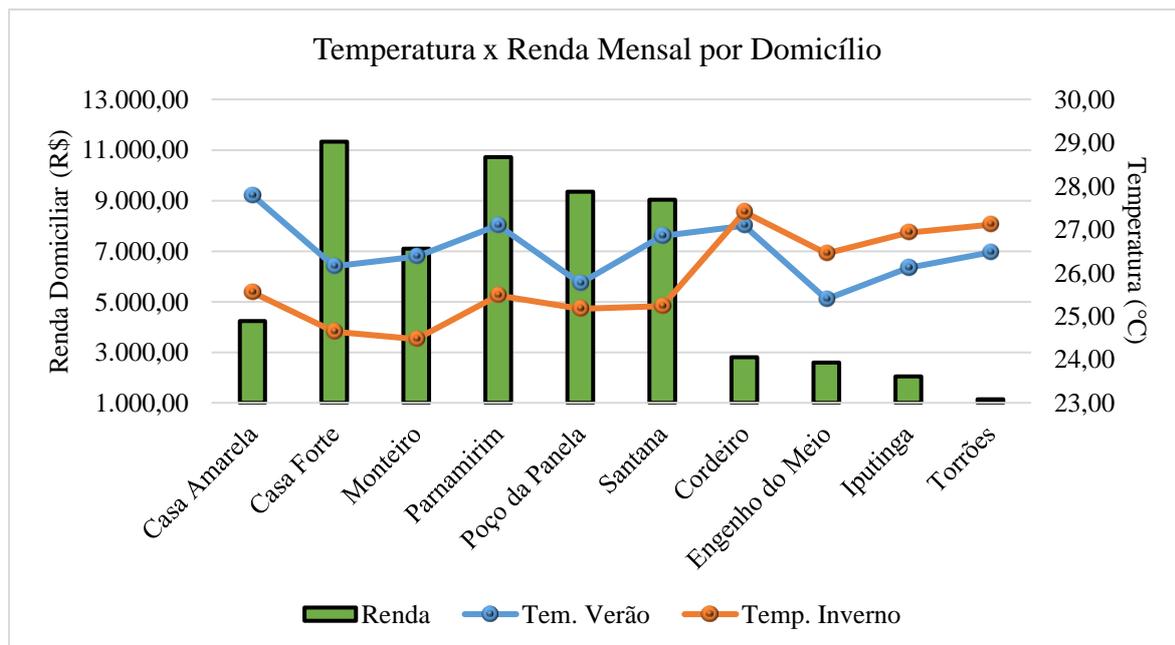


Figura 12. Relação entre temperatura média dos bairros e a renda mensal domiciliar.

Como pode ser observado, os bairros da RPA 3 pertencem a uma zona mais nobre da cidade, cuja renda mensal média por domicílio ultrapassa 5 salários-mínimos, com exceção do bairro de Casa Amarela que tem a sua média ultrapassando 3 salários. Enquanto os bairros da RPA 4, apresentam valores médios inferiores a 3 salários-mínimos.

No que diz respeito a temperatura, percebemos uma relação quase que inversamente proporcional quanto à essas duas variáveis, uma vez que quanto menor a renda de um determinado bairro, maior tende a ficar a sua temperatura, ou vice-versa, mostrando que os acessos aos meios e recursos que promovem arrefecimento e amenização da temperatura estão mais restritos a regiões de maior renda.

O bairro de Casa Forte aparece com as menores temperaturas para ambos os períodos, o qual apresenta a maior renda mensal registrada, tendo por domicílio R\$ 11.318,97. Na quantificação realizada, Casa Forte aparece com 17,55% de áreas verdes urbanas em toda sua extensão territorial, apresentando grande quantidade de áreas verdes particulares, possui também planejamento urbano no tocante ao controle de verticalização de sua paisagem, e por ser um área nobre, aponta para a realidade de uma sociedade mais esclarecida, consciente ambientalmente, de maior grau de escolaridade, e que também recebe mais investimentos na área estética e paisagística por parte de moradores e empreendedores locais, e todos esses são fatores que refletem na temperatura.

Podemos salientar ainda, nesse sentido, o exemplo do bairro do Engenho do Meio, que também traz essa relação inversa entre renda e temperatura. Dentre os bairros analisados da RPA 4, ele é o segundo a apresentar maior renda média, e é o que possui temperaturas mais amenas para os dois intervalos sazonais. O bairro apresentou 14,03% de áreas verdes urbanas, e também está inserido numa região próxima a áreas mais vegetadas como os bairros da Várzea, Cidade Universitária e a zona norte do bairro do Curado, não contemplados neste estudo, o que reflete também na sua temperatura.

Em contrapartida, observamos como os outros bairros da RPA 4, são afetados, principalmente no inverno, pelas elevadas temperaturas. Isso se dá uma vez que esses bairros são mais urbanizados, mais adensados, menos arborizados, com maior circulação de veículos e atividades antrópicas. Interessante pontuar também que o bairro do Cordeiro, mesmo aparecendo com a maior renda média dentre os bairros da RPA 4, é o que apresenta também as maiores temperaturas, entre os bairros dessa RPA, para os dois períodos.

Fenômeno semelhante acontece com o bairro de Santana, na RPA 3, que embora desponte com renda média mensal por domicílio superior aos de R\$ 9.000,00 (mais de 6 salários-mínimos), possuindo 42,77% de áreas verdes urbanas em sua extensão territorial e estando bem adjacente a área de influência do Rio Capibaribe, registrou a quarta maior temperatura média, para o período do verão. Isso pode ter acontecido devido aos altos valores de temperatura de superfície encontrados nas proximidades do Parque Santana e do antigo Big Bom Preço.

Tabela 18. Quantificação em área (%) das áreas verdes; renda média por domicílio; e, temperatura média para os períodos analisados.

Bairros	RPA 3												RPA 4							
	Casa Amarela		Casa Forte		Monteiro		Parnamirim		Poço da Panela		Santana		Cordeiro		Eng. do Meio		Iputinga		Torrões	
Áreas Verdes (%)	18,79		17,55		48,81		29,56		40,89		42,77		17,65		14,03		24,89		12,76	
Renda Média p/ Domicílio (R\$)	4.236,69		11.318,97		7.106,75		10.712,06		9.346,35		9.040,76		2.812,73		2.594,45		2.045,08		1.320,56	
Temp. Média (C°)	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I	V	I
	27,79	25,55	26,15	24,64	26,37	24,47	27,10	25,47	25,76	25,17	26,85	25,22	27,09	27,40	25,39	26,45	26,12	26,92	26,47	27,10

Nesta perspectiva, pode-se perceber que esses números apontam para uma realidade distinta dessas duas áreas, pois, analisando as informações e olhando para quantidade de áreas vegetadas dos bairros das RPA 3 e 4, considerando a renda média mensal por domicílio de cada um deles, e suas respectivas temperaturas médias e ainda o número de moradias por bairro, fica bem perceptível que, em se tratando do fator áreas verdes urbanas, a realidade da área de estudo caracteriza uma má distribuição destes espaços ao longo da extensão territorial dos bairros, evidenciando um cenário de injustiça ambiental, em que, segundo Duarte *et al* (2017), o acesso aos recursos ambientais torna-se mais um componente de desigualdade e segregação socioespacial, ao passo que esse acesso é proporcional à renda média e condições de moradia de um determinado grupo social.

Angeoletto e Santos (2015), citados por Duarte *et al* (2018), reforçam a ideia de que geralmente bairros com maior *status* socioeconômico possuam maior diversidade vegetal, seja nos espaços livres ou nos próprios quintais das residências. E, Coelho (2013), aponta para o fato de que, no Brasil, realmente populações com menor poder aquisitivo desfrutam de menor disponibilidade e convivência com tais recursos, essenciais para melhoria da qualidade ambiental. E não apenas isso, Salles, Grigio e Silva (2013) argumentam que as áreas de maior degradação ambiental nas cidades urbanizadas condizem significativamente com zonas de semelhante degradação social, trazendo ainda mais danos e efeitos negativos para essas regiões.

As principais atividades profissionais, comerciais, de serviço, da gestão pública e privada e os terminais de transporte estão situados, via de regra, nas áreas centrais das cidades e dos bairros mais estratégicos, sendo estes o foco econômico-ambiental principal da cidade e de tudo ao seu entorno. É por isso que essas unidades recebem primazia dentro do planejamento urbano, na arborização de suas ruas e praças, devido à demanda populacional que influencia aquela área, seja para ir ao trabalho, comprar, ou desempenhar atividades recreativas, pois a quantidade de sons, ruídos e poluição que ali são produzidos fundamentam a necessidade de criação de novo equipamentos (PNHEIRO; SOUZA, 2017).

A presença de áreas verdes urbanas resultam em embelezamento do local, possuem efeitos psicológicos capazes de acalmar a fadiga mental, trazem valorização econômica para as edificações do entorno, permitem espaços de convivência e interação social, possibilitam criação de elos em corredores ecológicos, unindo ruas arborizadas e áreas verdes, além disso podem fomentar a inclusão social, uma vez que permitem que a população de baixa renda, que não tem acesso a locais privados de recreação, descubram

nesses espaços, ambientes com cobertura vegetal facilitados pela presença de espaços livres agradáveis para descanso e lazer (PNHEIRO; SOUZA, 2017). Entretanto, quando essa realidade não existe, um efeito social é quebrado, distanciando, portanto, a natureza do contexto de crescimento e expansão urbana da cidade.

Duarte *et al* (2017) mencionando trabalho realizado por Angeoletto (2012), em sua tese, a qual avaliou entre outras coisas a arborização urbana em um gradiente de renda na cidade de Maringá-PR, constataram que os bairros com renda média menor apresentaram menor quantidade de cobertura vegetal. E a mesma autora, em 2016, realizou trabalho semelhante na cidade de Rondonópolis, nos bairros implantados nessa cidade entre 2006 e 2015. Nesse trabalho também foi observado esta relação inversa e ainda que condomínios de alto padrão, que já estão localizados em áreas economicamente mais nobres, localizam-se também em ambientes mais bem arborizados e com maior contato, proximidade, de áreas verdes no seu entorno, enquanto nos bairros mais pobres, essas áreas verdes estavam completamente danificadas (DUARTE, 2016).

O último censo (IBGE 2010) também mostra, ao avaliar a arborização por faixa de renda nas cidades brasileiras, esta propensão, evidenciando que quanto menor a renda média, menor o acesso a arborização. O levantamento expõe que domicílios com até $\frac{1}{4}$ de salário-mínimo alcançam um percentual de 56,8%, em contrapartida, as residências com renda acima de 2 salários têm esse percentual subindo para 78,5% (quase 20% a mais). Duarte *et al* (2018) comentam que essa diferença percentual de arborização no entorno dos domicílios também diz respeito às questões de infraestrutura urbana em relação a cada local.

O censo (IBGE, 2010) ainda compara esses percentuais de arborização aos percentuais de extrema pobreza, no tocante às regiões brasileiras, o que foi verificado é que as regiões Sul e Sudeste, as quais apresentaram menores percentuais de extrema pobreza (2,53% e 3,76% – respectivamente), assinalaram maiores percentuais de arborização e, seguindo esta mesma lógica, as regiões Norte e Nordeste, registraram os menores percentuais de arborização e maior incidência de pobreza (14,41% e 18,35% – nessa ordem). Nessa pesquisa, a cidade de Recife, aparece em 10º lugar entre as cidades com mais de 1.000.000 de habitantes, com percentual de arborização no entorno de domicílios de 60,08%, ficando atrás das cidades de Goiânia (Centro-Oeste), Campinas, Belo Horizonte, Porto Alegre, Curitiba, São Paulo, Fortaleza, Guarulhos e Rio de Janeiro, e a frente de Salvador, Brasília, São Luiz, Manaus e Belém.

Sendo assim, baseado em toda conjuntura nacional e também no cenário encontrado dentro da área de estudo, o que pode ser concluído, é que infelizmente o acesso a cobertura vegetal a partir de áreas verdes urbanas, principalmente no que diz respeito a arborização viária e outros ambientes públicos, tornou-se mais um elemento que reflete a desigualdade no país, uma vez que esse acesso é proporcional a condição econômica de uma população (DUARTE, 2016). E essa relação também reverbera na falta de infraestrutura urbana disponibilizada à essas classes menos favorecidas: calçadas inadequadas, espaços mais reduzidos pelo padrão de parcelamento do solo, ausência de planejamento urbano e ambiental, poluição e lixo a céu aberto, esgoto e boca de bueiro expostos, depredação dos espaços verdes, são aspectos de deterioração da qualidade do ambiente que são muito mais sentidos pelas populações mais pobres (COELHO, 2013; IBGE, 2010). Nesse sentido, no que se refere às ações voltadas ao incremento da arborização e implantação de outras áreas verdes públicas, para progresso, beneficiamento e readequação desses ambientes, é importante, antes de tudo, priorizar-se os investimentos em uma infraestrutura planejada para receber esses espaços verdes.

6 Considerações Finais

O espaço urbano, na medida em que se desenvolve de maneira desordenada, começa a sofrer sérias modificações a partir das ações antrópicas. Essas modificações se caracterizam pela alteração do relevo, pelo adensamento construtivo e substituição das áreas verdes nativas por estruturas concretadas, com solos impermeabilizados, que influenciam nos aspectos ambientais, resultando na transformação do microclima e acarretando, principalmente, no aumento da temperatura local, que impacta diretamente na qualidade de vida da população.

O Recife apresenta uma desorganização em alguns dos seus bairros, a partir do seu histórico de uso e ocupação do solo, que devido ao crescimento urbano desregrado enfrentaram modificações na sua estrutura que acabaram desenvolvendo problemas de ordem socioambiental.

Quanto a temperatura de superfície, no período do verão os bairros de Casa Amarela, Parnamirim e Cordeiro apresentaram as maiores temperaturas médias, com valores acima dos 27°C, enquanto Poço da Panela e Engenho do Meio, as menores, com 25,76°C e 25,39°C, respectivamente. No inverno, os bairros de Cordeiro, Iputinga e

Torrões foram os que apresentaram maiores temperaturas médias, enquanto Casa Forte, Monteiro e Poço da Panela assinalaram as menores.

A presença de áreas verdes nos espaços urbanizados é de fundamental importância para a manutenção de um ambiente saudável, pois desempenham um importante papel como regulador da temperatura, e exercem diversas outras funções no ambiente urbano. Nesse contexto, na distribuição das áreas verdes urbanas, percebeu-se que a maior parte da vegetação encontrada, concentra-se às margens do Rio Capibaribe, ficando mais escassas à medida que nos afastamos desse ponto, ou nas áreas centrais e de extremidade de alguns bairros. Dentre os quais se destacaram os bairros de Monteiro, Santana e Poço da Panela que apresentaram uma cobertura de áreas verdes mais efetivas, demonstrando uma melhor relação entre áreas construídas e áreas verdes. Já os bairros de Engenho do Meio e Torrões, foram aqueles que proporcionalmente apresentam menos espaços com cobertura vegetal.

Na relação entre a temperatura de superfície e a cobertura vegetal, temos a seguinte associação quanto ao comportamento da temperatura: os ambientes que compreendem menos áreas verdes apresentaram temperaturas mais elevadas, evidenciando que a cobertura vegetal exerceu influência sobre a resposta da temperatura de superfície. Fato esse, notado com ainda mais contundência quando observadas as regiões que abrigam áreas verdes mais extensas, como as áreas de influência das UCN, dos Parques, de alguns IPAV, e até mesmo das praças, porém atuando de forma bem mais específica e localizada, onde foi possível notar que essas áreas demonstraram valores de temperatura bem mais amenos do que nas áreas do seu entorno próximo.

Por meio da classificação do uso e cobertura da terra foi possível identificar as feições da área de estudo, onde se observou massiva presença de áreas construídas, que, conforme verificado, foram responsáveis por apresentar altos registros de temperatura de superfície, sobretudo nas áreas cuja urbanização se mostrou mais adensada, rugosa, ou com pouca porosidade, e que possuem malha urbana com predomínio de vias impermeabilizadas, pavimentadas com asfalto, com intenso fluxo de veículos e transportes. Essas áreas compreendem, na sua maior parte, zonas com aglomerados de prédios, áreas de morros, ZEIS, áreas próximas a grandes avenidas, ou áreas com ocupações irregulares.

Essa problemática somente demonstra a importância do zoneamento como instrumento orientador de planejamento e para devida fiscalização do cumprimento dessas normas, a fim de assegurar a ocupação ordenada e equilibrada do espaço, ajustada com a paisagem e a capacidade das estruturas urbanas, valorizando a proteção do meio ambiente aliado com o desenvolvimento econômico e social de determinada região.

Nesta perspectiva, identificamos que a realidade da área de estudo caracteriza uma má distribuição destas áreas verdes, evidenciando um cenário de injustiça ambiental, em que, os acessos aos meios e recursos que promovem arrefecimento e amenização da temperatura estão mais restritos a regiões de maior renda.

No que concerne aos dados socioeconômicos e a sua relação com a temperatura, foi possível identificar, no tocante a densidade demográfica, que os bairros mais densos e mais populosos foram aqueles que sofreram mais com os efeitos danosos da temperatura. E na relação com a renda média por domicílio foi verificado uma correspondência inversamente proporcional que expõe, dentre outras coisas, uma triste realidade de injustiça ambiental, onde podemos ver que quanto menor a renda de um determinado local, maior tende a ficar a sua temperatura, ou o contrário.

7 Referências Bibliográficas

ANGEOLETTO, F.; SANTOS, J.W.M.C.; SANZ, J.P.R.; SILVA, F.F.; ALBERTÍN, R.M. Tipologia socio-ambiental de las ciudades medias de Brasil: aportes para um desarrollo urbano sostenible. *Urbe Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 8, n. 2, p. 272-287, 2016.

BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A relação entre ilhas de calor urbana, ocupação do solo e morfologia urbana na cidade do Recife. **Revista Geonorte**, São Paulo, v. 2, n. 5, ed. Especial 02, p. 65-76, 2012.

BASSO, J. M.; CORRÊA, R. S. Arborização urbana e qualificação da paisagem. **Paisagem e Ambiente: ensaios**, São Paulo, n. 34, p. 129-148, 2014.

BASTIAANSSEN, W. G. M.; PELGRUM H.; WANG, J.; MORENO, Y. M. J.; ROERINK, G. J.; VAN DER WAL T. The Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) 2. Validation. **Journal of Hydrology**, 21: 213-229, 1998.

CARVALHO, W. DOS S.; FILHO, F. J. C. M.; SANTOS, T. L. DOS. Uso e Cobertura do Solo Utilizando a Plataforma Google Earth Engine (Gee): Estudo De Caso Em Uma Unidade De Conservação / Land Use and Land Cover Using the Google Earth Engine Platform (Gee): Case Study in a Conservation Unit. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 15280–15300, 2021.

CORDEIRO, M. C. **Ilhas de calor urbanas no nordeste brasileiro: uma avaliação com base em imagens de satélite**. Orientador: Prof. Dr. Vicente de Paulo Rodrigues da Silva. 2016. 70 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2016.

COELHO, A. L. N.; CORREA, W. de S. C. Temperatura de superfície celsius do sensor TIRS/Landsat-8: metodologia e aplicações. **Revista Geográfica Acadêmica**, Espírito Santo, v. 7, n. 1, p. 31-45, 2013.

DUARTE, T. E. P. N. *et al.* Arborização urbana no Brasil: um reflexo de injustiça ambiental. **Terr@Plural**, Ponta Grossa, v. 11, n. 2, p. 291-303, 2017. DOI 10.5212/TerraPlural.v.11i2.0008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/321947261_Arborizacao_urbana_no_Brasil_um_reflexo_de_injustica_ambiental.

DUARTE, T. E. P. N. *et al.* Reflexões sobre arborização urbana: desafios a serem superados para o incremento da arborização urbana no Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá-PR, v. 11, n. 1, p. 327-341, 2018. DOI <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2018v11n1p327-341>. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/5022>.

FRANÇA, L. M. de A. *et al.* Análise do desconforto térmico causado pela ilha de calor urbana em um bairro do Recife-PE utilizando sensoriamento remoto. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, p. 6381-6388, 2015.

GOMES, M. A. S.; AMORIM, M. C. de C. T. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP). **CAMINHOS DE GEOGRAFIA**, Presidente Prudente-SP, v. 4, n. 10, p. 94-106, 2006.

GONÇALVES, A.; CAMARGO, L. S.; SOARES, P. F. Influência da vegetação no conforto térmico urbano: Estudo de caso na cidade de Maringá - Paraná. **Anais do III Simpósio de Pós-graduação em Engenharia Urbana (SIMPGEU)**, Maringá-PR, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Características urbanísticas do entorno dos domicílios**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. p. 1-175.

LIMA, José Rafael de. **O Plano Diretor do Recife: Do Zoneamento Funcional do Espaço a Segregação Socioespacial**. [S. l.], 2015. Disponível em: <https://fau.ufal.br/evento/pluris2016/files/Tema%204%20-%20Planejamento%20Regional%20e%20Urbano/Paper990.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2023.

MENDES, T. G. de L. *et al.* Avaliação de índices de conforto térmico ambiental nos bairros de Recife - Pernambuco (Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, Recife-PE, v. 4, n. 1, p. 137-147, 2018.

MENDES, T. G. de L. *et al.* Abordagem científica sobre ilhas de calor em Recife-PE. **Journal of Environmental Analysis and Progress (JEAP)**, Recife-PE, v. 4, n. 1, p. 01-13, 2018. DOI: 10.24221/jeap.4.1.2019.2058.001-013. Disponível em: www.jeap.ufrpe.br/.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Parques e Áreas Verdes**. [S. l.], 16 out. 2019. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/areas-verdes-urbanas/item/8051.html>.

MOREIRA, E. B. M.; GALVÍNIO, J. D. Análise multitemporal da ilha de calor urbana na cidade do Recife, através de imagens do Landsat TM-5. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 1441-1448, 2009.

MOREIRA, E. B. M. *et al.* Modelo SEBAL para estudos de clima intraurbano: aplicação em Recife, Pernambuco, Brasil. **RAEGA: O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba-PR, v. 39, p. 247-265, abr. 2017. DOI 10.5380/raega. Disponível em: revistas.ufpr.br/raega.

MOTA, F. P. *et al.* Google Earth Engine e sua aplicabilidade na gestão de recursos hídricos. **Anais do XI workshop de computação aplicada à gestão do meio ambiente e recursos naturais**, Porto Alegre-RS, p. 161-170, 2020. Evento Online. DOI <https://doi.org/10.5753/wcama.2020.11030>. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wcama/article/view/11030>.

NÓBREGA, R. S.; SANTOS, P. F. C.; MOREIRA, E. B. M. Morfologia urbana e ilhas de calor na cidade do Recife/PE: distribuição espacial e intensidade. **Revista de Geografia**, Recife-PE, v. 33, n. 4, p. 319-333, 2016.

OLIVEIRA, T. H. **Mudança espaço temporal do uso e cobertura do solo e estimativa do balanço de energia e evapotranspiração diária no município do Recife- PE**. Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Josiclêda Domiciano Galvínio. 2012. 154 p. Dissertação (Mestrado

em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Recife-PE, 2012.

OLIVEIRA, W. D.; FIALHO, E. A influência de fatores geomorfológicos na análise da Temperatura da Superfície Terrestre do município de Cariacica-ES. **Anais do XII ENANPEGE: Geografia, Ciência e Política: Do pensamento à ação, da ação ao pensamento**, Porto Alegre-RS, v. 1, ed. 1, 2017.

PINHEIRO, C. R.; SOUZA, D. D. A importância da arborização nas cidades e sua influência no microclima. **Revista Gestão Sustentável de Ambientes**, Florianópolis-SC, v. 6, n. 1, p. 67-82, 2017.

PIRES, E. G.; FERREIRA JR., L. G. Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e Landsat 8. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, p. 7421-7428, Abr. 2015, INPE.

SALLES, M. C. T; GRIGIO, A. M; SILVA, M. R. F. Expansão urbana e conflito ambiental: uma descrição da problemática do município de Mossoró, RN – Brasil. **Soc. & Nat.**, Uberlândia, v. 25, n. 2, p. 281-290, maio/ago 2013.

SANTIS, R. F. DE; REGODZINSKI, C. Análise da temperatura superficial terrestre no município de São José - SC a partir de imagens Landsat 8. **Metodologias e Aprendizado**, v. 1, n. 0, p. 12–16, 29 set. 2019.

SANTOS, T. O. **Identificação de ilhas de calor em Recife-PE por meio de sensoriamento remoto e dados meteorológicos de superfície**. 2011. 90 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Agrícola) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Rural Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

SHAMS, J.; GIACOMELI, D.; SUCOMINE, N. Emprego da arborização na melhoria do conforto térmico nos espaços livres públicos Juliana Cristina Augusto Shams 1 , Daniele Cristina Giacomeli 2 , Nivia Maria Sucomine 3. **REVSBAU, Piracicaba**, v. 3, p. 1–16, 2009.

SILVA, I. M. DA; GONZALEZ, L. R.; FILHO, D. F. DA S. Recursos Naturais De Conforto Térmico: Um Enfoque Urbano. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 6, n. 4, p. 35, 2011.

SILVA, M. R.; JARDIM, C. H. Influência da Topografia e Uso da Terra na Variação dos Elementos Climáticos em Belo Horizonte, Ibirité, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro – MG: O Segmento Temporal Entre 11 a 23/09/2016. **Revista do Departamento de Geografia - USP**, Belo Horizonte - MG, v. Volume Especial, eixo 3, p. 48-57, 2017. DOI: 10.11606/rdg.v0ispe.132753. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/132753>.

VIEIRA, C. I. de P. **Análise do uso e ocupação do solo no bairro de boa viagem na cidade de Recife-Pernambuco (1974-2013)**. 2020. 82 p. Dissertação (Mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação) - Pós-Graduação do Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2020.