



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS DE PALMAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**MARCOS SOUSA AGUIAR**

**ANÁLISE DO USO E COBERTURA DO SOLO EM  
PALMAS/TO A PARTIR DE IMAGENS DE  
SENSORIAMENTO REMOTO**

PALMAS/TO  
2025

**MARCOS SOUSA AGUIAR**

**ANÁLISE DO USO E COBERTURA DO SOLO EM  
PALMAS/TO A PARTIR DE IMAGENS DE  
SENSORIAMENTO REMOTO**

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas/TO, Curso de Engenharia Civil para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador<sup>a</sup>: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Valéria Maria Pereira Alves Picanço.

Coorientador<sup>a</sup>: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mariela Cristina Ayres de Oliveira.

Palmas/TO  
2025

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

A282a Aguilar, Marcos Sousa.

Análise do uso e cobertura do solo em Palmas/TO a partir de imagens de sensoriamento remoto. / Marcos Sousa Aguilar. – Palmas, TO, 2025.

109 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Civil, 2025.

Orientadora : Valéria Maria Pereira Alves Picanço

Coorientadora : Mariela Cristina Ayres de Oliveira Dominiqui

1. Conforto Térmico. 2. Ilhas de Calor urbano. 3. Engenharia Civil. 4. Sensoriamento Remoto. I. Título

**CDD 624**

---

**TODOS OS DIREITOS RESERVADOS** – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

MARCOS SOUSA AGUIAR

### **ANÁLISE DO USO E COBERTURA DO SOLO EM PALMAS/TO A PARTIR DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO**

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas, Curso de Engenharia Civil para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Banca Examinadora

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Valéria Maria Pereira Alves Picanço, UFT

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Mariela Cristina Ayres de Oliveira Dominiqui, UFT

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Maria Dilma de Lima, UFT

---

Prof. M.e. Pedro Igor Galvão Gomes, UFT

Palmas/TO, 2025

*Dedico este trabalho a Deus, presença silenciosa que ergueu pontes onde eu só via abismos, e que soprou luz nas noites em que meu próprio horizonte parecia desfeito. Ao meu eu do passado, viajante teimoso que caminhou entre ruínas e tempestades, guardando no peito a última centelha de fé mesmo quando o mundo insistia em escuridão. E à minha família, constelação que nunca deixou meu céu desabar, raízes que me sustentam e fonte onde renasço todas as vezes em que a vida ameaça me dispersar.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus não apenas como divindade, mas como presença que habita o silêncio, que se esconde nos detalhes do cotidiano, que me envolve quando tudo ao redor parece ruir. Deus, que não fala em voz alta, mas que sussurra esperança dentro da alma cansada.

A Ele, que foi meu Norte quando eu perdi todos os mapas; que me ergueu quando minhas forças se desmancharam entre noites longas e pensamentos turbulentos; que me sustentou quando eu mesmo não lembrava como respirar.

Agradeço porque, sem essa luz, eu teria me perdido no meio do caminho.

À minha família, agradeço a força que não precisa ser anunciada. Somos feitos do mesmo sangue e esse vínculo, mesmo quando tensionado pela vida, sempre encontra um jeito de se recompor.

Agradeço pelas mãos que, mesmo trêmulas, continuaram estendidas. Pelos abraços que vieram nos momentos em que eu não dizia uma palavra sequer. Por estarem aqui, simplesmente... por estarem.

A vida não é gentil o tempo todo, mas o amor deles sempre encontrou uma brecha para me alcançar.

Aos professores e à instituição que me acolheu, minha gratidão se estende para além das paredes da sala de aula. Vocês foram arquitetos e engenheiros de parte da pessoa que me tornei, moldando não somente o profissional, mas também o humano.

Cada desafio proposto, cada instigação intelectual, cada palavra que expandiu minhas fronteiras tudo isso me forjou, pouco a pouco, até o ponto em que eu posso olhar para trás e reconhecer o quanto cresci.

À minha terapeuta, agradeço de um lugar tão profundo que talvez as palavras não deem conta. Você me ensinou a olhar para mim sem a dureza habitual, a reconhecer meus escombros sem me confundir com eles.

Me mostrou que até o que doeu em mim merecia ser compreendido, não sufocado.

Agradeço pelo cuidado que ultrapassou técnica, pela paciência que abraça, pelo amor que cura sem jamais prometer perfeição.

Sem você, talvez eu tivesse permanecido preso nas sombras que acreditava serem eternas.

À orientadora Valéria Picanço, que soube transformar incertezas em clareza e cada inquietação em impulso para seguir. Sua paciência paciente que acolhe antes de orientar, deu

espaço para que minhas ideias respirassem, amadurecessem e encontrassem seu caminho. Com sensibilidade rara, lapidou cada detalhe, revelando possibilidades que eu não enxergaria sozinho. Este trabalho carrega sua marca silenciosa, porém luminosa, que guia sem impor e inspira sem exigir. Minha gratidão segue com a mesma intensidade com que sua orientação tocou esta jornada.

Agradeço à minha banca e a todos que contribuíram para este trabalho. Suas orientações e reflexões ampliaram meu olhar para além do cálculo e do concreto, permitindo que este estudo se tornasse mais sensível, completo e conectado à cidade e às pessoas.

Mas, acima de tudo, e talvez pela primeira vez com verdadeira consciência,  
eu agradeço a mim.

Agradeço  
ao eu que sangrou,  
ao eu que caiu,  
ao eu que rastejou entre dias difíceis  
e que, ainda assim, decidiu continuar.

Agradeço ao meu eu que, mesmo quando a mente gritava que eu era um fracasso, encontrou forças ocultas para acreditar que ainda existia vida pulsando dentro de mim.

A esse eu que se levantou quando ninguém viu.

Que chorou escondido, mas não desistiu.

Que sonhou quando tudo parecia estéril.

Agradeço pelas viagens esses respiros que me salvaram como quem encontra um oásis no meio de um deserto emocional, momentos em que pude me reencontrar, quando o ritmo da vida desacelerou o suficiente para que eu ouvisse meu próprio coração outra vez.

Agradeço ao meu eu que se permitiu ser frágil, porque só quem se percebe quebrado entende a grandeza de se reconstruir.

Agradeço pela coragem de estar vivo, mesmo nos dias em que isso parecia exigir mais do que eu tinha.

E agradeço, sobretudo, ao meu eu que, mesmo desacreditando tantas vezes do próprio potencial, ainda assim se mostrou.

O eu que ousou entrar na universidade não em um, mas em dois cursos de engenharia.

Agradeço pelos três períodos concluídos em Engenharia Ambiental, que me moldaram, me desafiaram e me prepararam.

E agradeço, com orgulho profundo, ao eu que finalmente alcançou o curso dos sonhos, apesar de todos os medos, quedas e tempestades.

Agradeço a mim pela persistência silenciosa, pela fé renascida e por nunca ter deixado de tentar.

Porque, sem esse eu ferido, teimoso e resiliente, nada disso existiria. E, por fim, agradeço à vida essa grande mestra que às vezes nos confronta, às vezes nos acolhe, mas que sempre, de algum modo, nos guia de volta para nós mesmos.

A vida que me concedeu novas chances, novos começos, novas formas de existir.

A vida que, mesmo quando eu não entendia os seus caminhos, permanecia ali, paciente, esperando que eu voltasse a acreditar nela.

A todos pessoas, encontros, dores, quedas, luzes, tardes silenciosas, risos inesperados a todos que atravessaram minha jornada, deixo minha gratidão mais sincera.

Porque cada passo, cada lágrima, cada ensinamento, cada toque e cada ausência construíram o que hoje entrego aqui: um trabalho, sim, mas, sobretudo, um renascimento.

## RESUMO

O presente trabalho analisou a relação entre a temperatura de superfície terrestre e o uso e cobertura do solo urbano na cidade de Palmas/TO, com ênfase na avaliação do conforto térmico urbano e na identificação das ilhas de calor. A pesquisa, inserida no campo da Engenharia Civil e Ambiental, buscou compreender como as decisões construtivas e o planejamento urbano influenciam o comportamento térmico das superfícies e, consequentemente, a qualidade de vida da população. Por meio da integração de dados orbitais do sensor ECOSTRESS e das classificações do MapBiomas (2023), foi possível mapear e quantificar as variações térmicas intraurbanas, relacionando-as aos diferentes padrões de ocupação e densidade construtiva. A pesquisa caracteriza-se como aplicada, de abordagem quantitativa e natureza descritiva e explicativa, utilizando o método hipotético-dedutivo para testar a hipótese de que áreas mais adensadas e impermeáveis apresentam maior desconforto térmico. Os resultados indicaram que Palmas-Sul apresentou as maiores temperaturas médias, associadas à urbanização horizontal e à baixa presença de vegetação, enquanto as áreas do Brejo Comprido e da Orla da Graciosa mostraram temperaturas mais amenas devido à influência do lago e à arborização planejada. Contudo, os efeitos de resfriamento são localizados e resultam de intervenções antrópicas e não de ambientes naturais preservados. A pesquisa contribui para a Engenharia Civil ao estratégias de planejamento urbano que visem à mitigação das ilhas de calor e ao aprimoramento do conforto térmico em cidades tropicais.

**Palavras-chaves:** Conforto térmico. Ilhas de calor urbano. Engenharia civil. Sensoriamento remoto. Planejamento urbano.

## ABSTRACT

This study analyzed the relationship between land surface temperature and urban land use and cover in Palmas, Tocantins, emphasizing the assessment of urban thermal comfort and the identification of heat islands. The research, framed within the field of Civil and Environmental Engineering, sought to understand how construction decisions and urban planning directly influence the thermal behavior of urban surfaces and, consequently, the population's quality of life. By integrating ECOSTRESS satellite data with MapBiomas (2023) classifications, it was possible to map and quantify intra-urban thermal variations, correlating them with different land-use patterns and building densities. The study is classified as applied research, adopting a quantitative approach and a descriptive and explanatory nature, and employs the hypothetical-deductive method to test the hypothesis that denser and more impermeable areas exhibit higher levels of thermal discomfort. The results revealed that South Palmas recorded the highest average temperatures, associated with horizontal urban expansion and low vegetation cover, whereas the Brejo Comprido and Orla da Graciosa areas displayed milder temperatures influenced by the lake and planned afforestation. However, the cooling effects observed were localized and derived from anthropogenic interventions rather than preserved natural ecosystems. The research contributes to Civil Engineering by providing technical support for the development of materials, construction methods, and urban planning strategies aimed at mitigating heat islands and enhancing thermal comfort in tropical cities.

**Key-words:** Thermal comfort. Urban heat islands. Civil engineering. Remote sensing. Urban planning.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – EXEMPLIFICAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DOS DADOS MATRICIAIS .....	23
FIGURA 2 – RASTER BÁSICO .....	23
FIGURA 3 – CROQUI DE QUADRA RESIDENCIAL COM HABITAÇÕES UNIFAMILIARES E MULTIFAMILIARES .....	30
FIGURA 4 – ILUSTRAÇÃO DE USO DAS ÁREAS DE LAZER E CULTURA (ALCs) COM A VISTA PARA O LAGO DA CIDADE DE PALMAS/TO .....	31
FIGURA 5 – ESPAÇO URBANO, CONFORME A LEI Nº 386/1993.....	33
FIGURA 6 – PLANO DIRETOR PARTICIPATIVO DE PALMAS, INSTITUÍDO PELA LEI Nº 155/2007.....	35
FIGURA 7 – EDIFÍCIO PALMAS I .....	36
FIGURA 8 – CORRELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA MÉDIA (2023) E USOS DO SOLO NATURAIS Vs. ANTRÓPICOS NA CIDADE DE PALMAS/TO EM 04 / 09 / 2023 .....	66
FIGURA 9 – CORRELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA MÉDIA (2023) E USOS DO SOLO NATURAIS Vs. ANTRÓPICOS NA CIDADE DE PALMAS/TO EM 04 / 09 / 2023 .....	66
FIGURA 10 – USO DO SOLO EM PALMAS (2023) .....	68
FIGURA 11 – FAIXAS DE TEMPERATURAS EM PALMAS (2023) .....	70
FIGURA 12 - COMPARATIVO DE TEMPERATURAS MÉDIAS POR TIPOLOGIA URBANA DE PALMAS (2024) .....	71
FIGURA 13 – PONTOS DE ESTAÇÃO EM PALMAS/TO (INMET – 2023) .....	72
FIGURA 14 – TEMPERATURA POR HORA (INMET – 2023) .....	73
FIGURA 15 – TEMPERATURA POR HORA (INMET – 2023) .....	73
FIGURA 16 – CORRELAÇÃO GLOBAL ENTRE TEMPERATURA MÉDIA .....	77
FIGURA 17 – CORRELAÇÃO GLOBAL ENTRE TEMPERATURA MÉDIA – ARNO .....	78
FIGURA 18 – CORRELAÇÃO GLOBAL ENTRE TEMPERATURA MÉDIA – ARSE .....	79
FIGURA 19 – CORRELAÇÃO GLOBAL ENTRE TEMPERATURA MÉDIA – ARNE .....	79
FIGURA 20 – CORRELAÇÃO GLOBAL ENTRE TEMPERATURA MÉDIA – ARSO .....	80
FIGURA 21 – CORRELAÇÃO GLOBAL ENTRE TEMPERATURA MÉDIA – PALMAS- SUL.....	80

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 – PALMAS: ÍNDICES URBANÍSTICO PARA HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR CONFORME LEI N° 386/1993 .....	32
TABELA 2 – PALMAS: ÍNDICES URBANÍSTICO PARA EDIFICAÇÕES NAS ÁREAS DE COMÉRCIO E SERVIÇO CENTRAL (AC) E URBANO (ACSU), CONFORME LEI N° 386/1993 .....	32
TABELA 3 – COMPARATIVO DIDÁTICO FOCADO NA EVOLUÇÃO MICROCLIMÁTICAS DOS SENsoRES .....	49
TABELA 4 – TIPOLOGIA DE USO DO SOLO .....	68

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

UFT	Universidade Federal do Tocantins
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
CT	Conforto Térmico
IC	Ilhas de Calor
ICU	Ilhas de Calor Urbano
TST	Temperatura da Superfície Terrestre
SR	Sensoriamento Remoto
RE	Resolução Espacial
RT	Resolução Temporal
SC	Santa Catarina
DF	Distrito Federal
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ALC	Área de Lazer e Cultura
NE	Nordeste
SE	Noroeste
SO	Sudoeste
AR	Área Residencial
ACS	Área de Comércio e Serviço
AC	Área de Comércio e Serviço Central
ACSU	Área de Comércio e Serviço Urbano
QC	Área de Comércio e Serviço Local
ASR	Área de Comércio e Serviço Regional
ACSV	Área de Comércio e Serviço Vicinal
AE	Área de Equipamentos
AV	Área Verde
AA	Áreas Administrativas
AR	Áreas Residenciais
UHE	Usina Hidrelétrica
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climática
°C	Celsius

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	16
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA .....	18
1.1.1 HIPÓTESE .....	19
1.1.2 DELIMITAÇÃO DE ESCOPO .....	19
1.1.3 JUSTIFICATIVA .....	19
1.2 OBJETIVOS .....	20
1.2.1 OBJETIVO GERAL .....	21
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
1.3 METODOLOGIA .....	21
1.3.1 METODOLOGIA DA PESQUISA .....	22
1.3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	22
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	26
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	28
2.1 CONCEPÇÃO DE PALMAS/TO .....	28
2.1.1 A VERTICALIZAÇÃO NA LEI Nº 386 DO ANO DE 1993 .....	31
2.1.2 O PROCESSO DE VERTICALIZAÇÃO DE PALMAS .....	36
2.1.3 ABERTURA PARA EDIFÍCIOS ALTOS E AS FASES DA VERTICALIZAÇÃO EM PALMAS .....	38
2.1.4 FLEXIBILIZAÇÃO PELA REVISÃO DO PLANO DIRETOR DE PALMAS .....	39
2.2 VERTICALIZAÇÃO URBANA .....	41
2.2.1 O PARQUE CESAMAR, A BACIA DO BREJO COMPRIDO E A EXPANSÃO DA VERTICALIZAÇÃO ATÉ A ORLA DA GRACIOSA.....	42
2.3 IMPACTOS DA CRIAÇÃO DO LAGO PARA A CIDADE DE PALMAS .....	44
2.4 MACROCLIMA URBANO .....	45
2.5 MESOCLIMA URBANO .....	46
2.6 MICROCLIMA URBANO .....	47
2.7 INTRODUÇÃO AO SENSORIAMENTO REMOTO .....	49
2.7.1 ECOTRESS, MICROCLIMA E A EVOLUÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS .....	49
2.7.2 O VÍNCULO COM A EVOLUÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS .....	50
2.8 ESTUDO DE CASO COMPARATIVOS .....	51
2.8.1 BALNÉARIO CAMBORIÚ (SC, BRASIL) .....	51
2.8.1.1 CLIMA E CONTEXTO HISTÓRICO – BALNEÁRIO CAMBORIÚ .....	51
2.8.1.2 IMPACTOS AMBIENTAIS DA VERTICALIZAÇÃO - BALNEÁRIO CAMBORIÚ .....	51

2.8.1.3 COMPARATIVO COM PALMS/TO E RECOMENDAÇÕES PARA O PLANEJAMENTO URBANO .....	52
2.8.2 BRASÍLIA (DF, BRASIL) .....	52
2.8.2.1 CLIMA E CONTEXTO HISTÓRICO – BRASÍLIA .....	52
2.8.2.2 IMPACTOS AMBIENTAIS DA VERTICALIZAÇÃO – BRASÍLIA .....	53
2.8.2.3 COMPARATIVO COM PALMAS/TO E RECOMENDAÇÕES PARA O PLANEJAMENTO URBANO .....	53
2.8.3 SINGAPURA .....	54
2.8.3.1 CLIMA E CONTEXTO URBANO – SINGAPURA .....	55
2.8.3.2 IMPACTOS ESTRATÉGICO DA INFRAESTRUTURA URBAN .....	55
2.8.3.3 COMPARATIVO COM PALMAS/TO E RECOMENDAÇÕES PARA O PLANEJAMENTO URBANO .....	55
2.9 ILHAS DE CALOR .....	56
2.9.1 ORIGEM E MECANISMO DE FORMAÇÃO .....	57
2.9.2 CONSEQUÊNCIAS DAS ILHAS DE CALOR URBANO .....	58
2.10 A IMPORTÂNCIA DOS VENTOS PARA O MICROCLIMA URBANO .....	59
2.10.1 COMO A VERTICALIZAÇÃO ATUA COMO BARREIRA PARA OS VENTOS .....	59
2.11 A IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE MICROCLIMÁTICA POR BACIAS HIDROGRÁFICAS .....	60
2.11.1 O PAPEL MICROCLIMÁTICO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS .....	61
2.11.2 A RELAÇÃO ENTRE A VERTICALIZAÇÃO E AS ALTERAÇÕES MICROCLIMÁTICAS .....	61
2.11.3 ÁREAS ESTRATÉGICAS: PARQUE CESAMAR E ORLA DA GRACIOSA .....	62
2.11.4 A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO URBANO SUSTENTÁVEL .....	62
2.10 IMPACTOS AMBIENTAIS E CLIMÁTICOS – VERTICALIZAÇÃO .....	63
3 RESULTADOS E ANÁLISE .....	65
3.1 GRADIENTE TÉRMICO URBANO EM PALMAS/TO: INFLUÊNCIA DO USO DO SOLO E DAS INFRAESTRUTURAS PLANEJADAS.....	65
3.2 PADRÕES ESPACIAIS DE TEMPERATURA E USO DO SOLO .....	65
3.3 CORRELAÇÃO POR TIPOLOGIA DE USO DO SOLO .....	67
3.4 A INTENSIFICAÇÃO DO CALOR EM PALMAS-SUL E O CONTRASTE COM A ORLA DA GRACIOSA E O BREJO CUMPRIDO .....	69
3.4.1 INTERPRETAÇÃO MICROCLIMÁTICA (INMET/ECOTRESS) .....	72
3.4.2 LIÇÕES DOS ESTUDOS DE CASO INTERNACIONAIS E NACIONAIS: ALERTAS E ACERTOS APLICÁVEIS A PALMAS .....	76

3.5 ANÁLISE MICROCLIMÁTICAS DENSA DA CORRELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA MÉDIA (2023) E USOS NATURAIS VS. USOS ANTRÓPICOS NA REGIÕES ADMINISTRATIVAS DE PALMAS - TO .....	77
3.5.1 O COMPORTAMENTO POR REGIÃO: MICROCLIMAS DISTINTOS, ESTRUTURAS URBANAS DISTINTAS .....	77
3.5.2 INTEGRAÇÃO CLIMÁTICA E COMPORTAMENTO TÉRMICO URBANO .....	81
3.5.3 IMPLICAÇÕES PARA ENGENHARIA CIVIL E PLANEJAMENTO BIOCLIMÁTICO .....	81
3.6 SÍNTESE E IMPLICAÇÕES URBANAS .....	82
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	83
4.1 CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO .....	84
4.2 TRABALHOS FUTUROS .....	85

## 1 INTRODUÇÃO

Palmas, concebida como a capital mais jovem do Brasil, nasceu de um gesto ousado: erguer no centro do Cerrado uma cidade planejada que conciliasse modernidade, racionalidade urbana e respeito à paisagem natural. Traçada inicialmente por Luís Fernando Cruvinel Teixeira e Walfredo Antunes de Oliveira Filho, a cidade foi pensada como um organismo vivo, articulado por grandes eixos estruturantes, quadras ortogonais, amplas áreas verdes e a presença essencial de três elementos que se tornariam pilares da sua identidade: o Lago, a região central, e os corredores ambientais naturais, entre eles o antigo Brejo Comprido, hoje Parque Cesamar (GRUPOQUATRO,1993).

O plano urbano foi estruturado em grandes regiões Norte, Sul, Leste e o Centro Geométrico, cada uma com função específica na dinâmica da capital. A porção sul do território, conhecida como Palmas-Sul, foi originalmente projetada para receber uma ocupação mais espaçada, com quadras amplas, forte presença de vegetação nativa e ruas pensadas para acomodar a expansão futura sem comprometer a ventilação natural. Na outra direção, o Brejo Comprido, antes de se tornar o Parque Cesamar, representava o coração ambiental do plano diretor. Sua vegetação densa, sua umidade natural e sua posição estratégica na topografia foram reconhecidas como vitais para garantir equilíbrio térmico, drenagem e circulação dos ventos tornando-se um dos principais “pulmões” da cidade.

Com a inauguração da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães, uma nova paisagem se impôs ao desenho urbano: um lago artificial de mais de 600 km<sup>2</sup>. O espelho d’água transformou profunda e definitivamente o microclima da capital, modulando ventos, aumentando a umidade local e criando brisas lacustres que suavizam parcialmente o calor típico da região. Às margens desse novo limite natural formou-se a Orla da Graciosa, idealizada inicialmente como espaço de lazer, contemplação e baixa densidade construtiva, onde os moradores pudessem experimentar a cidade em diálogo direto com o lago.

Contudo, o tempo se encarregou de tensionar a relação entre o plano original e as pressões contemporâneas. A expansão populacional, o aumento do valor fundiário e a busca por novas centralidades urbanas conduziram a cidade a um processo progressivo de verticalização, especialmente na Orla da Graciosa. Em poucos anos, torres residenciais de alto padrão emergiram diante do lago, introduzindo no cenário urbano uma nova rugosidade, alterando vistas, interrompendo fluxos naturais de vento e provocando mudanças significativas no microclima local indo contra os planejamentos dos arquitetos Luiz Fernando Cruvinel e Walfredo Antunes de Oliveira Filho, Integrantes do GrupoQuatro.

Se, por um lado, Palmas-Sul continua como espaço em expansão, ganhando novos loteamentos, áreas impermeabilizadas e estrutura viária cada vez mais consolidada, por outro, o Parque Cesamar resiste como enclave ecológico. Ele funciona como regulador térmico, corredor de ventilação e amortecedor climático sua vegetação e umidade contrastam com os grandes bolsões de calor formados em regiões densamente urbanizadas. Entre esses dois extremos o natural e o completamente urbanizado a Orla desponta como palco onde a verticalização encontra o lago, produzindo uma transformação que ultrapassa a estética e alcança a esfera climática, ambiental e social.

Palmas está inserida em um macroclima tropical sazonal, marcado por dois períodos bem definidos: um verão úmido, com elevada nebulosidade, e um inverno seco, onde predominam temperaturas elevadas e baixa umidade relativa do ar. Nesse contexto, o equilíbrio entre forma urbana, vegetação, altura das edificações e permeabilidade do solo torna-se crucial para o conforto térmico. A substituição de áreas permeáveis por superfícies impermeáveis, somada ao adensamento vertical e ao uso intensivo de materiais de alta absorção térmica, intensifica o aquecimento de superfícies e favorece a formação de ilhas de calor urbanas fenômeno amplamente documentado pela climatologia urbana (OKE,1987).

Nas regiões próximas ao lago, a verticalização impõe um segundo desafio: a interrupção das brisas lacustres, fundamentais para a renovação do ar e para a redução da sensação térmica. Já em áreas abertas e pouco verticalizadas, como partes de Palmas-Sul, observam-se comportamentos térmicos diferentes, muitas vezes marcados por maior ventilação, porém também por altas temperaturas em superfícies expostas Silva e Sousa (2019). No Cesamar, o comportamento é inverso: a densa massa vegetal e o regime de sombreamento contínuo atuam como mecanismos naturais de mitigação térmica.

Essa heterogeneidade microclimática, marcada pelo encontro entre áreas naturais, regiões em expansão e setores verticalizados, exige ferramentas robustas de análise. Nesse sentido, técnicas de sensoriamento remoto em especial os produtos de temperatura de superfície do sensor ECOSTRESS oferecem uma oportunidade ímpar de compreender como a forma urbana de Palmas influencia seu comportamento térmico. A integração entre esses dados e informações de uso e cobertura do solo (como as do MapBiomas) permite revelar, com precisão espacial e temporal, como cada região da cidade absorve, reflete, redistribui e armazena energia térmica.

Dessa forma, investigar o microclima de Palmas não é apenas um exercício acadêmico, mas uma necessidade estratégica. A cidade vive um momento decisivo, em que suas escolhas urbanísticas determinarão a qualidade de vida das próximas décadas. Entender o

impacto da verticalização na Orla, o papel climático do Cesamar, a dinâmica térmica de Palmas-Sul e a influência do lago sobre a sensação térmica são passos fundamentais para construir uma cidade que cresça sem renunciar ao conforto ambiental e à integração com seu ecossistema.

Neste contexto, esta pesquisa se dedica a analisar, de forma aprofundada, como o processo de verticalização, especialmente na Orla da Graciosa altera o microclima urbano de Palmas. Para isso, considera-se a cidade como um organismo complexo, marcado pela convivência entre áreas naturais preservadas, setores em rápida expansão e regiões densamente urbanizadas. Assim, busca-se compreender as múltiplas expressões térmicas da capital, suas relações com a forma urbana e suas implicações para o planejamento climático e para a Engenharia Civil.

Ao revelar esses processos, este trabalho pretende contribuir para a construção de um urbanismo mais sensível, atento às condições ambientais e comprometido com a sustentabilidade. Em uma cidade onde o calor é elemento cotidiano e inevitável, entender o microclima não é apenas ciência é responsabilidade, política pública e cuidado com a vida.

## 1.1 Problema de pesquisa

O processo de crescimento urbano acelerado e a verticalização da cidade de Palmas/TO, especialmente nas imediações da Orla da Graciosa, têm levantado preocupações relevantes relacionadas ao impacto dessas transformações sobre o microclima local. A construção de edifícios de grande porte em regiões antes mais abertas e arborizadas pode interferir diretamente na circulação natural dos ventos, alterar a absorção de calor e umidade, comprometendo o conforto térmico urbano. Esses efeitos tendem a se intensificar quando o crescimento se dá de maneira desordenada, sem um planejamento urbano que considere as condições ambientais naturais e o equilíbrio entre espaço construído e espaço livre.

A relevância do tema está diretamente relacionada à qualidade ambiental urbana, ao bem-estar da população e à sustentabilidade do crescimento urbano. Trata-se de um problema em aberto, pois, embora haja estudos nacionais sobre os impactos da verticalização em áreas urbanas, há ainda uma lacuna significativa quando se trata de análises específicas voltadas especificamente à cidade de Palmas, com destaque para a Orla da Graciosa, que tem passado por um processo intenso de valorização e ocupação imobiliária.

Visando o conforto térmico e a qualidade ambiental, pergunta-se: De que forma a verticalização a Orla da Graciosa em Palmas/TO influencia o microclima da região.

### 1.1.1 Hipótese

Acredita-se que a verticalização da Orla da Graciosa tem provocado alterações significativas no Microclima urbano, como o aumento das temperaturas, a formação de ilhas de calor e a redução da ventilação natural. Pode ser que esses impactos sejam agravados pela ausência de diretrizes urbanísticas eficazes que considerem as características ambientais locais e a escassez de estudos locais que embasem políticas públicas sustentáveis, resultando em menor conforto térmico e em prejuízos à qualidade de vida da população residente e usuária da região.

### 1.1.2 Delimitação de Escopo

Este trabalho tem como foco analisar as influências da verticalização da Orla da Graciosa, em Palmas/TO, sobre o microclima urbano, com ênfase na identificação de alterações térmicas, circulação de ventos e conforto ambiental decorrentes do crescimento vertical. A pesquisa será limitada ao recorte geográfico cidade de Palmas/TO com foco na Orla da Graciosa e áreas adjacentes, considerando dados climáticos, mapeamentos urbanos e revisão bibliográfica relacionada aos efeitos da urbanização em ambientes tropicais.

Serão abordadas questões do código de obra e plano diretor atualizado da cidade e dados disponíveis em bancos de dados públicos, pesquisas acadêmicas e imagens de satélite.

### 1.1.3 Justificativa

O crescimento acelerado nas cidades brasileiras tem provocado diversas transformações no espaço construído, muitas vezes acompanhadas por processos de verticalização que desconsideram as características ambientais locais e os parâmetros de planejamento urbano sustentável. Em Palmas/TO, a verticalização recente e concentrada nas áreas nobres, como regiões próximas ao brejo comprido e especialmente na Orla da Graciosa, tem gerado impactos significativos sobre o microclima urbano, afetando diretamente a circulação de ventos, a temperatura ambiente e o conforto térmico dos habitantes e visitantes.

Estudos como os de Monteiro (1976) e Amorim et al. (2012) destacam que a urbanização desordenada, somada à verticalização intensa, contribui para a formação de ilhas de calor, alterações nos fluxos de ventilação e mudanças microclimáticas que comprometem a qualidade ambiental urbana. Nesse sentido, torna-se urgente compreender os efeitos

específicos da verticalização sobre o microclima em áreas com potencial turístico e ecológico, como é o caso da Orla da Graciosa, cuja ocupação deveria priorizar usos sustentáveis e de baixo impacto.

A relevância social desta pesquisa se justifica pela necessidade de garantir qualidade de vida à população, por meio do controle dos impactos ambientais da verticalização. Do ponto de vista organizacional e institucional, a pesquisa pode subsidiar políticas públicas e diretrizes de planejamento urbano mais eficientes, contribuindo para a atualização do Código de Obras e do Plano Diretor da cidade. Do ponto de vista acadêmico, o trabalho busca preencher uma lacuna existente nos estudos específicos sobre Palmas/TO, oferecendo com uma análise fundamentada e contextualizada dos efeitos da verticalização sobre o microclima urbano.

A solução proposta, que envolve a análise dos impactos da verticalização com base em dados climáticos, imagens de satélite e revisão bibliográfica, é viável e aplicável tanto para diagnósticos quanto para o direcionamento de políticas públicas. Seu diferencial está na delimitação espacial focada na Orla da Graciosa e na articulação entre aspectos urbanísticos e ambientais, conforto térmico (CT) – Dentro do ambiente e ilhas de calor (IC) – Analisar, mapear e propor soluções que pode oferecer uma nova perspectiva para o desenvolvimento sustentável da cidade.

Embora existam estudos nacionais sobre os efeitos da verticalização, há uma escassez de investigações específicas sobre a cidade de Palmas/TO, especialmente com foco na Orla da Graciosa, o que confere na originalidade e relevância acadêmica a esta pesquisa.

## 1.2 Objetivos

Esta seção tem como finalidade apresentar os objetivos que nortearão a pesquisa, buscando compreender de forma clara e fundamentada os efeitos da verticalização na Orla da Graciosa, sob a perspectiva do microclima urbano e do conforto térmico. Os objetivos foram formulados com base no problema de pesquisa levantado e orientam na metodologia proposta neste trabalho de conclusão de curso, sendo essenciais para o desenvolvimento e alcance dos resultados esperados.

### 1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar as influências da verticalização da Orla da Graciosa sobre o microclima urbano e a influência da disposição dos empreendimentos verticais nas ilhas de calor e na qualidade ambiental da região.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

1. Identificar as principais alterações antes e depois microclimáticas, como temperatura, ventilação e sombreamento, decorrentes da presença de edificações verticais na região estudada;
2. Analisar, por meio de dados climáticos e imagens de satélite, as mudanças ambientais e térmicas da Orla da Graciosa antes e após o processo de verticalização;
3. Verificar a conformidade das edificações verticais com o Plano Diretor e o Código de Obras em Palmas/TO, quanto aos parâmetros urbanísticos e ambientais;
4. Comparar os efeitos da verticalização em Palmas com outras cidades brasileiras e internacionais que enfrentam desafios semelhantes;
5. Sugerir diretrizes e recomendações urbanísticas que minimizem os impactos negativos da verticalização no Microclima da região e promover o conforto térmico sustentável.

## 1.3 Metodologia

A metodologia adotada nesta pesquisa fundamenta-se em uma abordagem espacial, quantitativa e aplicada, com o objetivo de analisar a relação entre temperatura de superfície terrestre (TST) e uso e cobertura do solo urbano em Palmas/TO, correlacionando esses fatores à percepção de conforto térmico urbano.

O estudo parte de uma perspectiva ontológica realista crítica, reconhecendo que a realidade urbana é socialmente construída, mas observável e quantificável por meio de indicadores físicos e ambientais.

Do ponto de vista epistemológico, a pesquisa adota uma postura empírico-analítica, em que o pesquisador atua como observador sistemático da realidade, buscando explicações causais e relações objetivas entre variáveis ambientais, urbanas e térmicas.

Assim, o conhecimento produzido é de natureza aplicada, voltado à solução de problemas concretos da cidade, em especial, a mitigação do desconforto térmico e a melhoria da qualidade ambiental urbana.

### 1.3.1 Metodologia da Pesquisa

Sob a ótica do método científico, o trabalho utilizou o método hipotético-dedutivo, partindo da hipótese de que o aumento da temperatura superficial está diretamente associado à intensidade da urbanização e à ausência de infraestrutura verde contínua.

A partir dessa hipótese, foram deduzidas relações esperadas entre as variáveis temperatura média e percentual de uso do solo e posteriormente testadas com base em dados reais de 2023.

Quanto à natureza: trata-se de uma pesquisa aplicada, pois busca gerar conhecimento útil para o planejamento urbano e ambiental de Palmas, oferecendo subsídios técnicos para políticas públicas de conforto térmico e mitigação de calor urbano.

Quanto à forma de abordagem: caracteriza-se como pesquisa quantitativa, pois baseia-se em medições numéricas, análises estatísticas (correlação de Pearson) e modelagem espacial para explicar fenômenos térmicos urbanos observáveis.

Quanto aos objetivos: classifica-se como pesquisa descritiva e explicativa. É descritiva por apresentar o comportamento espacial das variáveis térmicas e de uso do solo, e explicativa por identificar relações de causa e efeito entre o tipo de cobertura urbana e o aumento ou redução da temperatura superficial.

A abordagem integra conceitos da climatologia urbana, geotecnologias e engenharia ambiental, visando compreender como o ambiente construído interfere no conforto térmico e na sensação térmica local.

O recorte temporal concentrou-se no ano de 2023, assegurando coerência entre os dados térmicos e o uso do solo vigente.

### 1.3.2 Procedimentos Metodológicos

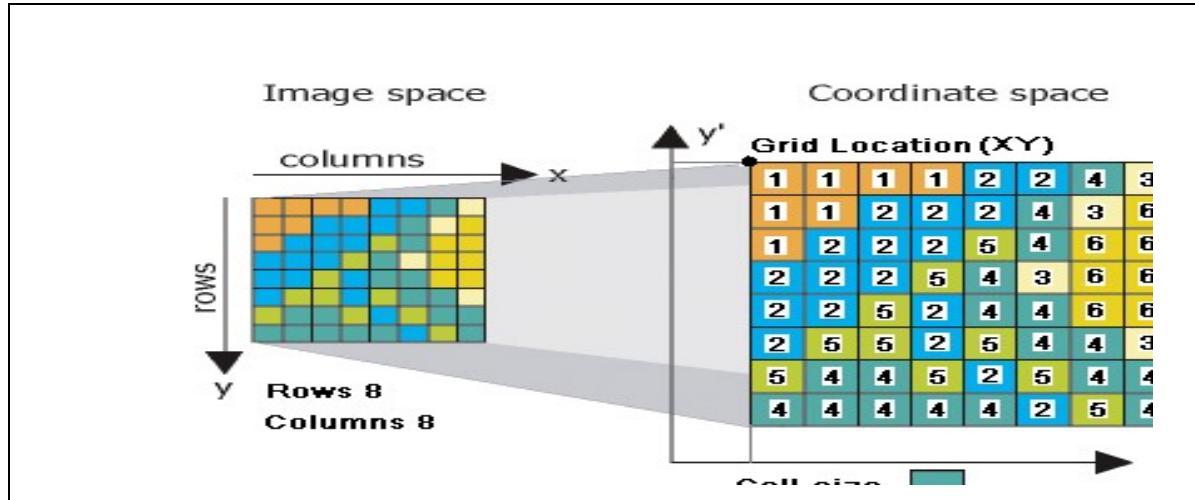
O trabalho foi estruturado em etapas sucessivas e interdependentes, organizadas de forma a garantir rastreabilidade, precisão espacial e coerência temporal entre os dados de temperatura e de uso do solo. Seguiram o plano a seguir:

Etapa 1 – Levantamento de dados e fontes

Foram utilizados três conjuntos principais de dados, organizados em formato matricial (raster) e vetorial. Essa distinção é importante, pois cada tipo representa a informação de forma diferente:

- Dados Matriciais (Raster): Organizados em células (pixels), em que cada célula possui um valor numérico – por exemplo, temperatura.

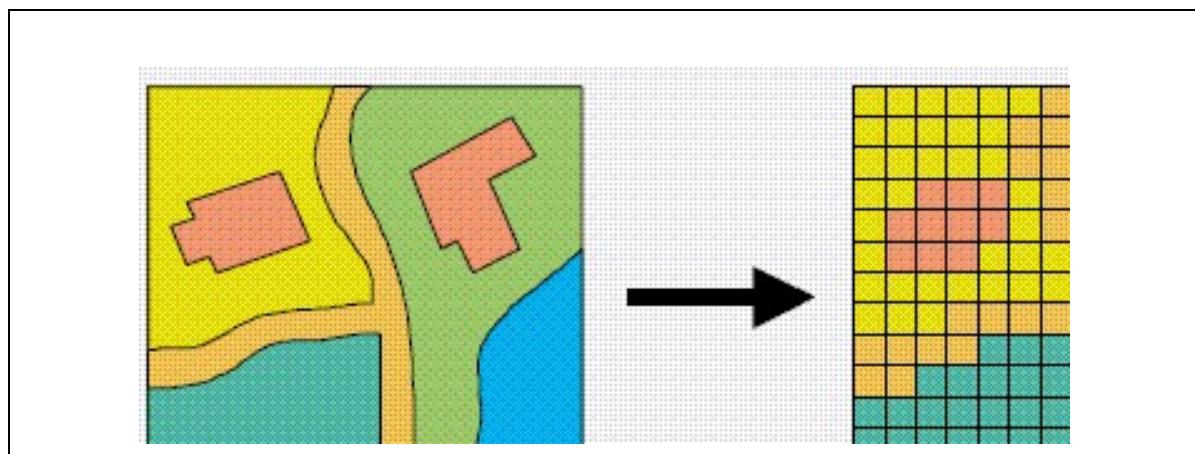
Figura 1- Exemplificação do Funcionamento dos dados matriciais



Fonte: ESRI (2025).

- Dados Vetoriais: Organizados em geometrias (pontos, linhas ou polígonos), usadas para representar limites urbanos, quadras, lotes etc.

Figura 2 – Raster Básico.



Fonte: ESRI (2025).

#### Conjuntos de dados utilizados

- Temperatura de Superfície Terrestre (LST) proveniente do sensor ECOSTRESS (produto ECOv002\_L2T\_LSTE), com resolução espacial entre 70 e 100 m, convertido de Kelvin para graus Celsius através da calculadora raster  $^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$ .

- ◆ No caso de dados matriciais como o ECOTRESS, cada célula do raster corresponde a um valor de temperatura, ou seja, o sensor mede a energia térmica e transforma em temperatura superficial pixel a pixel.
- ◆ Fonte: NASA (2023).
- Uso e cobertura do solo – MAPBIOMAS Coleção 2 (10m, 2023).
  - ◆ Os dados foram utilizados em forma de raster e posteriormente reclassificados em categorias simplificadas de usos antrópicos e semiantrópicos (Áreas verdes e hídricas planejadas).
  - ◆ Fonte: Projeto MapBiomas (dados referentes ao ano de 2023).
- Base vetorial das quadras e glebas urbanas de Palmas.
  - ◆ Esta camada é utilizada para delimitar a malha urbana, permitindo cruzar os dados matriciais (como temperatura) com os limites reais da cidade.
  - ◆ Exemplo: cada quadra representa um polígono vetorial, que pode ser intersectado com o raster de temperatura para calcular médias, máximas e mínimas dentro do perímetro.
  - ◆ Fonte: GEOPALMAS (2018).

Todos os dados foram reprojetados para o sistema SIRGAS 2000 / UTM 22S (EPSG:31982), assegurando compatibilidade espacial.

#### Etapa 2 – Pré-processamento e integração espacial

As quadras urbanas de Palmas foram extraídas do mapa base municipal e associadas aos valores médios de temperatura obtidos pelo ECOSTRESS, através de ferramentas de análise espacial, a saber: *Surface information*, ferramenta que coleta os valores matriciais de uma determinada área e retorna o valor máximo, médio e mínimo da variável analisada,

A integração entre temperatura e uso do solo foi feita por meio de operações espaciais de sobreposição (overlay), utilizando bibliotecas *geopandas*, *rasterio*, *numpy* e *pandas*.

#### Etapa 3 – Classificação temática e agrupamento

As classes do MapBiomas foram reagrupadas conforme a natureza da cobertura:

Usos antrópicos: área urbanizada, pastagem, lavoura temporária, mosaico de usos e áreas não vegetadas;

Usos semiantrópicos (verdes e hídricos planejados): corpos d'água artificiais, formações vegetais manejadas e áreas úmidas implantadas.

Essa distinção permitiu interpretar as áreas verdes e hídricas de Palmas não como “naturais”, mas como infraestruturas ambientais artificiais com função mitigadora do calor.

#### Etapa 4 – Análise estatística e correlação térmica

Foi aplicada a Correlação de Pearson ( $r$ ) entre a temperatura média das quadras e o percentual de cada classe de uso.

A correlação de Pearson foi utilizada para avaliar o grau de associação linear entre as variáveis analisadas. Esse coeficiente varia de  $-1$  a  $+1$ , indicando tanto a intensidade quanto a direção da relação: valores positivos representam associações diretas, enquanto valores negativos apontam para associações inversas. Valores próximos de zero sugerem ausência de relação linear significativa. Essa abordagem permite identificar padrões de co-variação entre os indicadores e verificar se alterações em uma variável tendem a ocorrer de forma proporcional em relação à outra.

Foram gerados mapas temáticos, gráficos de dispersão e mosaicos térmicos para representar a distribuição espacial das temperaturas médias.

#### Etapa 5 – Interpretação, síntese e análise crítica

A interpretação dos resultados considerou:

A influência do tipo de ocupação sobre o conforto térmico urbano;

As diferenças entre aquecimento horizontal (Palmas-Sul), aquecimento verticalizado (Orla da Graciosa) e zonas de frescor (Brejo Cumprido);

Os impactos ambientais e sociais do desconforto térmico, incluindo consumo energético, qualidade de vida e desigualdade climática urbana.

#### Etapa 6 – Ferramentas e reproduzibilidade

Foram utilizadas as bibliotecas geopandas, rasterio, matplotlib, numpy, pandas, mapclassify e shapely, garantindo transparência e replicabilidade do processo.

Todos os scripts, shapefiles e mapas foram organizados em diretórios hierárquicos para rastreamento das etapas (02 Sensores Térmicos, 03 Dados Tratados, 04 Gráficos).

O procedimento adotado assegura que o método possa ser replicado em outras cidades brasileiras, adaptando-se à disponibilidade de dados.

#### Retorno à sociedade e aplicabilidade

Os resultados desta pesquisa têm aplicação direta no planejamento urbano, ambiental e de engenharia da cidade de Palmas.

As informações produzidas podem subsidiar:

1 - Projetos de mitigação térmica (arborização, pavimentação fria, telhados verdes e corredores de ventilação);

2 - Planejamento de novas áreas urbanas com base em critérios de conforto térmico; e desenvolvimento de soluções de engenharia voltadas à redução das ilhas de calor.

Dessa forma, a metodologia não apenas atendeu aos objetivos propostos, mas também estabeleceu uma base técnica replicável para pesquisas futuras sobre conforto térmico e planejamento climático urbano.

Foram utilizadas as bibliotecas geopandas, rasterio, matplotlib, numpy, pandas, mapclassify e shapely, garantindo transparência, padronização e replicabilidade em todas as etapas do processamento e análise espacial. Todos os scripts, shapefiles e mapas foram organizados em diretórios hierárquicos específicos (02 Sensores Térmicos, 03 Dados Tratados e 04 Gráficos) permitindo rastreamento claro do fluxo de trabalho e reproduzibilidade integral dos procedimentos.

Foi também aplicada uma etapa de clusterização, método não supervisionado que agrupa unidades espaciais com características semelhantes. Utilizou-se uma clusterização padrão em ambiente Python, considerando a temperatura média das quadras para formar grupos térmicos distintos. Esse procedimento permitiu identificar padrões de aquecimento e segmentar a malha urbana de Palmas em áreas com comportamentos térmicos semelhantes, posteriormente comparadas às classes de uso e cobertura do solo.

O método adotado foi estruturado de modo a permitir sua aplicação em outras cidades médias brasileiras, dependendo apenas da disponibilidade dos dados de entrada. Essa organização facilita a expansão da abordagem para análises comparativas ou estudos regionais mais amplos, mantendo consistência técnica entre diferentes contextos urbanos.

Quanto ao retorno à sociedade e à aplicabilidade prática, os resultados desta pesquisa apresentam utilidade direta para o planejamento urbano, ambiental e de engenharia da cidade de Palmas. As informações geradas podem subsidiar projetos de mitigação térmica, como arborização, pavimentação de alta refletância, telhados verdes e corredores de ventilação, além de orientar o planejamento de novas áreas urbanas com base em critérios de conforto térmico. Também contribuem para o desenvolvimento de materiais construtivos e soluções de engenharia voltadas à redução das ilhas de calor.

Dessa forma, a metodologia não apenas atende aos objetivos propostos, mas estabelece uma base técnica robusta e replicável para pesquisas futuras sobre conforto térmico, planejamento climático urbano e estratégias adaptativas em cidades brasileiras.

#### **1.4 Estrutura Da Monografia**

Esta monografia está organizada em quatro capítulos, estruturados de forma lógica e sequencial, de modo a apresentar de maneira clara o tema, os fundamentos teóricos, os

métodos adotados e os resultados obtidos sobre os impactos da verticalização da Orla da Graciosa no microclima urbano de Palmas/TO.

#### Capítulo 1 – Introdução

Apresenta a contextualização geral da pesquisa, descrevendo a formação urbana de Palmas, o cenário recente de verticalização e suas possíveis implicações microclimáticas. São expostos o problema de pesquisa, a hipótese, os objetivos gerais e específicos, a justificativa e a metodologia adotada. Também são definidos o recorte espacial e temporal da análise.

#### Capítulo 2 – Fundamentação Teórica

Reúne os principais conceitos e estudos que embasam o trabalho. São abordados temas como: formação urbana de Palmas, verticalização, microclima urbano, ilhas de calor, influência dos ventos, papel das bacias hidrográficas, impactos ambientais da verticalização e estudos de caso nacionais e internacionais. Esse capítulo estabelece o arcabouço teórico que fundamenta a análise realizada.

#### Capítulo 3 – Resultados e Análise

Apresenta os resultados obtidos a partir dos dados de temperatura de superfície (ECOSTRESS), das informações de uso e cobertura do solo (MapBiomass) e dos processamentos espaciais realizados. O capítulo analisa os padrões térmicos de Palmas, compara regiões específicas (Palmas-Sul, Brejo Comprido e Orla da Graciosa) e discute como a verticalização impacta a circulação de ventos, a sensação térmica e a formação de ilhas de calor. Também integra reflexões provenientes dos estudos de caso apresentados no capítulo anterior.

#### Capítulo 4 – Considerações Finais

Sintetiza os principais achados da pesquisa, relacionando-os aos objetivos iniciais. São apresentadas as contribuições do estudo para o planejamento urbano e para a Engenharia Civil, bem como recomendações para políticas públicas e futuras pesquisas. O capítulo encerra apontando caminhos para o aprimoramento de estratégias climáticas e urbanísticas em cidades tropicais planejadas como Palmas.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo tem como objetivo apresentar os principais conceitos, discussões teóricas sobre a verticalização urbana e estudos já publicados que tratam deste assunto, com ênfase em seus impactos ambientais e influências em áreas urbanas e, especialmente em regiões sensíveis, com características ecológicas e climáticas particulares.

### 2.1 Concepção de Palmas/TO

A cidade de Palmas/TO não surgiu de forma orgânica como a maioria das cidades, sua criação foi fruto de planejamento urbano, sendo construída para ser a capital do estado do Tocantins. O estado do Tocantins foi desmembrado do estado de Goiás pela Constituição Federal de 1988, e sua atual capital foi fundada sete meses após a fundação do estado, em 20 de maio de 1989, até então sediada por Miracema do Tocantins. Por decisão do então governador Siqueira Campos, ao debater a nova sede, buscou-se respeitar a topografia local, privilegiando e enfatizando suas belezas naturais (PALMAS, 1993).

A criação de Palmas insere-se em um contexto histórico de reorganização territorial e de busca por desenvolvimento regional. Diferente de outras capitais brasileiras que cresceram a partir de núcleos coloniais, Palmas foi concebida sob uma lógica moderna de planejamento, semelhante à de Brasília, embora com escala e objetivos distintos. A nova capital foi planejada para ser não apenas um centro administrativo, mas também um polo de integração socioeconômica do norte do país, visando equilibrar as desigualdades regionais e atrair investimentos para o recém-criado estado do Tocantins.

Palmas tornou-se a capital com o objetivo de centralizar os poderes administrativos. Sua construção do zero implicou um planejamento urbano moderno e simétrico, além de servir como um grande polo de desenvolvimento e atração de investimentos para a região, impulsionando ainda mais sua economia (Oliveira e Menezes, 2019). O traçado urbano, baseado em eixos bem definidos e na setorização de usos, refletia ideais modernistas de racionalidade e funcionalidade, característicos do urbanismo brasileiro da segunda metade do século XX.

A cidade se destaca por apresentar o maior índice de crescimento populacional em todo o país (MENDONÇA, 2011). Seu projeto foi desenvolvido pelos arquitetos Luiz Fernando Cruvinel e Walfredo Antunes de Oliveira Filho, integrantes do GrupoQuatro, equipe responsável pela elaboração do plano urbano inicial. Segundo Antunes (2019), um dos

projetistas, a cidade foi concebida para um desempenho multifuncional, com um traçado que otimizava as funções administrativas e urbanas. No entanto, o mesmo autor já alertava para a “liberalidade excessiva” na concessão de usos não previstos, indicando um potencial comprometimento da funcionalidade dos espaços no futuro, à medida que a cidade se ocupasse.

Essa observação de um dos idealizadores do projeto é particularmente relevante para a presente pesquisa, pois reflete as preocupações atuais com o desenvolvimento da Orla da Graciosa uma área que, conforme o projeto original, não previa a verticalização e que atualmente abriga empreendimentos de grande porte. O descompasso entre a proposta inicial e a realidade construída demonstra como as pressões econômicas e imobiliárias podem reconfigurar a paisagem urbana planejada, gerando impactos ambientais e sociais significativos.

No início do seu planejamento, as áreas de interesse social eram compostas por casas térreas isoladas em lotes distribuídos em diversas regiões da cidade (OLIVEIRA & MENEZES, 2019). Essa tipologia visava assegurar baixa densidade, conforto térmico e integração com áreas verdes, princípios fundamentais do projeto original. Entretanto, com o avanço da urbanização e a valorização imobiliária, essas diretrizes foram progressivamente flexibilizadas.

Com a aprovação do Plano Diretor Norte de 2007 (Lei Complementar nº 155), a aplicação da outorga onerosa alterou significativamente o padrão de verticalização no contexto urbano. Esse instrumento urbanístico possibilitou o aumento do potencial construtivo mediante contrapartidas financeiras, favorecendo a produção de edifícios verticais e o adensamento de áreas valorizadas. De acordo com Oliveira & Menezes (2019, p. 171).

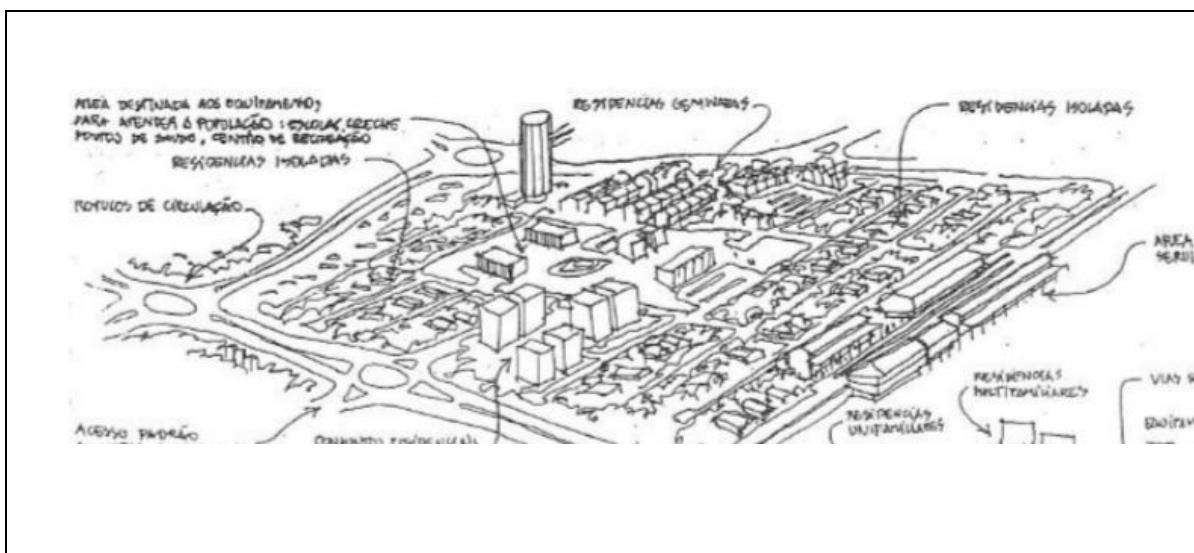
[...] Tem-se no primeiro período a produção de edifícios verticais localizados prioritariamente na região central de Palmas, equivalente a primeira fase de ocupação do plano. No segundo período, essa produção continua a ter significativa concentração nessa região, porém inicia um importante alastramento no sentido norte-sul, próximo ao eixo viário principal central (Av. Teotonio Segurado), em especial na região centro-leste. No terceiro e mais recente período, a localização dos edifícios continua com tendências anterior surgindo com um pouco mais de interesse nas bardas da cidade [...] (OLIVEIRA & MENEZES, 2019, p.171)

Essa evolução mostra uma tendência de expansão da verticalização para áreas periféricas e de lazer, incluindo a Orla da Graciosa, que passa a ser alvo de empreendimentos residenciais e comerciais de alto padrão. Com essa atualização de 2007, incrementou-se a possibilidade habitacional para classes de maior poder aquisitivo em localizações privilegiadas da cidade.

No que se refere às habitações multifamiliares, o projeto inicial orientava que fossem localizadas nas bordas das quadras, próximas ao sistema viário secundário da malha ortogonal, para que houvesse uma melhoria no fluxo do tráfego (GRUPOQUATRO, 1989). O projeto sempre visou a harmonia no conjunto das edificações, de modo que não foram previstos edifícios muito altos (acima de 15 ou 16 pavimentos), pois o plano buscava uma composição equilibrada, com massas edificadas menores e intercaladas (GRUPOQUATRO, 1989).

No que diz respeito às quadras residenciais (Figura 3), foram atribuídas algumas regras sobre densidade, existência de comércios vicinais, locais de culto e equipamentos urbanos de uso coletivo, como postos de saúde, creches e escolas (GRUPOQUATRO, 1989). Cada quadra possuía liberdade construtiva dentro de parâmetros pré-definidos, com a exigência de possuir duas entradas voltadas para vias secundárias (GRUPOQUATRO, 1989; OLIVEIRA, 2014).

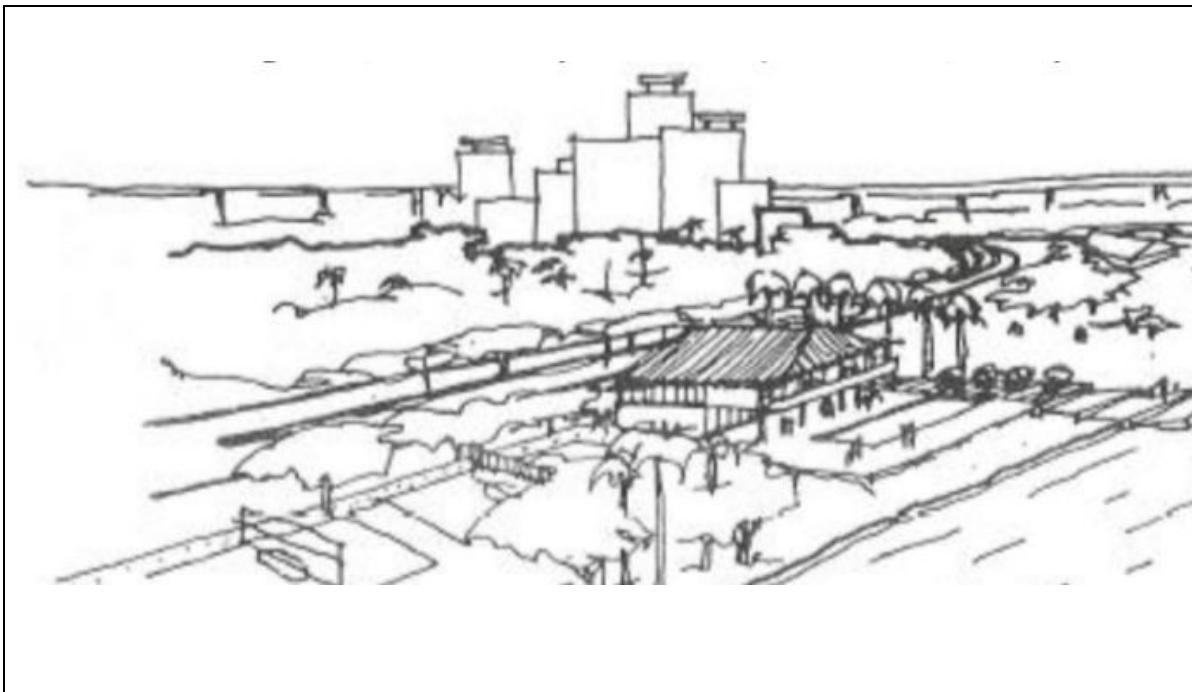
Figura 3 – Croqui de quadra residencial com habitações unifamiliares e multifamiliares.



Fonte: GRUPOQUATRO (1989),s/p.

Em relação às áreas próximas ao Lago de Palmas denominadas Áreas de Lazer e Cultura (ALCs), conforme apresentado na Figura 4, sua localização foi projetada para possuir baixa densidade de ocupação, garantindo boa visibilidade e acesso da população ao lago, aos parques públicos e aos equipamentos de lazer existentes (GRUPOQUATRO, 1989). Ou seja, o projeto original não previa a verticalização nessa área, seja para empreendimentos comerciais ou residenciais, reforçando o caráter paisagístico e ambiental dessas zonas.

Figura 4 – Ilustração de uso das Áreas de Lazer e Cultura (ALCs) com a vista para o Lago da cidade de Palmas/TO.



Fonte: GRUPOQUATRO (1989),s/p.

No entanto, a crescente valorização imobiliária da Orla da Graciosa nas últimas décadas tem desafiado essas diretrizes originais, promovendo a ocupação vertical e a substituição de áreas verdes por empreendimentos de alta densidade. Esse processo tem implicações diretas sobre o microclima urbano, a ventilação natural e a sensação térmica, aspectos fundamentais para a sustentabilidade ambiental da capital planejada. Assim, compreender a trajetória de Palmas, do ideal planejado à realidade construída, torna-se essencial para analisar as consequências da verticalização e suas influências no conforto térmico e na paisagem urbana da Orla da Graciosa.

#### 2.1.1 A verticalização na Lei Nº 386 do ano de 1993

De acordo com a Lei nº 386 (PALMAS, 1993), que dispõe sobre as zonas de uso do município, foram definidos diferentes tipos construtivos permitidos em cada área da cidade. Essa legislação estabeleceu critérios específicos de ocupação e uso do solo, baseando-se nas diretrizes previamente fixadas pelo projeto original da capital (GRUPOQUATRO, 1989).

A estrutura urbana de Palmas foi organizada em quatro grandes setores: Nordeste (NE), Sudeste (SE), Noroeste (NO) e Sudoeste (SO), cada um deles subdividido em zonas de uso distintas. As áreas definidas pela lei foram: Área Residencial (AR); Área de Comércio e

Serviço (ACS), subdividida em Área de Comércio e Serviço Central (AC), Área de Comércio e Serviço Urbano (ACSU), Área de Comércio e Serviço Local (QC), Área de Comércio e Serviço Regional (ASR) e Área de Comércio e Serviço Vicinal (ACSV); Área de Cultura e Lazer (ALC); Área de Equipamentos (AE); Área Verde (AV) e Área Administrativa (AA) (PALMAS, 1993).

Em conformidade com o projeto urbanístico da capital, a referida lei permitiu a presença de edificações coletivas em todas as Áreas Residenciais (AR), conforme apresentado na Figura 3. Essas edificações foram classificadas em dois tipos: Multifamiliar I e Multifamiliar II. As edificações Multifamiliares I deveriam respeitar uma taxa máxima de ocupação de 40% e um índice de aproveitamento máximo de 1,5, enquanto as edificações Multifamiliares II apresentavam uma taxa máxima de ocupação de 30%, com índice de aproveitamento máximo de 2,0.

Tabela 1 – Palmas: Índices urbanístico para habitação multifamiliar conforme lei nº 386/1993.

Indice Urbanístico	Multifamiliar II	Multifamiliar I
Taxa de Ocupação Máxima	40%	30%
Índice de Aproveitamento Máximo	1,5	2,0

Fonte: PALMAS (1993).

Para as Áreas de Comércio e Serviço Central (AC) e Urbano (ACSU), além do uso originalmente previsto no projeto, permitiu-se também o uso de residencial, sendo sua taxa de ocupação maiores, possibilitando a construção de edifícios mais altos.

Tabela 2 – Palmas: Índices urbanístico para edificações nas áreas de comércio e Serviço Central (AC) e Urbano (ACSU), conforme lei nº 386/1993.

Indice Urbanístico	Área de comércio e Serviço Central (AC)	Área de comércio e Serviço Urbano (ACSU)
Taxa de Ocupação Máxima	100% Térreo e 1º 50% demais andares	50% Térreo e 1º andar e 30% demais andares
Índice de Aproveitamento Máximo	2,5	2 para habitação multifamiliar 3,5 a 4 para os demais usos

Fonte: PALMAS (1993).

Sendo mapeada conforme a zona de uso do espaço urbano em conformidade com a lei nº 386/1993. Nas demais zonas de uso, não eram permitidas habitações verticais, podendo ter

no máximo edificações de 2 pavimentos, considerando seu pé-direito de 2.60 metros ou 3 metros, conforme sugere o código de obras (PALMAS, 2014).

A Lei nº 45, de 22 de março de 1990, que implica sobre o Código Municipal de Obras, passou a vigorar na sua integra como lei complementar de Nº 305 do dia 02 de outubro de 2014 (PALMAS, 2014), conforme a Figura 5.

Figura 5 – Espaço urbano, conforme a lei nº 386/1993.



Fonte: PALMAS, 1993. OLIVEIRA, 2014. Reedição: Rodrigues 2015

Em relação à verticalização, não houve alterações significativas, uma vez que o Plano Diretor Urbanístico de Palmas (PALMAS, 1994) manteve as diretrizes já estabelecidas no projeto original da cidade (GRUPOQUATRO, 1989).

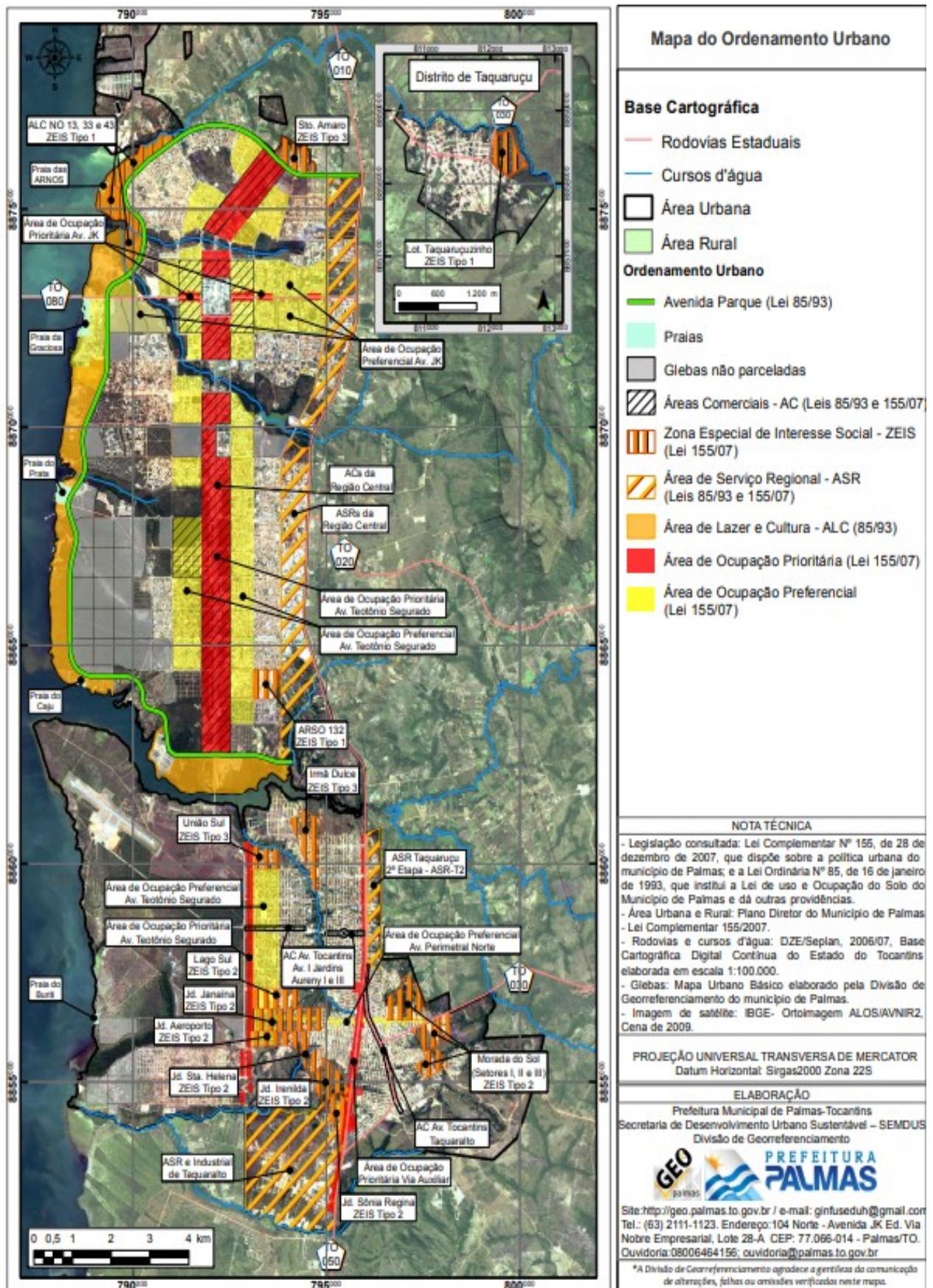
Quanto à altura das edificações, embora o projeto da capital tenha sugerido parâmetros ideais para construções nas áreas residenciais e comerciais, é importante destacar que, desde o início, não foram fixados gabaritos limitando a altura máxima dos edifícios. Essa ausência de restrição ocorreu porque o plano urbanístico adotou o princípio da flexibilidade, priorizando a densidade ideal das quadras definida em 300 habitantes por hectare (GRUPOQUATRO, 1989). Assim, tanto a Lei nº 386/1993, que estabeleceu as zonas de uso, quanto a Lei nº 468/1994, que aprovou o Plano Diretor Urbanístico de Palmas, mantiveram essa diretriz, sem introduzir limites específicos quanto à altura das edificações.

Observa-se, contudo, que a Região Sul da área urbana de Palmas, denominada neste estudo como *Palmas-Sul*, situada ao sul do Ribeirão Taquarussu Grande, não foi contemplada pela Lei nº 386/1993. A regulamentação do uso e ocupação do solo nessa porção da cidade foi instituída apenas posteriormente, por meio da Lei nº 94/2004, que introduziu o conceito de Níveis de Incomodidade (NI) como parâmetro para disciplinar as atividades permitidas em cada zona (PALMAS, 2004). Esses níveis variam de zero a seis, representando o grau de impacto que determinada atividade pode exercer sobre áreas de habitação unifamiliar (PALMAS, 2004).

Conforme o art. 7º da Lei nº 94/2004, os índices urbanísticos que regulam a ocupação do solo em Palmas passaram a ser definidos com base no nível de incomodidade dos lotes em relação ao sistema viário (PALMAS, 2004). Para os níveis NI-0, NI-1 e NI-2, foram adotados coeficientes de aproveitamento e taxas de ocupação mais restritivas, estabelecendo altura máxima de 8 metros para as edificações. Já nas áreas classificadas como NI-3 a NI-6, foi permitida a construção de edificações com até 25 metros de altura (PALMAS, 2004). Até a promulgação dessa lei, a região de Palmas-Sul não possuía regulamentação específica sobre edificações, uma vez que tanto o Código de Obras (Lei nº 45/1990) quanto o Plano Diretor de 1994 não detalhavam índices urbanísticos aplicáveis às quadras e lotes (PALMAS, 1990; PALMAS, 1994).

Com a promulgação do Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001), tornou-se obrigatória a revisão dos instrumentos de planejamento urbano, o que levou à elaboração do Plano Diretor Participativo de Palmas, instituído pela Lei nº 155/2007 (PALMAS, 2007), conforme Figura 6. Este novo plano, além de definir diretrizes urbanas em seu art. 12, reorganizou o perímetro urbano da capital em dez áreas estruturantes, conforme os artigos 21 a 24 (PALMAS, 2007). A reformulação buscou alinhar o crescimento da cidade aos princípios da função social da propriedade e da sustentabilidade ambiental, introduzindo mecanismos de controle mais integrados sobre o uso do solo e o processo de verticalização.

Figura 6 - Plano Diretor Participativo de Palmas, instituído pela Lei nº 155/2007.



Fonte: PALMAS (2007).

### 2.1.2 O Processo de Verticalização de Palmas

O processo de verticalização em Palmas teve início de forma tímida entre os anos de 1989 e 2000, estendendo-se com maior intensidade no período de 2001 a 2010 (MARCELY, 2016). Até o final da década de 2000, haviam sido registradas 47 edificações verticais, das quais 42 possuíam entre três e quatro pavimentos, e apenas cinco edifícios apresentavam entre cinco e sete pavimentos, destacando-se o Edifício Palmas I, o mais alto dessa fase inicial, conforme Figura 7.

Além desses, foram identificados outros 22 edifícios sem data precisa de construção, sendo que 20 apresentavam três pavimentos e dois possuíam quatro pavimentos (RODRIGUES, 2015).

Figura 7 – Edifício Palmas I.



Fonte: INTERNET

A setorização inicial dessas construções ocorreu predominantemente nas Áreas de Comércio e Serviço Central (AC) e nas Áreas Administrativas (AA), que juntas somavam um

total de 28 edificações. A Avenida Teotônio Segurado e as Áreas de Comércio e Serviço Urbano (ACSU) receberam nove edifícios, o mesmo número observado nas Áreas Residenciais (AR).

Na região de Palmas-Sul, foi registrado apenas um edifício, construído em 1993. Essa distribuição revela que as primeiras edificações verticais se concentraram nas áreas mais valorizadas e planejadas da cidade, refletindo o padrão inicial de ocupação urbana.

Grande parte dos edifícios sem registro preciso de data localiza-se nas proximidades da Praça dos Girassóis, especialmente nas Áreas de Comércio e Serviço Central (AC). Esse padrão reforça a ideia de que, no início da formação da cidade, o foco estava mais voltado à construção do que à regularização fundiária, como aponta Rodovalho (2012, p. 93): “*as pessoas estavam mais preocupadas em construir do que legalizar seus lotes*”.

Entre 2001 e 2010, ocorreu uma expansão expressiva da verticalização urbana, com o registro de 271 novas edificações. O marco desse período foi o Edifício Lago Azul, localizado na Arse 41 (atual 404 Sul), com 16 pavimentos, próximo ao Parque Cesamar. Essa região se tornou um dos principais focos do mercado imobiliário, que soube explorar o que Corrêa (1995) denomina de “amenidade ambiental”, ou seja, a valorização imobiliária decorrente da proximidade com áreas verdes e de lazer.

A concentração de novas construções deslocou-se significativamente para as Áreas Residenciais (AR), que passaram a abrigar 203 edifícios (RODRIGUES, 2015). Um caso que merece destaque é a construção de um edifício de três pavimentos em uma Área de Serviço Regional (ASR), local onde originalmente não eram permitidas construções acima de 8 metros (RODRIGUES, 2015).

De modo geral, a verticalização até o ano de 2010 foi marcada pela predominância de edifícios de pequeno porte, com até quatro pavimentos, não exigindo, portanto, a instalação de elevadores, conforme previsto no Código de Obras de Palmas (Lei nº 45/1990).

[..] 2º Será obrigatória a instalação de elevadores nas edificações de mais de 5 (cinco) pavimentos, compreendido o térreo, e contatos a partir deste, num só sentido, e naqueles em que a distância vertical, medida a partir da soleira do acesso principal até o piso do último pavimento, excede a 10,00m (dez metros), para efeito de elevadores, a 15,00m (quinze metros) para efeito de escadas de incêndio[...] (CÓDIGO DE EDIFICAÇÕES PALMAS, 2012)

Entretanto, a partir desse período, já se observava uma tendência de crescimento vertical mais acentuado, com edifícios ultrapassando cinco pavimentos e atingindo alturas médias entre cinco e quinze pavimentos, como exemplificado pelo Edifício Lago Azul.

### 2.1.3 Abertura para Edifícios Altos e as Fases da Verticalização em Palmas

O planejamento urbanístico original de Palmas, elaborado pelo Grupo Quatro (1988), concebeu uma cidade de ocupação compacta e adensada, com densidade média estimada entre 300 e 350 habitantes por hectare. O projeto não previa a construção de edifícios muito altos especialmente aqueles com mais de 15 ou 16 pavimentos —, pois buscava garantir uma “massa menor” e a alternância de edificações, promovendo a harmonia visual e a boa integração urbana. A proposta previa ainda um crescimento em fases, expandindo-se do centro para as bordas, de modo a assegurar o uso racional da infraestrutura existente e o controle do adensamento (BAZZOLI, 2019).

Entretanto, a ocupação da cidade não seguiu as diretrizes estabelecidas no plano inicial. Conforme Bazzoli (2019), o planejamento foi gradualmente descaracterizado por ações governamentais e pela pressão do mercado imobiliário. A estratégia de implantação por etapas, partindo do núcleo central, “foi logo rompida pelo governo estadual”, resultando na ocupação simultânea de áreas periféricas. Como consequência, a região de expansão urbana sul, projetada para ser ocupada apenas após cerca de 50 anos, foi intensamente adensada já nos três primeiros anos após a fundação da cidade (BAZZOLI, 2019).

Esse processo de ocupação desordenada gerou uma dispersão espacial significativa, com núcleos urbanos descontínuos e a formação de vazios urbanos centrais. O crescimento territorial de Palmas, portanto, mostrou-se muito mais acelerado que o crescimento populacional, o que comprometeu a eficiência do uso do solo urbano. Enquanto o plano original previa uma densidade de 300 habitantes por hectare, em 2017 a densidade real era de apenas 25,1 habitantes por hectare, evidenciando uma subutilização da infraestrutura existente (BAZZOLI, 2019).

A abertura para edifícios mais altos e a flexibilização das regras de verticalização estão diretamente associadas às revisões do Plano Diretor de Palmas, especialmente a de 2018. Essa revisão “alterou substancialmente o critério de ocupação da cidade, possibilitando o alargamento dos espaços urbanos” (BAZZOLI, 2019). Ainda que o Plano Diretor Participativo de 2007 (Lei Complementar nº 155) tenha, de forma inédita, reduzido o perímetro urbano, convertendo parte da área de expansão norte em zona rural, a revisão de 2018 reverteu essa diretriz, ampliando novamente o perímetro e introduzindo o conceito de zona de transição rural-urbana.

Contudo, conforme ressalta Bazzoli (2019), essa ampliação ocorreu sem a devida base técnica, carecendo de estudos de impacto urbano e ambiental que justificassem a medida.

Além disso, o processo foi criticado pela falta de transparência e pela limitada participação social, contrariando o princípio participativo previsto no Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001).

Essas mudanças, impulsionadas por pressões setoriais e interesses político-econômicos, favoreceram a proliferação de empreendimentos verticais em áreas não previstas no projeto original. Tal processo rompeu com a coerência urbanística pensada para a capital, gerando uma “fuga da harmonia” e contribuindo para a especulação imobiliária e a fragmentação do espaço urbano (BAZZOLI, 2019).

#### 2.1.4 Flexibilização pela Revisão do Plano Diretor de Palmas

As transformações desencadeadas pela revisão do Plano Diretor de 2018 repercutiram de forma direta sobre a configuração urbana e paisagística de Palmas, com destaque para as áreas de maior valorização imobiliária, como a Orla da Praia da Graciosa. A ampliação do perímetro urbano e a flexibilização das normas de uso e ocupação do solo favoreceram a instalação de empreendimentos verticais de alto padrão em regiões anteriormente destinadas ao lazer e à preservação ambiental, alterando significativamente o perfil urbano e microclimático da cidade.

Nesse contexto, a Orla da Graciosa se consolida como um símbolo da nova fase de verticalização em Palmas, onde os efeitos da expansão imobiliária antes restritos ao centro e à região sul passam a incidir sobre zonas ambientalmente sensíveis e fundamentais para a regulação térmica e ventilação natural da capital. Assim, compreender os impactos da verticalização nessa área torna-se essencial para avaliar as implicações microclimáticas e ambientais do atual modelo de desenvolvimento urbano adotado pela cidade.

A Lei Complementar nº 400, de 2 de abril de 2018, que revisou o Plano Diretor Participativo de Palmas, representou uma abertura significativa para a verticalização e o crescimento urbano desordenado, contrariando os princípios originais de planejamento e, em muitos aspectos, a própria vontade popular (PALMAS, 2018).

De acordo com Bazzoli (2019), essa flexibilização ocorreu por diversos mecanismos institucionais e políticos que alteraram substancialmente as diretrizes urbanísticas da capital. Primeiramente, a alteração dos critérios de ocupação foi decisiva: a nova lei “alterou substancialmente o critério de ocupação da cidade, possibilitando o alargamento dos espaços urbanos” (BAZZOLI, 2019). Essa mudança representou uma quebra de paradigma na estrutura de crescimento de Palmas, permitindo a expansão da malha urbana para áreas antes

protegidas ou destinadas ao uso rural, o que favoreceu a inserção de edificações verticais em novas zonas da cidade.

Além disso, a expansão urbana foi aprovada sem fundamentação técnica adequada. Bazzoli (2019) aponta que a revisão “criou novos espaços urbanos e alargou a possibilidade do crescimento da cidade sem apresentar estudos que fundamentem a medida”. Essa ausência de embasamento técnico especialmente de estudos de impacto ambiental e urbanístico abriu espaço para um processo de adensamento descontrolado e verticalização em áreas ambientalmente sensíveis, como as proximidades do Parque Cesamar e da região do Brejo Cumprido, zonas de drenagem natural e relevância ecológica para o equilíbrio climático e hídrico da capital.

Outro ponto marcante foi a criação das Zonas de Transição Rural-Urbana, uma nova categoria territorial que “estabelece áreas de expansão urbana nas faixas norte e leste, denominadas de espaço territorial de transição rural-urbana” (BAZZOLI, 2019). Apesar de definidas como zonas de “transição”, sua designação como áreas de expansão urbana abriu caminho para empreendimentos verticais e condomínios fechados em locais que originalmente possuíam vocação rural ou de preservação ambiental.

A revisão de 2018 também desconsiderou a vontade popular expressa no Plano Diretor de 2007, o qual havia reduzido o perímetro urbano com base em critérios de sustentabilidade e controle da expansão (PALMAS, 2007). Bazzoli (2019) enfatiza que a nova lei “não respeitou integralmente a vontade popular e alterou itens considerados prioritários para a cidade”, ferindo “os princípios e objetivos do próprio Plano Diretor e a vontade expressa da população”.

Outro aspecto crítico diz respeito à influência política e econômica no processo de revisão. Conforme a autora, houve “movimentações políticas e econômicas constantes para o alargamento do perímetro urbano”, em um contexto no qual interesses imobiliários se sobrepujaram ao planejamento técnico e à sustentabilidade. A ausência de mecanismos efetivos de participação popular e de debate técnico transparente reforçou a percepção de que o processo foi conduzido sob forte pressão setorial, favorecendo a especulação fundiária e a ocupação irregular.

Por fim, mesmo com a ampliação do perímetro urbano, a nova lei não solucionou o problema dos vazios urbanos centrais, que permanecem subutilizados ou retidos para fins especulativos (BAZZOLI, 2019). Essa retenção de áreas bem localizadas força o avanço da ocupação para regiões periféricas e ambientalmente frágeis, elevando os custos de infraestrutura e agravando os impactos ambientais e climáticos.

Em síntese, a Lei Complementar nº 400/2018, conforme análise de Bazzoli (2019), não apenas formalizou a expansão territorial de Palmas, mas, ao flexibilizar e enfraquecer os princípios do planejamento original, criou o cenário legal que viabilizou a intensificação da verticalização desordenada, inclusive em áreas sensíveis como a Orla da Praia da Graciosa, o Parque Cesamar e a região do Brejo Comprido, zonas de elevada importância ambiental e microclimática para a cidade.

## 2.2 Verticalização Urbana

A verticalização refere-se ao processo de crescimento vertical das cidades, na construção de edificações com múltiplos pavimentos, possibilitando a criação de diversos solos urbanos, em uma mesma área, promovendo a multiplicação de unidades construídas (CARDOSO, 2003). Esse fenômeno está geralmente associado a densificação urbana, quando as cidades deixam de crescer horizontalmente e dão preferência para a construção de prédios, contribuindo para o crescimento urbano. Como discutido por Gehl (2010) e Choay (1965) quando bem planejado, gera-se um impacto positivo sobre o crescimento urbano da região, pois se torna um crescimento ordenado e organizado, que possibilitará que os arquitetos e urbanistas decidam de forma minuciosa os locais de implantação onde seja atendida toda a infraestrutura ao seu redor, gerando equilíbrio e harmonia nas cidades.

No Brasil, a verticalização ganhou força a partir da década de 1990, sobretudo nas grandes metrópoles como São Paulo/SP e Rio de Janeiro/RJ, e foi difundido em outras grandes cidades, como é o caso de Balneário Camboriú/SC, recebendo investimento nacional e internacional, sediando um dos prédios mais altos da América Latina, como é o caso do Yachthouse Residence Club onde, o empreendimento teve forte integração com fornecedores e tecnologias de diferentes países: o revestimento de fachada veio do Bahrein, os vidros da Bélgica, o alumínio da Alemanha, as gôndolas da Espanha, pintura dos perfis na Holanda, e acabamentos vindos da Índia e Itália. Estudos de solo e vento foram realizados no Canadá e Inglaterra, afirmando a ampla adoção de insumos e investimentos de tecnologias globais evidencia um forte investimento internacional em recursos e expertise no Brasil (Spautz, 2022). Esse crescimento se deu de forma desordenada, desencadeando impactos negativos (CTBUG, 2023).

Embora a verticalização possa contribuir para o uso mais eficiente da infraestrutura urbana, quando acrescida de forma desordenada, tende a provocar impactos negativos, como ocorre nas praias de Balneário Camboriú, suas faixas de areias são obstruídas pelo

sombreamento dos prédios, alterando o microclima local e reduzindo a ventilação natural, acarretando uma série de outras consequências urbanísticas, ambientais e sociais. De acordo com estudiosos como (MONTEIRO, 1976) “[...] A verticalização, aliada à impermeabilização do solo e a escassez de vegetação, contribui significativamente para a intensificação das ilhas de calor urbano, alterando o conforto térmico e a qualidade ambiental nas cidades.” E conforme (ROMERO, 2001) “[...] O adensamento vertical modifica os fluxos de ventilação ao criar barreiras físicas que impedem a circulação natural dos ventos, agravando a sensação térmica em áreas densamente construídas.”

Por fim, observa-se que a verticalização, quando realizado sem estudo prévio e de forma desordenada, resulta em uma série de impactos na região de implantação.

#### 2.2.1 O Parque Cesamar, a Bacia do Brejo Comprido e a Expansão da Verticalização até a Orla da Graciosa

A revisão do Plano Diretor de Palmas (Lei Complementar nº 400/2018) coincidiu com a consolidação de novas centralidades urbanas, entre as quais se destaca o entorno do Parque Cesamar, situado na bacia hidrográfica do Brejo Comprido, uma das mais importantes do perímetro urbano da capital. Essa área, de reconhecido valor ambiental, tornou-se símbolo da verticalização seletiva e da valorização imobiliária de alto padrão, refletindo o processo de concentração de investimentos nas porções mais nobres da cidade.

O Brejo Comprido constitui um dos principais sistemas ambientais de Palmas, abrigando nascentes e cursos d’água que alimentam o Parque Cesamar. Conforme Santos e Cunha (2018), essa bacia exerce papel essencial na regulação microclimática da capital, contribuindo para a redução das temperaturas médias e para o aumento da umidade relativa do ar. O parque, inserido nesse contexto, apresenta um microclima mais ameno, com sensação térmica inferior à registrada em outras áreas da malha urbana. Essa condição ambiental privilegiada transformou o entorno do Cesamar em um território de prestígio urbano, altamente valorizado pelo mercado imobiliário.

Como observa Correa (1995), as chamadas “amenidades ambientais” áreas verdes, lagos e parques são frequentemente apropriadas como ativos simbólicos e econômicos, tornando-se vetores de valorização urbana. Em Palmas, essa lógica foi amplamente explorada a partir dos anos 2000, quando surgiram os primeiros empreendimentos verticais de maior porte nas proximidades do Parque Cesamar, como o Edifício Lago Azul, com 16 pavimentos, localizado na Arse 41 (atual 404 Sul) (Rodrigues, 2015). Esses edifícios marcaram a transição

de uma cidade predominantemente horizontal para uma forma urbana verticalizada, voltada às classes de maior poder aquisitivo, que buscavam conforto, status e proximidade com as áreas ambientalmente mais agradáveis.

Entretanto, o adensamento vertical nas imediações do Brejo Comprido tem suscitado preocupações ambientais. Bazzoli (2019) destaca que a verticalização sobre áreas sensíveis, como as bacias do Brejo Comprido e do Cesamar, revela o distanciamento das diretrizes originais do plano urbanístico de Palmas, que propunha um crescimento equilibrado e em harmonia com os elementos naturais. A impermeabilização do solo, a alteração dos fluxos de ventilação e o aumento da densidade construtiva comprometem o equilíbrio térmico e o regime hídrico local, afetando a capacidade da bacia de absorver e redistribuir calor e umidade.

Nos últimos anos, a lógica de valorização e expansão imobiliária que se consolidou no entorno do Cesamar estendeu-se para outra área ambientalmente sensível: a Orla da Praia da Graciosa. Essa região, originalmente designada como Área de Lazer e Cultura (ALC) no projeto urbanístico (GRUPOQUATRO, 1989), foi pensada como espaço público de convivência e acesso ao Lago de Palmas. No entanto, com o passar dos anos, tornou-se um novo eixo de verticalização, caracterizado por condomínios e edifícios de alto padrão, direcionados majoritariamente às camadas mais abastadas da população.

A Orla da Graciosa passou, assim, a representar a continuidade do processo de elitização territorial iniciado no entorno do Parque Cesamar. O valor simbólico e paisagístico do lago, aliado às amenidades ambientais e à infraestrutura urbana consolidada, atraiu empreendimentos de luxo e redefiniu o padrão de ocupação dessa porção da cidade. Conforme Santos, Cunha e Lima (2020), as áreas mais valorizadas de Palmas aquelas com microclimas mais amenos e presença de elementos naturais são justamente as que concentram os maiores índices de adensamento e especulação, refletindo a desigualdade na apropriação do espaço urbano.

Desse modo, tanto o Parque Cesamar, inserido na bacia do Brejo Comprido, quanto a Orla da Graciosa configuram-se como os principais polos de verticalização de Palmas. Ambos materializam o processo de produção desigual do espaço urbano, em que a natureza é convertida em mercadoria e o acesso às melhores condições ambientais é restrito às camadas de maior poder econômico. Esse fenômeno evidencia o desafio de compatibilizar crescimento urbano, justiça socioambiental e sustentabilidade na capital tocantinense.

## 2.3 Impactos da criação do lago para a cidade de Palmas

A construção da Usina Hidrelétrica Luiz Eduardo Magalhães (UHE Lajeado) e a consequente formação do Lago de Palmas representaram uma intervenção significativa no ambiente natural da região, gerando impactos em diversas frentes, especialmente no microclima e na vegetação nativa. A alteração da paisagem, com a substituição da vegetação do Cerrado por uma vasta massa de água, promoveu mudanças substanciais que são objeto de estudo por pesquisadores da área.

- Impactos no Microclima e Variação de Temperatura

A presença de um grande corpo d'água influencia diretamente o clima em escala local. Estudos sobre os efeitos do Lago de Palmas apontam para uma moderação das temperaturas extremas. Durante o dia, a água, com sua alta capacidade térmica, absorve o calor solar, enquanto à noite, ela libera essa energia lentamente, resultando em temperaturas mínimas mais elevadas nas áreas próximas à sua margem. Essa característica, conhecida como efeito moderador, contribui para a diminuição da amplitude térmica diária e a mitigação dos picos de calor na cidade (AZEVEDO; ANDRADE, 2011; SILVA et al., 2014).

Além disso, a evaporação constante da superfície do lago eleva a umidade relativa do ar, o que impacta a sensação de conforto térmico. A brisa proveniente do lago, carregada de umidade, pode proporcionar uma sensação mais amena, contrastando com o ar mais seco e quente das áreas mais distantes, que ainda preservam as características do clima semi-úmido do Cerrado (BARROS, 2016).

- Impactos na Vegetação Nativa

O processo de inundação para a formação do lago resultou na perda de uma vasta área de vegetação nativa do Cerrado, incluindo a mata ciliar e outras formações vegetais adaptadas ao ambiente original. Essa perda teve um impacto significativo na biodiversidade local, com a submersão de espécies vegetais e a fragmentação de habitats, afetando a fauna e a flora nativas (OLIVEIRA; VIEIRA, 2016).

A alteração do regime hídrico também modificou as condições do solo e dos ecossistemas circundantes, favorecendo o crescimento de espécies vegetais que se adaptam a ambientes mais úmidos, em detrimento daquelas típicas do Cerrado. A formação de novas margens e a alteração do lençol freático criaram condições para o desenvolvimento de novas paisagens ecológicas, mas ao custo da supressão da vegetação original, o que gera desafios para a conservação da biodiversidade regional (SILVA; VIOLA; PEREIRA, 2013).

- Outros Impactos Significativos

Além das mudanças no microclima e na vegetação, a criação do lago também trouxe outros impactos relevantes. A mudança na paisagem e a criação de novas oportunidades de lazer e turismo são aspectos positivos, enquanto a alteração da dinâmica dos rios e a possível proliferação de vetores de doenças são desafios que exigem monitoramento contínuo. A pesca artesanal e o transporte fluvial também foram alterados, gerando novas dinâmicas sociais e econômicas na região (JÚNIOR, 2017).

A análise desses impactos é crucial para entender a complexa relação entre o ambiente construído e o ambiente natural, fornecendo subsídios para o planejamento urbano e a gestão ambiental sustentável.

## 2.4 Macroclima Urbano

O macroclima representa a escala mais ampla de análise climática, sendo determinado por fatores globais e regionais, como latitude, altitude, massas de ar, correntes oceânicas e circulação atmosférica geral (BARRY; CHORLEY, 1968; VIERS, 1975). Segundo Monteiro (1976), o macroclima estabelece o pano de fundo sobre o qual se desenvolvem os climas intermediários (mesoclima) e locais (microclima), compondo uma hierarquia climática que permite compreender a complexidade dos ambientes urbanos.

A classificação climática de Köppen, amplamente utilizada, identifica os tipos climáticos regionais com base na temperatura e precipitação (GARCÍA, 1973). No caso do Brasil, estudos recentes, como os de Alvares et al. (2013), ajustaram essa classificação para melhor representar os diferentes biomas nacionais. Outra abordagem importante é a de Thornthwaite (1948), que considera o balanço hídrico e a evapotranspiração potencial, oferecendo um diagnóstico mais detalhado sobre a disponibilidade hídrica e suas variações.

Nesse contexto, destaca-se também a contribuição de Marta Romero, cuja obra é fundamental para compreender as relações entre clima e urbanização no Brasil. Para a autora, o macroclima funciona como a matriz atmosférica que condiciona os processos climáticos de menor escala, influenciando a distribuição de energia, os fluxos de ar e a dinâmica térmica das cidades (ROMERO, 2001). Romero enfatiza que, embora o macroclima estabeleça os limites gerais de temperatura, umidade e circulação, é a interação entre essas condições e as transformações urbanas como adensamento, verticalização e alterações no uso do solo que determina a intensidade dos fenômenos urbanos, como ilhas de calor e desconforto térmico.

O macroclima também é avaliado em séries históricas de longo prazo (30 anos), definindo as chamadas “normais climatológicas” (WMO, 2017). No contexto brasileiro,

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) ressaltam que essa escala permite compreender o regime climático de fundo, que condiciona os processos atmosféricos locais.

Em Palmas/TO, o macroclima é caracterizado como tropical sazonal, típico do Cerrado, marcado por uma estação chuvosa intensa (outubro a abril) e uma estação seca prolongada (maio a setembro). As temperaturas médias anuais giram entre 26,5 °C e 27 °C, com forte sazonalidade da umidade relativa do ar (INMET, 2025). Esse regime climático influencia diretamente o conforto ambiental da população e estabelece as condições de base sobre as quais os efeitos da urbanização e da verticalização atuam.

Além disso, mudanças globais vêm alterando os padrões do macroclima. O IPCC (2021) destaca que o aquecimento global tem potencial para intensificar ondas de calor em regiões tropicais, como o Cerrado, aumentando os riscos de desconforto térmico e de colapso hídrico. Assim, compreender o macroclima de Palmas é essencial para avaliar como as transformações urbanas locais podem amplificar ou mitigar esses efeitos.

## 2.5 Mesoclima Urbano

O mesoclima corresponde à escala intermediária de análise, situada entre o macroclima regional e o microclima local. É influenciado por fatores como relevo, proximidade de corpos d’água, cobertura vegetal e características do uso e ocupação do solo (LANDSBERG, 1965; LOCKWOOD, 1976). Monteiro (1976) ressalta que o mesoclima reflete a interação entre as condições atmosféricas de grande escala e as especificidades de áreas geográficas delimitadas, como cidades, vales ou zonas costeiras.

Em Palmas, o mesoclima apresenta especificidades marcantes em razão da presença do Lago da UHE Lajeado, que exerce forte influência nas condições ambientais locais. A grande massa d’água atua como regulador térmico, reduzindo a amplitude térmica diária e aumentando a umidade relativa do ar nas áreas próximas à orla (AZEVEDO; ANDRADE, 2011). Estudos apontam que a evaporação constante e a formação de brisas lacustres modificam a sensação térmica e criam microvariações no clima urbano, diferenciando a cidade de outras localidades do Tocantins com o mesmo macroclima (BARROS, 2016).

Esse fenômeno é comparável ao caso de Brasília, onde o Lago Paranoá foi planejado para mitigar a aridez do clima do Cerrado, atuando como um regulador mesoclimático que melhora a ventilação e a umidade (QUEIROZ, 2017). Da mesma forma, Santiago do Chile apresenta influências mesoclimáticas derivadas de sua localização entre a Cordilheira dos Andes e a Cordilheira da Costa, o que condiciona a circulação dos ventos e a dispersão de poluentes

(ROMERO, 2001). Esses exemplos reforçam que fatores locais podem modificar significativamente as condições climáticas de fundo.

No entanto, as intervenções urbanas também podem comprometer a resiliência mesoclimática. A verticalização excessiva, ao alterar a rugosidade da superfície urbana, pode reduzir a velocidade dos ventos e prejudicar a dispersão do ar aquecido. Estudos indicam que, em áreas densamente construídas, a velocidade média anual do vento pode ser reduzida em até 20 a 30% (TUDELLA, 1982). Assim, o que poderia ser um benefício do lago para o conforto térmico pode ser neutralizado ou até revertido pela barreira física criada por edifícios altos, contribuindo para a intensificação de ilhas de calor e desconforto térmico (ROMERO, 2001; GARTLAND, 2010).

Portanto, compreender o mesoclima de Palmas é essencial para avaliar como o lago e a urbanização vertical interagem no ambiente urbano. Enquanto a massa d'água contribui para amenizar os extremos climáticos, a verticalização desordenada da Orla da Graciosa pode comprometer esses benefícios, reforçando a necessidade de políticas de planejamento que integrem variáveis climáticas às diretrizes urbanísticas.

## 2.6 Microclima Urbano

O microclima refere-se a um conjunto de condições atmosféricas específicas de uma área localizada, que se diferenciam do clima regional ou macroclima. Essas variações são influenciadas por fatores como a topografia, a presença de corpos d'água, o tipo de vegetação e, principalmente, as características do ambiente construído, como a disposição de edifícios, materiais de superfície e a densidade de construções (GONÇALVES; CAMARGO; SOARES, 2012). No contexto urbano, o estudo do microclima é fundamental para entender fenômenos como as "ilhas de calor", onde a alta concentração de concreto e asfalto, e a falta de áreas verdes, elevam a temperatura do ar, causando desconforto térmico e impactos na qualidade de vida (GARTLAND, 2010).

Nesse contexto, Marta Romero é uma das autoras que mais contribuiu para a compreensão das interações entre o ambiente construído e o microclima urbano no Brasil. Para a autora, o microclima é profundamente moldado pela morfologia das cidades, pois cada rua, quarteirão ou conjunto edificado cria padrões próprios de ventilação, sombreamento, armazenamento de calor e troca de energia (ROMERO, 2001). Romero enfatiza que a forma urbana altura dos edifícios, largura das vias, densidade do tecido e tipo de material atua como

um modulador direto das condições microclimáticas, influenciando de maneira decisiva a sensação térmica e o conforto ambiental em escala local.

Em termos de projeto arquitetônico e urbanístico, o microclima é o objeto de estudo para a busca pelo conforto térmico dos indivíduos. As reações de cada pessoa podem variar, mas a análise microclimática permite quantificar e prever como o ambiente construído afeta variáveis como a temperatura do ar, a umidade relativa, a velocidade do vento e a radiação solar (SILVA; HIRASHIMA, 2018).

O artigo "Impacto da vegetação nos microclimas urbanos e no conforto térmico" destaca, por exemplo, o papel crucial das áreas verdes na atenuação da temperatura e na melhoria da sensação térmica. A presença de árvores e vegetação pode reduzir a temperatura radiante média e a temperatura do ar, criando um microclima mais ameno e agradável para os usuários dos espaços abertos (FREITAS et al., 2013).

Trazendo para os parâmetros desta pesquisa, a compreensão do microclima é crucial para engenheiros e arquitetos, pois é a base para a concepção de assentamentos e edificações mais eficientes e sustentáveis. Ao manipular elementos como vegetação, sombreamento e materiais de alta refletância (albedo), é possível amenizar as condições climáticas adversas e criar espaços que harmonizem o ambiente construído com o bem-estar humano, promovendo maior qualidade de vida e resiliência urbana (SARAIVA, 2014; MASIERO; SOUZA, 2018).

## 2.7 Introdução ao Sensoriamento Remoto

O estudo do clima urbano e seus fenômenos correlatos, como a Ilha de Calor Urbana (ICU), demanda métodos de análise espacial com alta precisão e resolução temporal. O Sensoriamento Remoto (SR) tem se estabelecido como a ferramenta primordial para essa investigação, fornecendo dados essenciais sobre a Temperatura da Superfície Terrestre (TST), um indicador-chave da intensidade da ICU e uma variável microclimática fundamental (Voogt & Oke, 2003).

A análise da TST em ambientes urbanos detalhados sempre enfrentou o dilema inerente aos satélite de observação: o compromisso entre a resolução espacial (RE) e a resolução temporal (RT). Sensores com alta RE (como o Landsat) têm baixa RT (16 dias de revisita), enquanto sensores com alta RT (como o MODIS) possuem baixa RE (1000m na banda termal), limitando a análise microclimática detalhada de estruturas urbanas complexas (Zanetti et al., 2015).

A superação desse desafio metodológico requer a escolha criteriosa do sensor adequado e, subsequentemente, um ambiente de Geoprocessamento robusto para o tratamento. As imagens serão processadas utilizando o software ArcGIS (ou ArcMap) e tratadas em ambiente Python, com a utilização das bibliotecas já descritas no tópico 1.3 metodologia, ambas as plataformas consolidadas que permite a aplicação de algoritmos complexos de correção atmosférica e cálculo de emissividade, essenciais para a derivação precisa da TST a partir de dados de satélite (Santos et al., 2020).

### 2.7.1 Ecotress, Microclima e a Evolução dos Empreendimentos

O monitoramento da dinâmica da ICU em uma escala local requer dados de TST com alta resolução espacial, ideais para distinguir microclimas e gradientes térmicos específicos da verticalização urbana (Gartland, 2010). A escolha do sensor ECOSTRESS (*ECOsystem Spaceborne Thermal Radiometer Experiment on Space Station*) justifica-se por sua capacidade única de conciliar as altas resoluções espaciais e temporal necessárias para a avaliação da ICU, conforme ilustrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Comparativo didático focado na evolução microclimáticas dos sensores

SATELITE /SENSOR	RESOLUÇÃO ESPACIAL (Banda Termal)	RESOLUÇÃO TEMPORAL	RELEVÂNCIA MICROCLIMÁTICAS
ECOTRESS	38/70 Metros	1 a 5 dias (Variável/ISS)	Essencial: Permite diferenciar microclimas intra-urbanos (telhados, ruas, pequenas áreas verdes). A alta RT captura a dinâmica térmica diária.
LANDSAT 8/9 (TIRS)	100 Metros	16 dias	Limitado: A RE de 100m já mistura as características de diferentes alvos (mistura de <i>pixels</i> ), dificultando a análise microclimática pura.
MODIS	1000 Metros	1 a 2 dias (Diária)	Inadequado: Resolução grosseira; cada <i>pixel</i> representa a temperatura média de 1 km <sup>2</sup> , impossibilitando a análise microclimática

		local.
--	--	--------

Fonte: AUTOR (2025).

Enquanto o Landsat opera com 100 metros na banda termal, o ECOSTRESS atinge 38/70 metros. Essa diferença é vital para um estudo microclimático, pois permite distinguir com maior precisão o padrão de TST de elementos urbanos individuais, como edifícios e lotes, capturando a heterogeneidade térmica que define a ICU.

### 2.7.2 O Vínculo com a Evolução dos Empreendimentos

A evolução dos empreendimentos imobiliários, especificamente a verticalização da Orla da Graciosa, implica na substituição de superfícies naturais por grandes massas de concreto, vidro e asfalto. Este processo de densificação urbana é o principal motor das alterações microclimáticas na área, pois:

1. Altera Propriedades Térmicas: A verticalização modifica as propriedades da superfície (maior absorvividade, menor albedo), aumentando o armazenamento e a liberação de calor – o que se traduz em TST mais elevadas.
2. Redefine a Geometria Urbana: Os novos edifícios alteram a circulação do ar (ventilação) e as relações de sombreamento, influenciando diretamente o saldo de radiação local e a capacidade de dissipaçāo de calor.

Embora o período de análise previsto inicialmente abrangesse os anos de 2020 a 2025, a pesquisa utilizou exclusivamente os dados referentes a 2023, devido às limitações de qualidade das imagens de sensoriamento remoto disponíveis nos demais anos. A presença frequente de nuvens e sombras de nuvens, a variabilidade atmosférica entre as datas, além de inconsistências radiométricas e lacunas temporais nas cenas do ECOSTRESS, comprometeram a comparabilidade e a precisão da Temperatura de Superfície Terrestre (TST). Esses fatores dificultam o processamento, introduzem ruído nos dados e podem distorcer a interpretação microclimática. Assim, 2023 foi selecionado como o ano-base por apresentar maior quantidade de cenas úteis e com índice de qualidade mais adequado, garantindo maior confiabilidade na análise térmica da região da Orla da Graciosa.

## 2.8 Estudo de Caso Comparativos

A análise comparativa com outras cidades nacionais e internacionais tem como principal objetivo alerta as vivências e os desafios enfrentados pelos impactos da

verticalização em diferentes contextos urbanos. Abrindo subsídios de possíveis soluções aplicáveis à realidade da cidade de Palmas /TO. Para este estudo, foram selecionadas cinco cidades com características relevantes sendo duas nacionais: Balneário Camboriú (SC, Brasil), Brasília (DF, Brasil) e Singapura (Asia).

### 2.8.1 Balneário Camboriú (SC, Brasil)

Balneário Camboriú, localizado na região sul do Brasil, ao norte do litoral do estado de Santa Catarina, conforme a Secretaria de Turismo SC (2021), Camboriú passou por um intenso processo de verticalização a partir da década de 70, impulsionado pelo crescimento do turismo e pela valorização imobiliária da região.

Com um território de aproximadamente 46,8 km<sup>2</sup> e uma população estimada de acordo com o IBGE (2022) de 139.155 habitantes, a cidade apresenta alta densidade demográfica, especialmente durante a alta temporada de verão, quando recebe um grande fluxo de turistas. Esse fenômeno resultou em uma paisagem urbana marcada por edifícios de grande porte, como o Millennium Palace (177,3 m de altura e 46 andares), que se tornou um símbolo da verticalização no Brasil (CTBUH, 2023).

#### 2.8.1.1 Clima e Contexto Histórico – Balneário Camboriú

O clima subtropical úmido de Balneário Camboriú, caracterizado por verões quentes e invernos amenos, sofre influência direta da verticalização desordenada. A concentração de arranha-céus próximos à orla marítima interfere na ventilação natural e na incidência solar, comprometendo o conforto térmico urbano. Estudos indicam que a disposição inadequada dos edifícios pode reduzir a circulação dos ventos, contribuindo para a formação de ilhas de calor (INMET, 2023)

#### 2.8.1.2 Impactos Ambientais da Verticalização - Balneário Camboriú

A alta densidade construtiva gera efeitos ambivalentes no microclima urbano. Durante o dia, o sombreamento proporcionado pelos edifícios pode amenizar as ilhas de calor, mas, à noite, a retenção de calor nas superfícies impermeáveis e a redução das trocas radiativas elevam as temperaturas do ar. Além disso, a substituição de áreas vegetadas por estruturas pavimentadas intensifica a impermeabilização do solo, agravando os impactos ambientais (LANDSBERG, 1981).

### 2.8.1.3 Comparativo com Palms/TO e Recomendações para o Planejamento Urbano

Assim como Balneário Camboriú, Palmas, com clima tropical sazonal e altas temperaturas pode enfrentar desafios similares caso a verticalização ocorra de forma desordenada, especialmente em áreas próximas à Orla da Graciosa. A experiência catarinense evidencia a necessidade de um planejamento urbano que integre critérios climáticos, ambientais e de qualidade de vida, evitando a repetição de problemas como a insuficiência de ventilação natural e a intensificação de ilhas de calor. Balneário Camboriú permitiu torres coladas à orla, criando "câñons urbanos" que bloqueiam ventos. Palmas deve manter afastamento mínimo de 30 metros do lago (IPCC, 2020). A verticalização em Palmas não é intrinsecamente negativa, mas exige um modelo diferenciado que considere: o binômio lago-Cerrado (umidade + calor extremo); A função social da orla (lazer público vs. especulação imobiliária) e Tecnologias passivas (ventilação cruzada, sombreamento natural).

A temperatura média anual em Palmas gira em torno de 26,5 °C a 27 °C, com base em dados de séries históricas das estações meteorológicas da cidade (INMET, 2025). Já a temperatura média anual em Balneário Camboriú costuma ficar em torno de 20 °C a 21 °C, com dados obtidos a partir de séries históricas das estações próximas à cidade (INMET, 2025).

### 2.8.2 Brasília (DF, Brasil)

A capital federal, Brasília, é um exemplo notável de planejamento urbano no Brasil. Criada para ser a nova sede do governo, a cidade foi concebida por Lúcio Costa e projetada com um lago artificial, o Lago Paranoá, com o objetivo de servir como um elemento de destaque paisagístico e um recurso para melhorar o microclima local. O projeto foi executado entre 1956 e 1960, refletindo uma abordagem integral que considerava não apenas a funcionalidade, mas também a habitabilidade e a qualidade de vida (QUEIROZ, 2017).

#### 2.8.2.1 Clima e Contexto Histórico – Brasília

O clima original da região do Distrito Federal é o tropical de altitude, com duas estações bem definidas: uma seca e fria de inverno e uma chuvosa e quente de verão. A criação do Lago Paranoá, através do represamento do rio de mesmo nome, foi uma medida planejada para mitigar o clima seco e extremo do Cerrado. A extensa massa de água, com cerca de 48 km<sup>2</sup>, foi projetada para atuar como um moderador térmico e uma fonte de

umidade, influenciando diretamente a qualidade do ar e a sensação térmica nas áreas urbanas circundantes (SANTOS, 2018).

#### 2.8.2.2 Impactos Ambientais da Verticalização – Brasília

A criação do lago Paranoá resultou em efeitos benefícios notáveis para o microclima de Brasília. Durante o período de seca, o lago aumenta significativamente a umidade relativa do ar nas áreas adjacentes, oferecendo maior conforto aos moradores. Além disso, a massa de água atua como um regulador térmico, absorvendo o calor durante o dia e liberando-o à noite, o que contribui para a diminuição da amplitude térmica nas proximidades da orla (ALVES et al., 2012).

A eficácia desses benefícios é amplificada pela forma urbana de Brasília. O Plano Piloto, com sua baixa densidade e ausência de verticalização intensa, cria um ambiente com amplos espaços abertos e pouca obstrução. Isso permite que a brisa e a umidade geradas pelo lago penetrem no tecido urbano, proporcionando ventilação natural e amenizando o calor de forma mais eficiente do que em cidades com "câñons urbanos" densos. Assim, a forma horizontal da cidade trabalha em sinergia com o lago para criar um ambiente mais agradável e habitável, reforçando o sucesso do projeto urbanístico original (CARDOSO, 2015; SOARES, 2019).

#### 2.8.2.3 Comparativo com Palmas/TO e Recomendações para o Planejamento Urbano

O caso de Brasília oferece um contraste significativo com o de Palmas, demonstrando a diferença entre uma intervenção ambiental planejada e uma adaptação urbana. Enquanto a criação do Lago Paranoá foi uma medida proativa e intencional do projeto urbanístico de Brasília para mitigar o clima seco e extremo do Cerrado, a formação do Lago de Palmas foi uma consequência da construção de uma hidrelétrica. Brasília é um exemplo de como o planejamento urbano pode utilizar um corpo d'água como um ativo desde a sua concepção, integrando-o para melhorar o microclima e a qualidade de vida.

O desafio para Palmas, portanto, é aprender com essa experiência planejada. A cidade, que cresce ao redor de seu lago de forma mais reativa, pode e deve adotar diretrizes de planejamento que garantam que a verticalização e o uso da orla sigam um modelo que, assim como o de Brasília, priorize o conforto ambiental, a ventilação natural e a função social do espaço público. A experiência de Brasília reforça a ideia de que a relação entre o ambiente

construído e a natureza, mediada por um planejamento urbano estratégico, é fundamental para o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida (QUEIROZ, 2017).

O comparativo entre Brasília e Palmas, sob a ótica da temperatura, exige uma abordagem diferenciada devido à falta de dados históricos que isolam o impacto direto da criação do Lago Paranoá. No entanto, estudos de climatologia urbana e os dados atuais do INMET permitem traçar um panorama claro.

- Brasília: A temperatura média anual em Brasília varia entre 21 °C e 22 °C (INMET, 2025). Embora não existam dados diretos que comparem o "antes e depois" do lago, pesquisas indicam que ele atua como um regulador térmico. A umidade liberada por sua superfície e a grande massa de água contribuem para a diminuição da amplitude térmica nas áreas próximas, especialmente durante o período de seca, quando o lago ajuda a amenizar o calor e a secura (ALVES et al., 2012). O sucesso dessa regulação também se deve à baixa verticalização da cidade, que permite que a brisa e a umidade do lago circulem livremente, diferente de áreas com construções muito densas (SOARES, 2019).
- Palmas: Em contraste, Palmas possui uma temperatura média anual significativamente mais alta, variando de 26,5 °C a 27 °C (INMET, 2025). O Lago de Palmas, embora de grande extensão, interage com um ambiente de temperaturas extremas e alta umidade, características do bioma Cerrado. A forma de uso e ocupação do solo, com a verticalização crescente em áreas próximas à orla, pode, no futuro, criar desafios microclimáticos que a experiência de Brasília já mostra como evitar.

O comparativo entre as duas cidades demonstra que, embora ambas tenham lagos, a forma como o elemento aquático interage com o planejamento e a forma urbana é crucial para determinar os impactos na temperatura e no conforto ambiental. Brasília mostra como um lago, integrado a um projeto urbanístico com baixa densidade, pode ser um grande aliado climático, um modelo de referência para o futuro de Palmas.

### 2.8.3 Singapura

Singapura, uma cidade-estado densamente povoada e estrategicamente planejada, representa um dos casos mais avançados de gestão urbana e ambiental em um clima tropical. A cidade, que se autodenomina "Cidade em um Jardim" (City in a Garden) e aspira a se tornar uma "Cidade em Natureza" (City in Nature), implementou políticas urbanas que integram a

infraestrutura verde e hídrica diretamente em seu crescimento vertical (WONG; TAN, 2012).

O planejamento estratégico da Autoridade de Reurbanização Urbana (URA), com seu Master Plan de longo prazo, é a força motriz por trás dessa transformação (URA, 2019).

#### 2.8.3.1 Clima e Contexto urbano – Singapura

Singapura enfrenta um clima equatorial com altas temperaturas e umidade ao longo do ano. O crescimento acelerado e a alta densidade urbana têm potencializado o fenômeno de ilha de calor, com a temperatura do ar nas áreas centrais podendo ser até 7 °C mais alta do que em áreas rurais circundantes (HE et al., 2015). Para mitigar esse impacto, o planejamento urbano foi concebido para lidar diretamente com as características microclimáticas. A forma dos edifícios e a disposição de grandes massas verdes e hídricas são projetadas para criar fluxos de vento estratégicos, conhecidos como "corredores de vento" ou ventilação urbana, que transportam ar mais fresco e úmido para o coração da cidade (NG et al., 2012).

#### 2.8.3.2 Impactos Estratégico da Infraestrutura Urbana

A abordagem de Singapura é um exemplo de como a infraestrutura urbana pode ter efeitos intencionalmente positivos, contrastando com os impactos muitas vezes não planejados vistos em outras cidades. As ilhas de calor são combatidas em várias frentes:

- Infraestrutura Hídrica: Os corpos d'água artificiais, como a Marina Barrage, não são apenas reservatórios, mas também reguladores térmicos massivos. A alta capacidade térmica da água e a evaporação contínua reduzem a temperatura do ar circundante. O programa "ABC Waters" (Active, Beautiful, Clean Waters) transforma canais e rios em elementos de lazer e, ao mesmo tempo, melhora a drenagem e o controle de enchentes (PUB, 2021).
- Infraestrutura Verde: Singapura integra a natureza em todas as escalas. A política de jardins verticais e telhados verdes é incentivada e, em muitos casos, obrigatória, em novos edifícios. Essa vegetação urbana reduz a temperatura das superfícies, aumenta a evapotranspiração e promove a biodiversidade, diminuindo a carga de calor dos edifícios (CHEW et al., 2017).

#### 2.8.3.3 Comparativo com Palmas/TO e Recomendações para o Planejamento Urbano

A experiência de Singapura oferece lições cruciais e multifacetadas para o planejamento de Palmas. Ambas as cidades possuem um clima tropical e um grande corpo

hídrico, mas a principal diferença reside na filosofia por trás da forma urbana. Enquanto o Lago de Palmas surgiu como consequência de uma hidrelétrica, os corpos d'água de Singapura são o resultado de um planejamento estratégico de longo prazo, transformando a escassez de água em um ativo para a cidade (WONG; TAN, 2012).

Singapura demonstra que, mesmo com alta densidade e verticalização, é possível criar um ambiente com conforto térmico, desde que a forma urbana seja projetada para trabalhar em sinergia com o clima. A cidade evoluiu do conceito de "Cidade em um Jardim" para uma "Cidade em Natureza", uma filosofia que busca integrar a biodiversidade e os ecossistemas naturais no próprio tecido urbano. Isso é feito por meio de políticas que incentivam a criação de corredores de biodiversidade, parques em meio aos edifícios e o uso de telhados e fachadas verdes (CHEW et al., 2017).

Outro ponto de conexão crucial é a gestão da água. O Lago de Palmas, embora de água doce, está suscetível aos impactos do crescimento urbano. Singapura, por outro lado, desenvolveu um modelo de gestão que trata a água como um recurso precioso e parte integral da paisagem urbana. O programa "ABC Waters" (Active, Beautiful, Clean) transforma canais e rios em elementos de lazer e, ao mesmo tempo, melhora a drenagem, o controle de enchentes e a qualidade da água, o que contribui para o microclima local (PUB, 2021).

Palmas, com sua crescente verticalização e seu lago, tem a oportunidade de seguir um modelo semelhante ao de Singapura, evitando os problemas vistos em Balneário Camboriú. A semelhança entre as médias de temperatura das duas cidades, com a temperatura média anual de Singapura girando em torno de 27 °C a 28 °C (METEOROLOGICAL SERVICE SINGAPORE, 2023) e a de Palmas em torno de 26,5 °C a 27 °C (INMET, 2025), reforça a relevância do estudo de caso.

A implementação de políticas que exijam a criação de corredores de vento, o uso de materiais de baixo albedo e a incorporação de telhados e fachadas verdes nos novos edifícios, além de uma gestão integrada da Orla da Praia da Graciosa, podem garantir que o desenvolvimento urbano de Palmas seja sustentável e contribuaativamente para a qualidade de vida.

## 2.9 Ilhas de Calor

As Ilhas de Calor Urbanas (ICU) representam um fenômeno climático-urbano caracterizado pelo aumento da temperatura do ar nas áreas urbanizadas em comparação com as regiões rurais ou menos urbanizadas circundantes. Este aquecimento diferencial é uma das

manifestações mais marcantes das alterações microclimáticas induzidas pela urbanização. (GARTLAND, 2010, p.25 -33).

### 2.9.1 Origem e Mecanismo de Formação

A compreensão da formação das ICUs exige a análise de diversos mecanismos complexos e interligados. Embora o conceito tenha sido historicamente observado por Luke Howard em Londres no século XIX (HOWARD, 1818), sua relevância e o aprofundamento dos mecanismos envolvidos intensificaram-se com o rápido crescimento das cidades a partir da segunda metade do século XX. Os principais fatores que contribuem para o desenvolvimento das ICUs incluem:

- Alteração da Superfície Terrestre: A substituição da vegetação natural e solos permeáveis por superfícies artificiais como asfalto, concreto e telhados, sendo esses um dos fatores primordiais para tais eventos (OKE, 1982). Esses materiais possuem baixo albedo que consiste na sua capacidade de refletir a radiação solar, e tendo uma alta capacidade de absorção e armazenamento deste calor. Durante o dia, ocorre o processo de absorção de grande parte desta radiação solar e, à noite, libera-se gradualmente este calor, acarretando numa elevação das temperaturas (ARNFIELD, 2003).
- Redução da Evapotranspiração: Com a diminuição da cobertura vegetal nas áreas urbanas há uma redução no processo de evotranspiração que é a combinação da evaporação da água do solo e a transpiração das plantas. Este processo é um mecanismo natural de resfriamento da terra, pois consome energia térmica latente para a mudança de estado da água (Líquida – gasosa). Sua falta resulta em uma maior quantidade de energia disponível para o aquecimento do ar (ROSENZWEIG et al., 2010).
- Aumento da Capacidade Térmica dos Materiais Urbanos: Os materiais utilizados na construção (concreto, tijolos, asfalto) possuem uma elevada capacidade térmica, ou seja, são capazes de armazenar grandes quantidades de calor. Isso faz com que as estruturas urbanas funcionem como "baterias térmicas", absorvendo calor durante o dia e liberando-o lentamente durante a noite que, atrelada à alteração da superfície terrestre, resulta em temperaturas noturnas significativamente mais altas nas cidades (LANDSBERG, 1981).

- Morfologia Urbana (geometria dos edifícios): A disposição e altura dos edifícios nas cidades criam paredões urbanos que afetam a ventilação e a irradiação de calor. Essas paredes de concreto podem reduzir a velocidade do vento, dificultando a dispersão do ar quente, e podem prender a radiação de ondas longas emitida pelas superfícies urbanas, intensificando o efeito estufa local (OKE, 1987). A "morfologia urbana" ou "geometria urbana" refere-se à forma e ao arranjo espacial dos elementos construídos em uma cidade.
- Fontes Antropogênicas de Calor: As atividades humanas na cidade, como o funcionamento de sistemas de ar-condicionado, veículos motorizados, indústrias e sistemas de aquecimento, liberam calor residual diretamente na atmosfera urbana. Embora em menor proporção que a alteração da superfície, essa contribuição pode ser significativa em áreas de alta densidade populacional e de atividades (SAILOR, 2008).

#### 2.9.2 Consequências das Ilhas de Calor Urbano

Os efeitos das ICUs são bastante abrangentes e possuem sérias implicações para o ambiente urbano e a saúde humana atualmente.

- Aumento do Consumo de Energia: Temperaturas elevadas resultam em maior eficiência energética por refrigeração (Condicionadores de ar), o que acarreta maior consumo de energia elétrica, sobrecarga nas redes de distribuição e, consequentemente, um aumento nas emissões de gases de efeito estufa por termelétricas (AKBARI et al., 1992).
- Degradação da Qualidade do Ar: Temperaturas mais altas podem acelerar reações fotoquímicas na atmosfera, levando à formação de ozônio troposférico (um poluente secundário) e aumentando os níveis de outros poluentes atmosféricos, o que agrava problemas respiratórios e cardiovasculares a sua população (SEKI et al., 2007).
- Impactos na Saúde Humana: As ondas de calor, intensificadas pelos efeitos das ICUs, podem levar a um aumento da morbidade e mortalidade, especialmente entre idosos, crianças e indivíduos com doenças preexistentes. Há um risco elevado de insolação, desidratação e estresse térmico (KOSAKA et al., 2011). Algo que foi bastante sentido na Europa, onde houve uma onda de mortes ligadas as temperaturas extremas, este evento durou entre 09 à 18 de julho de 2022, foi “A que apresentou maior anomalia” de temperatura registrada na Espanha desde seu início da série histórica em 1975, segundo Beatriz Hervella, porta-voz da AEMET (PORTAL GLOBO, 2022).

- Alterações nos Padrões de Chuva: As ICUs podem influenciar a convecção atmosférica, potencialmente alterando a distribuição e intensidade das chuvas sobre e ao redor das cidades. Embora complexo, estudos sugerem que as cidades podem aumentar a frequência e intensidade de eventos de chuva localizados (SHEM; SHEPHERD, 2009).
- Perda de Biodiversidade Urbana: As temperaturas elevadas e a alteração dos regimes hídricos podem impactar negativamente a flora e a fauna urbana, modificando habitats e a distribuição de espécies (MCDONALD et al., 2008).

Em síntese, a Ilha de Calor Urbana representa um complexo fenômeno climático-urbano e um desafio significativo para o planejamento e a gestão urbana sustentável. A compreensão aprofundada de suas características e mecanismos é, portanto, crucial para o delineamento de estratégias de mitigação eficazes, as quais visam à attenuação das temperaturas e à subsequente melhoria das condições de habitabilidade e bem-estar nas grandes cidades.

## 2.10 A Importância dos Ventos para o Microclima Urbano

Os ventos são elementos climáticos essenciais que definem o clima e influenciam diretamente o microclima e o conforto térmico humano. Eles resultam das variações barométricas, que, por sua vez, decorrem do desequilíbrio atmosférico e das trocas energéticas diferenciais entre as diversas zonas do globo terrestre (ROMERO, 2001).

Em uma escala microclimática, fundamental para o desenho e o planejamento urbano, o interesse recai sobre a compreensão dos mecanismos de atuação do vento nas camadas mais baixas da atmosfera. Nessas camadas, o movimento do ar é condicionado por fatores locais, como o relevo do solo e a morfologia urbana, que podem desviar, canalizar ou alterar sua intensidade. A velocidade do vento próximo à superfície é reduzida em função do atrito com o solo e das rugosidades do terreno, sendo que quanto maior a rugosidade provocada por edificações, vegetação ou irregularidades topográficas, menor será a velocidade do ar (ROMERO, 2001).

### 2.10.1 Como a verticalização atua como barreira para os ventos

A urbanização e a verticalização intensiva alteram a superfície física da terra, tornando-a mais "rugosa" (ROMERO, 2001), o que aumenta a fricção entre a superfície e os

ventos locais, reduzindo a velocidade média anual do vento na cidade de Santiago do Chile em até 20 a 30% (TUDELLA, 1982). Essa modificação na rugosidade da superfície, causada pela densa construção e pavimentação, altera o movimento do ar (ROMERO, 2001).

Os edifícios, em particular, atuam como barreiras físicas que impedem o fluxo natural do ar. Isso pode resultar na criação de "câñons urbanos" (ruas estreitas com prédios altos), onde a ventilação é dificultada e o ar aquecido pode ficar estagnado (ROMERO, 2023). Em Santiago, os estudos indicam que edifícios acima de 80m reduziram a velocidade dos ventos em 35% no centro expandido (TUDELLA, 1982). Em Brasília, simulações mostraram que, devido à proximidade, os edifícios sofrem "sombra de vento" uns dos outros, principalmente os mais baixos e paralelos, o que contribui para a formação de zonas de baixa velocidade do vento, impactando negativamente o conforto térmico e podendo gerar estagnação do vento (ROMERO, 2023).

A morfologia urbana, com a disposição e altura das edificações, interfere na circulação do ar e na dispersão de calor. A elevação das construções cria um bloqueio à ventilação natural, e o aumento das temperaturas urbanas agrava as preocupações relacionadas à saúde e ao consumo de energia. A velocidade média anual do vento é significativamente menor em áreas urbanizadas em comparação com o entorno rural, e que a calmaria é mais frequente (ROMERO, 2023).

## 2.11 A Importância da Análise Microclimática por Bacias Hidrográficas

A compreensão do microclima urbano de Palmas requer uma abordagem que considere não apenas os limites administrativos, mas também as unidades naturais de organização climática. A bacia hidrográfica é reconhecida como a principal unidade de análise ambiental integrada, pois articula elementos como relevo, vegetação, drenagem e uso do solo, que em conjunto definem o comportamento térmico e a circulação de ventos (Monteiro, 1976).

Dessa forma, estudar o microclima urbano sob o recorte das bacias permite compreender como as variáveis naturais: temperatura, umidade e ventilação se organizam no território e interagem com o processo de urbanização. Essa metodologia, defendida por Romero (2000), contribui para identificar zonas de resfriamento natural, corredores de ventilação e áreas de desconforto térmico, permitindo que o planejamento urbano leve em consideração as dinâmicas climáticas locais.

### 2.11.1 O Papel Microclimático das Bacias Hidrográficas

A bacia hidrográfica atua como unidade termodinâmica natural, capaz de regular os fluxos de ar e umidade. Segundo Givoni (1976), os corpos d'água e a vegetação marginal promovem microclimas de estabilidade térmica, reduzindo a amplitude térmica diária e suavizando as temperaturas extremas.

No contexto de Palmas, o sistema hidrográfico do Brejo Cumprido destaca-se por atravessar áreas estratégicas, como o Parque Cesamar e nas mediações da Orla da Graciosa, cujas condições de vegetação densa e umidade natural criam ambientes mais frescos em comparação às zonas densamente edificadas. Essas áreas funcionam como reguladores microclimáticos, favorecendo a dissipação de calor e a ventilação predominante proveniente do Lago de Palmas, configurando um sistema de equilíbrio térmico urbano (Romero, 2000; Lombardo, 1985).

### 2.11.2 A Relação entre a Verticalização e as Alterações Microclimáticas

O avanço da verticalização nas margens da Orla da Graciosa interfere diretamente nos processos naturais de ventilação, sombreamento e troca térmica. Conforme Oke (1987), o aumento da densidade construtiva e a impermeabilização do solo intensificam o efeito de ilha de calor urbana, pois reduzem a evapotranspiração e elevam a absorção de radiação solar.

A substituição das superfícies vegetadas por materiais com alta capacidade térmica, como o asfalto, o concreto e o vidro, aumenta o albedo urbano, altera o balanço energético e dificulta a dissipação do calor. Assim, o crescimento vertical desordenado, sem diretrizes microclimáticas, tende a romper o equilíbrio térmico natural proporcionado pela bacia do Brejo Cumprido (Romero, 2000; Gartland, 2010).

Essa transformação demonstra que a verticalização sem planejamento climático não apenas altera a paisagem urbana, mas também compromete o conforto térmico e a circulação dos ventos, sobretudo nas áreas adjacentes a corpos hídricos, que são naturalmente mais amenas.

### 2.11.3 Áreas Estratégicas: Parque Cesamar e Orla da Graciosa

O Parque Cesamar e a Orla da Graciosa se destacam como pontos estratégicos de amenização térmica em Palmas, especialmente por estarem situados em áreas que margeiam o Brejo Cumprido, zonas úmidas e com densa cobertura vegetal.

Segundo Givoni (1976), os parques urbanos e as áreas de várzea são fundamentais para o conforto térmico urbano, pois atuam como “reservatórios de ar fresco” e reguladores da umidade. O espelho d’água e a vegetação do Parque Cesamar contribuem para um microclima estável, enquanto a proximidade com o Lago de Palmas favorece o resfriamento convectivo das massas de ar que atingem a Orla.

Essas características explicam por que tais trechos são considerados as áreas mais frescas da cidade, representando zonas vitais para o equilíbrio microclimático e ambiental do núcleo urbano (Romero, 2000; Monteiro, 1976). A manutenção dessas áreas é indispensável para garantir a resiliência térmica e o bem-estar urbano em Palmas.

### 2.11.4 A Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento Urbano Sustentável

A análise microclimática por bacias não é apenas um método de observação, mas também um instrumento de planejamento urbano sustentável. Essa abordagem permite correlacionar as variáveis físicas e climáticas com os padrões de ocupação e de infraestrutura urbana, possibilitando a criação de diretrizes construtivas adaptadas ao conforto térmico (Lombardo, 1985).

Como reforça Gartland (2010), compreender a distribuição das ilhas de calor e dos corredores de ventilação é essencial para o planejamento de edificações, zonas verdes e vias urbanas, contribuindo para mitigar os impactos térmicos e promover a eficiência ambiental das cidades.

Assim, o estudo da verticalização da Orla da Graciosa e de seu entorno, a partir da ótica da bacia do Brejo Cumprido, permite identificar padrões de desequilíbrio térmico, orientando soluções técnicas aplicáveis à Engenharia Civil como a adoção de materiais de baixa inércia térmica, o aumento da cobertura vegetal e o planejamento da ventilação cruzada entre edificações.

Ao adotar a bacia hidrográfica como recorte analítico, ampliei a leitura microclimática de Palmas, compreendendo que o microclima urbano é resultado da interação entre fatores

naturais (topografia, vegetação, drenagem) e fatores artificiais (verticalização, impermeabilização e densidade construtiva).

O Brejo Cumprido, ao integrar áreas como o Parque Cesamar e a Orla da Graciosa, desempenha função estratégica de equilíbrio térmico e ambiental, sendo essencial para a ventilação e amenização das temperaturas. No entanto, sua modificação por processos de verticalização desordenada ameaça a resiliência climática da cidade, intensificando o desconforto térmico.

Assim, a análise microclimática por bacia se mostra indispensável à engenharia civil contemporânea, pois fornece subsídios técnicos e territoriais para o desenvolvimento urbano sustentável, garantindo o conforto térmico e a qualidade ambiental nas cidades tropicais.

## 2.12 Impactos Ambientais e Climáticos – Verticalização

A verticalização desordenada e excessiva em Balneário Camboriú desencadeou uma série de impactos ambientais significativos, os quais comprometem diretamente o equilíbrio ecológico e a qualidade de vida dos seus moradores. O seu caso é bastante estudado, e reportado nas mídias locais, a fim de que não seja replicado em outras grandes cidades (CTBUH, 2023).

Um dos seus impactos é o sombreamento excessivo nas faixas de areia, derivado da elevação dos arranha-céus situados muito próximos a sua orla. Esse fenômeno reduz significativamente o tempo de exposição solar nas praias ao longo do dia, afetando não só o uso turístico das praias, mas também alterando o microclima da zona costeira que provoca uma redução da temperatura da areia e do ar em determinados horários. Essa condição gera uma alteração no seu balanço térmico, que afeta a biodiversidade local, prejudicando e alterando os ciclos naturais de espécies da fauna e flora. (DIARINHO, 2025).

Além disso, a verticalização estimula a intensificação das ilhas de calor urbano. A substituição da vegetação por grandes paredes de concreto, associados à pavimentação excessiva, o alto fluxo e a ausência de áreas verdes, reduz a capacidade de resfriamento natural da cidade. De acordo com (MONTEIRO, 1976) o concreto e o asfalto absorvem o calor durante o dia e o libera lentamente no período da noite, fazendo com que áreas densamente verticalizadas apresentem temperaturas em até 7°C superiores às regiões com maior massa de vegetação, gerando consigo um desconforto térmico.

Outro ponto é a redução da ventilação. Os edifícios atuam como uma barreira física, impedindo em até 80% que o ar percole e siga seu fluxo natural (GIOVONI, 1998),

impedindo sua renovação e comprometendo a qualidade atmosférica da região, acarretando uma sensação térmica mais elevada, e além de favorecer a dispersão de poluentes e umidade relativa do ar.

Deste modo, como alerta Alburquerque (2018, P.72) o surgimento dos arranha-céus gera o desaparecimento de áreas verdes, substituindo sua paisagem natural por grandes estruturas de concretos, contribuindo para sua perda da biodiversidade local e a redução da resiliência ambiental da cidade frente às suas variações climáticas.

### 3 RESULTADOS E ANÁLISE

#### 3.1 Gradiente Térmico Urbano em Palmas/TO: Influência do Uso do Solo e das Infraestruturas Planejadas

Os mapas obtidos a partir do sensor ECOSTRESS (LST, 2023) e os agrupamentos de temperatura média demonstram um gradiente térmico marcante na área urbana de Palmas/TO, associado diretamente ao padrão de uso e ocupação do solo. Observa-se uma clara diferenciação térmica entre setores urbanos, evidenciando o papel da morfologia construída, da impermeabilização e da distribuição da vegetação na formação dos microclimas locais.

As temperaturas mais elevadas concentram-se em Palmas-Sul, com registros superiores a 38 °C, e nas regiões centrais (ARSO) e norte (ARNE), onde há maior densidade construtiva e pavimentação contínua. Já as temperaturas mais amenas foram observadas no entorno do Brejo Cumprido e em porções adjacentes ao Lago de Palmas, com médias variando entre 32 °C e 34 °C.

Importa destacar que não existem áreas naturais preservadas dentro do perímetro urbano de Palmas. O Lago de Palmas foi formado artificialmente pelo represamento do Rio Tocantins durante a implantação da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães (Lajeado). Do mesmo modo, áreas como o Parque Cesamar, os canteiros arborizados e os corredores verdes da Orla são infraestruturas paisagísticas planejadas, implantadas durante o processo de urbanização da cidade.

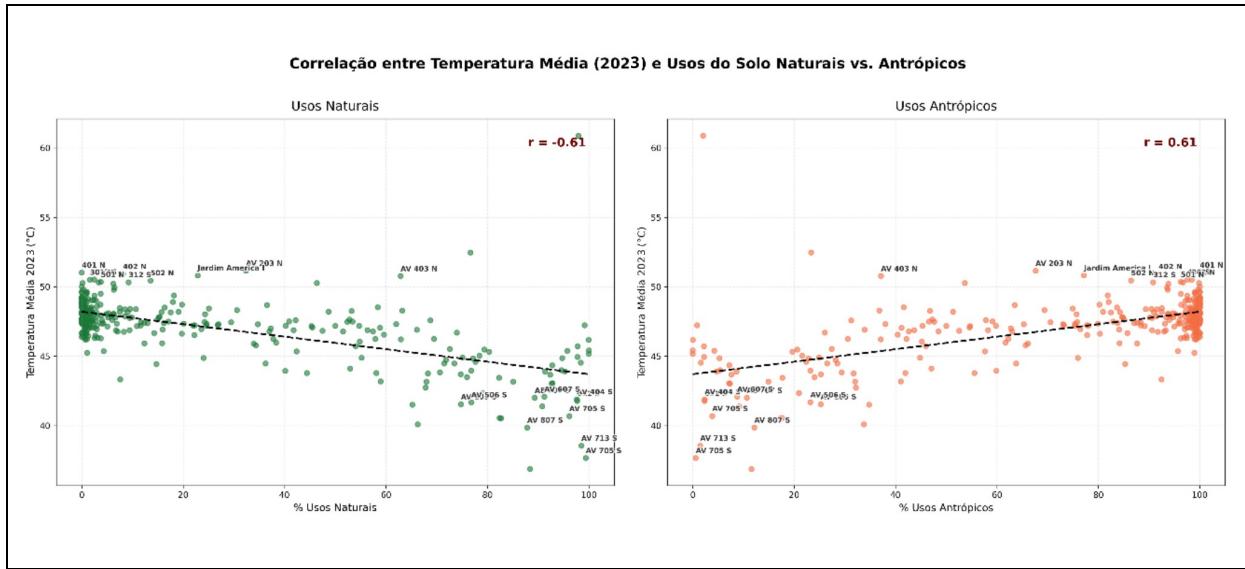
Dessa forma, o termo “usos semiantrópicos (verdes e hídricos planejados)” descreve de maneira mais adequada as superfícies que, embora apresentem aparência natural, são produto de intervenção humana e desempenham função ambiental e estética artificial. Assim, tanto o calor quanto o frescor urbano em Palmas resultam de processos antrópicos, sendo o microclima local uma expressão direta da forma e do material do espaço construído.

#### 3.2 Padrões Espaciais de Temperatura e Uso do Solo

A análise de correlação de Pearson ( $r$ ) entre a temperatura média da superfície e as classes de uso e cobertura do solo revelou relações opostas entre superfícies densamente urbanizadas e as áreas verdes e hídricas planejadas:

Usos semiantrópicos (verdes e hídricos planejados) apresentaram correlação negativa moderada a forte ( $r = -0,61$  a  $-0,67$ ), indicando que a presença de vegetação urbana e superfícies aquáticas reduz a temperatura média nas quadras de Palmas/TO conforme Figura 8.

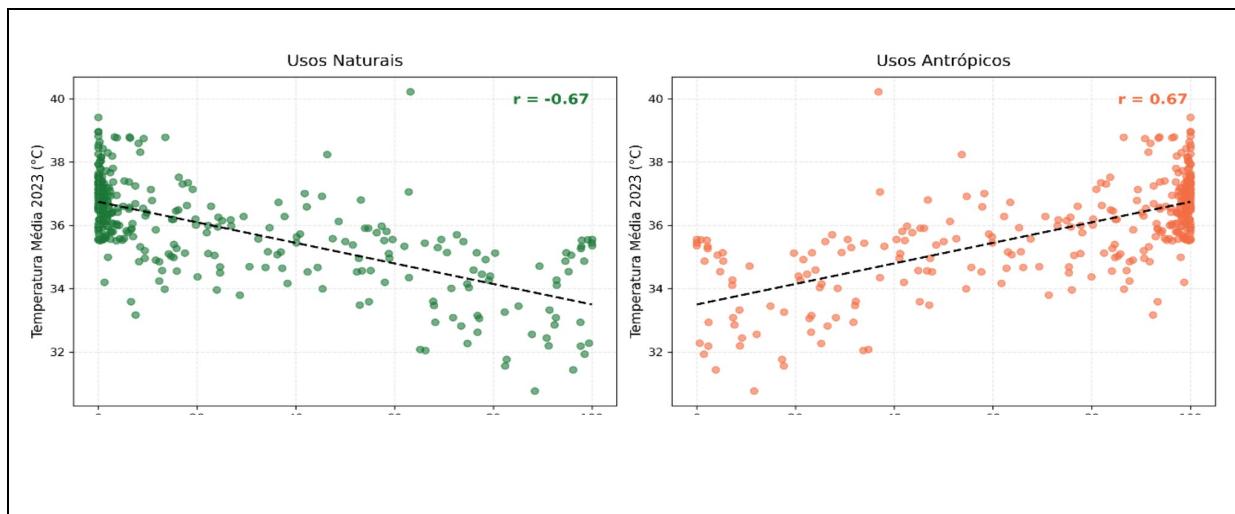
Figura 8 - Correlação entre Temperatura Média (2023) e Usos do Solo Naturais Vs. Antrópicos na cidade de Palmas em 04/09/2023.



Fonte: Autor (2025)

Usos antrópicos (áreas urbanizadas, pavimentadas e edificadas) de acordo com a Figura 9, os resultados apresentaram correlação positiva ( $r = +0,61$  a  $+0,67$ ), confirmando que o adensamento construtivo e a impermeabilização superficial aumentam o aquecimento urbano.

Figura 9 - Correlação entre Temperatura Média (2023) e Usos do Solo Naturais Vs. Antrópicos na cidade de Palmas em 04/09/2023.



Fonte: Autor (2025)

Esse comportamento reforça que a intensidade térmica de Palmas está diretamente ligada ao grau de artificialização do solo. Onde há predominância de materiais de alta absorção térmica, a energia solar é retida e reemitida com maior intensidade; onde há vegetação ou lâminas d'água, ocorre mitigação térmica parcial por sombreamento e evapotranspiração.

Um exemplo emblemático é a Orla 14, Praia da Graciosa, que, apesar de estar junto ao Lago de Palmas, apresenta temperaturas superiores a 37 °C conforme Figura 12 devido à verticalização e ao adensamento das superfícies impermeáveis, o que limita a ventilação lacustre e reduz a eficiência da evaporação.

### 3.3 Correlação por Tipologia de Uso do Solo

A decomposição dos dados por tipo de uso reforça a oposição térmica entre superfícies verdes/hídricas planejadas e superfícies construídas:

Tabela 4 – Tipologia de uso do solo

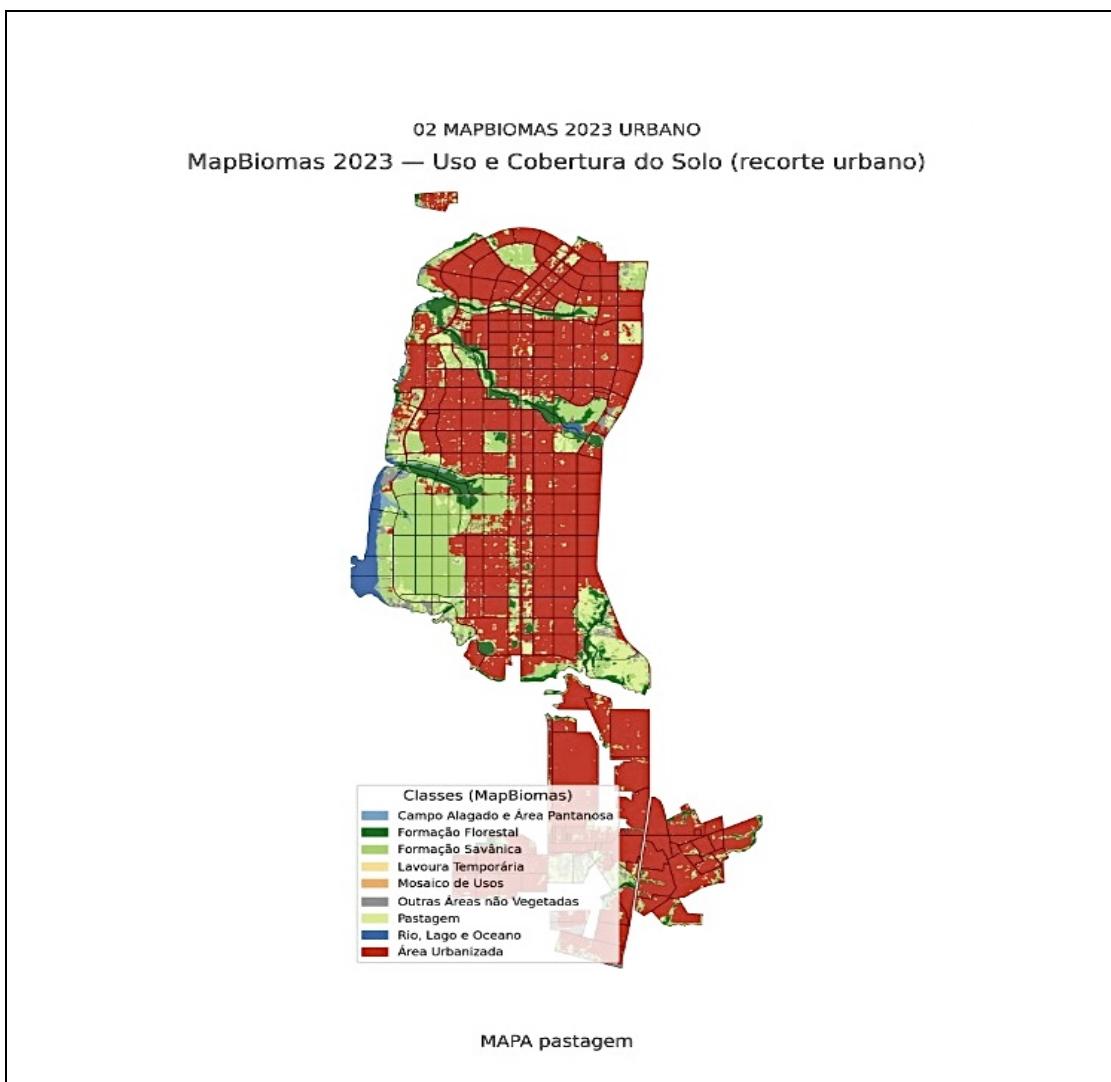
<b>Tipo de Uso do Solo</b>	<b>Coeficiente (r)</b>	<b>Interpretação</b>
Formação Florestal (implantada)	-0,58	Reduz a temperatura média local; áreas de arborização planejada atuam como microrefúgios térmicos.
Formação Savânica (Reflorestamento ralo)	-0,38	Redução moderada do calor; vegetação mais espaçada e menos densa.
Campo Alagado / Pantanosa (Artificial)	-0,37	Áreas úmidas urbanas e drenagens abertas mantêm microclimas amenos
Corpos d'Água (Lago de Palmas e Lagoa Urbanas)	-0,35	Exercem influência resfriadora pontual, limitada pela urbanização das margens.
Área Urbanizada / Pavimentada	+0,60	Forte correlação positiva; altas temperaturas em áreas densamente construídas.

Pastagem e Lavoura Temporária	-0,05 a -0,08	Correlação fraca; vegetação de baixa densidade pouco influencia o microclima.
Mosaico de Usos e Outras Áreas Não-Vegetadas	-0,07	Comportamento térmico heterogêneo e instável.

Fonte: Autor (2025)

Os resultados como o demonstrado na Tabela 4 e Figura 10 comprovam que as áreas verdes e hídricas planejadas exercem papel climático compensatório, embora limitado em escala. Essas superfícies reduzem o calor urbano localmente, mas não neutralizam o efeito cumulativo da urbanização densa e horizontal, que vem se intensificando principalmente no setor sul.

Figura 10 - Uso do solo em Palmas (2023).



Fonte: Autor (2025)

### 3.4 A Intensificação do Calor em Palmas-Sul e o contraste com a Orla da Graciosa e o Brejo Cumprido

Os resultados térmicos mais recentes apontam para um comportamento urbano cada vez mais complexo em Palmas/TO. Embora historicamente as maiores temperaturas médias se concentrassem nas regiões centrais e norte, os dados de 2023 indicam que Palmas-Sul passou a registrar as maiores temperaturas superficiais da cidade, com valores acima de 38 °C em várias quadras analisadas conforme os dados coletados nesta pesquisa.

Esse aquecimento expressivo, mesmo em uma região com baixa verticalização, está relacionado ao processo de expansão horizontal intensa e à substituição de áreas vegetadas e solos permeáveis por superfícies expostas e pavimentadas, conforme Figura 12.

A ocupação recente do setor sul tem ocorrido de forma acelerada, com grande quantidade de terrenos em obras, ruas asfaltadas e áreas compactadas, o que aumenta a retenção e a reemissão térmica durante o dia. Além disso, a escassez de arborização urbana, a ausência de sombras consistentes e a redução da umidade superficial tornam essa porção da cidade altamente suscetível ao aquecimento solar direto.

Somam-se a isso os fatores de circulação atmosférica local: as brisas dominantes do norte e do lago perdem intensidade ao atravessar os setores densamente construídos, o que diminui a ventilação em Palmas-Sul e favorece o acúmulo de calor.

Portanto, o aquecimento do sul da cidade não é produto da verticalização, mas da urbanização extensiva, baixa permeabilidade e carência de infraestrutura verde contínua características típicas de ilhas de calor horizontais

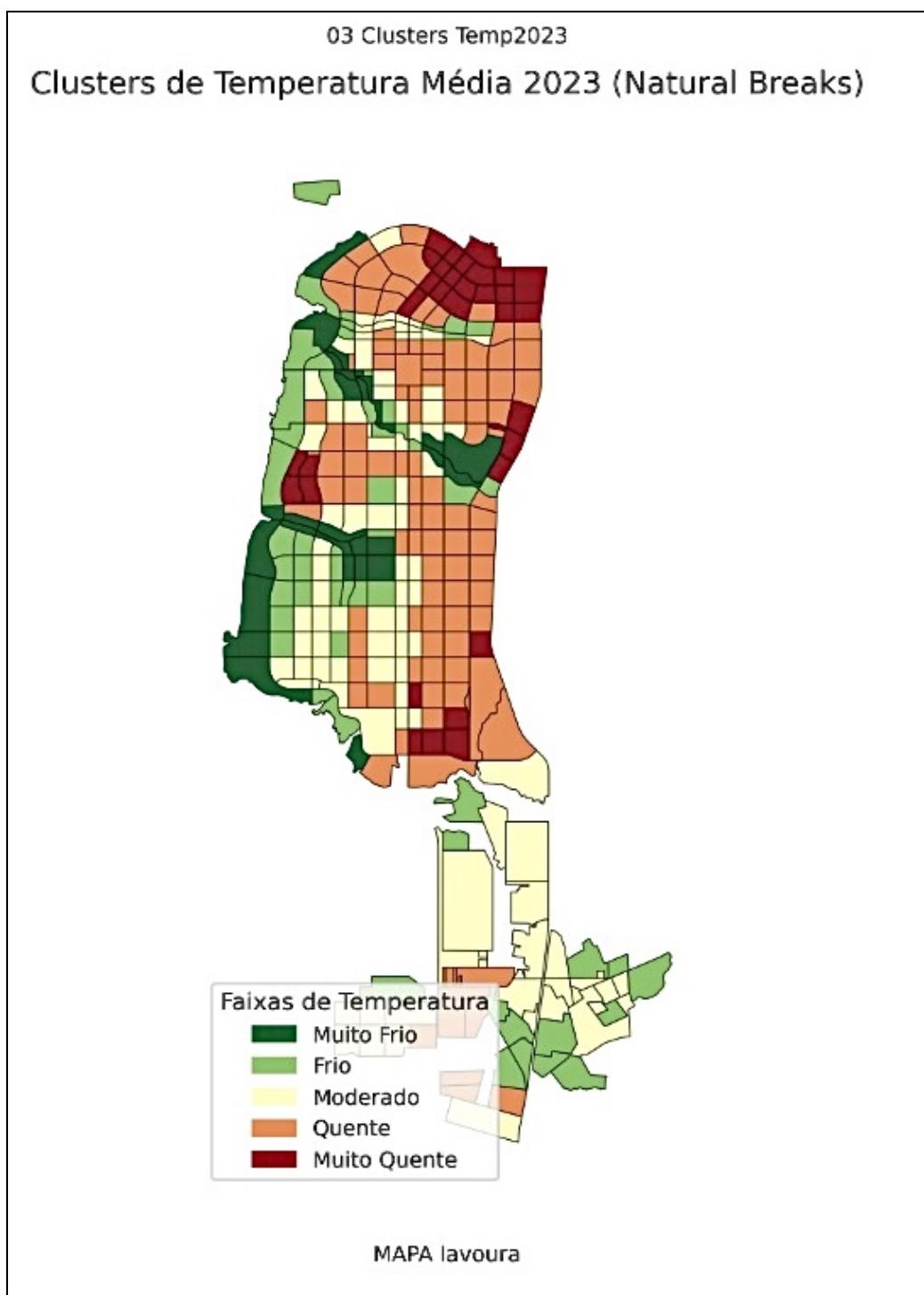
Em contraste, a Orla da Graciosa representa outro tipo de aquecimento urbano: o aquecimento verticalizado. Apesar da proximidade direta com o Lago de Palmas, essa região apresenta temperaturas médias igualmente elevadas, com valores que superam 37 °C.

Nessa área, o fator determinante não é a ausência de vegetação, mas sim a impermeabilização total das superfícies, o adensamento construtivo e a verticalização das edificações, que bloqueiam a circulação de brisas lacustres e aumentam a absorção térmica dos materiais urbanos.

A Orla tornou-se, assim, um paradoxo climático: um espaço de alto valor imobiliário inserido em um dos microclimas mais quentes da cidade, reflexo direto da verticalização sem planejamento bioclimático.

Já o entorno do Brejo Cumprido apresentou o comportamento térmico oposto, configurando-se como uma zona de frescor urbano. Essa amenização térmica resulta de condições físicas locais como a presença de vegetação marginal, solos úmidos e relevo mais baixo e também de características socioeconômicas, verifica-se na Figura 11 a seguir.

Figura 11 – Faixas de Temperaturas em Palmas (2023).



A quadra concentra empreendimentos residenciais de médio e alto padrão, com lotes amplos, arborização ornamental, jardins privados e espaçamento entre edificações, o que favorece melhor ventilação, menor absorção solar e albedo mais elevado.

Esses elementos geram microclimas agradáveis e estáveis, reforçando o vínculo entre renda, infraestrutura e conforto térmico urbano.

Dessa forma, o quadro térmico atual de Palmas evidencia três dinâmicas distintas e complementares, conforme verifica-se a Figura 12:

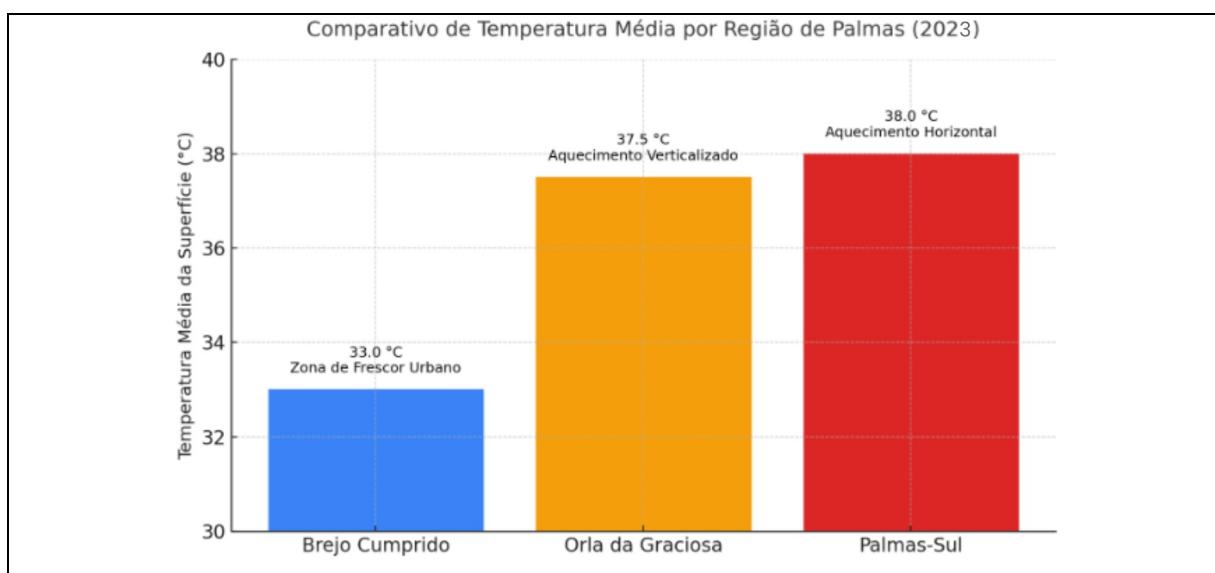
Aquecimento horizontal em Palmas-Sul, impulsionado pela expansão urbana recente e pela perda de cobertura verde; Aquecimento verticalizado na Orla da Graciosa, decorrente da densificação construtiva e impermeabilização junto ao lago;

Frescor planejado no Brejo Cumprido, onde a qualidade ambiental e o padrão socioeconômico asseguram melhores condições microclimáticas. Esse contraste revela que o microclima urbano de Palmas é socialmente construído e desigualmente distribuído.

Enquanto o Sul e a orla ilustram duas faces distintas da ilha de calor urbana (uma horizontal e outra vertical), o Brejo Cumprido representa o microclima do privilégio, em que o frescor é garantido pela infraestrutura e pelo planejamento localizado.

Assim, o calor em Palmas deixou de ser apenas uma variável física: tornou-se um marcador socioambiental, que traduz o modo como o território é ocupado, planejado e apropriado por diferentes grupos sociais.

Figura 12 - Comparativo de Temperaturas Médias por Tipologia Urbana de Palmas (2023).



Fonte: Autor (2025)

### 3.4.1 Interpretação Microclimática (INMET/ECOTRESS)

A análise microclimática realizada a partir dos dados horários do INMET conforme Figura 13 e articulada às evidências espaciais derivadas do sensor ECOSTRESS, aprofunda de maneira significativa a compreensão das dinâmicas térmicas urbanas de Palmas/TO. Esse dia 04/09/2023 representa de forma exemplar a resposta atmosférica típica do clima urbano palmense diante de condições de forte radiância solar e baixa umidade relativa, elementos que, associados à morfologia urbana, ajudam a explicar os contrastes térmicos observados entre diferentes setores da cidade.

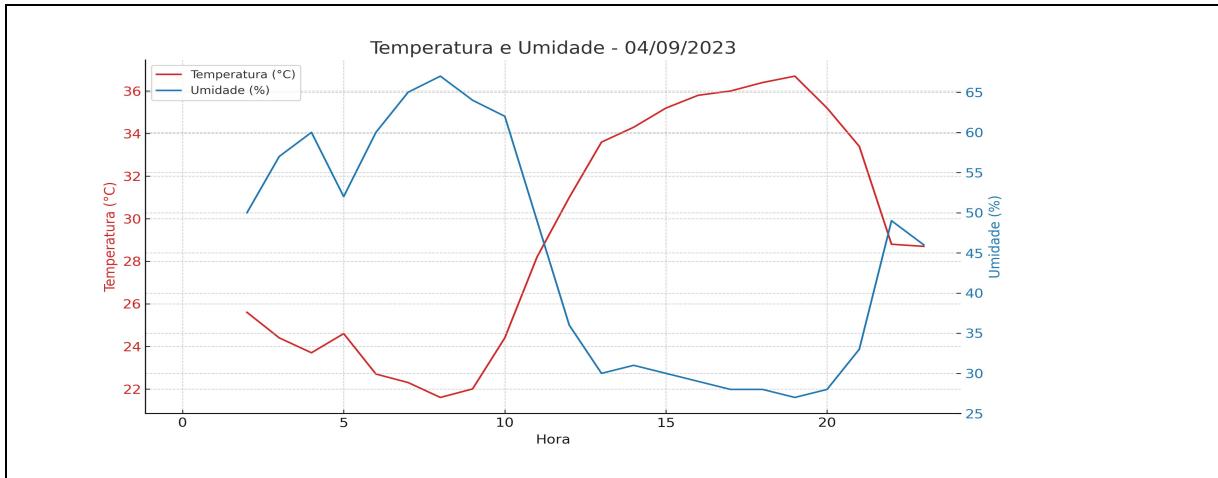
Figura 13 - Pontos de Estação em Palmas/TO (INMET – 2023).



Fonte: Autor (2025)

De acordo com Figura 14 os dados meteorológicos registraram uma temperatura máxima de 36,7 °C, acompanhada de uma umidade relativa mínima de 27%, valores que caracterizam um cenário de estresse térmico acentuado e indicam rápida perda de umidade atmosférica durante o período da tarde.

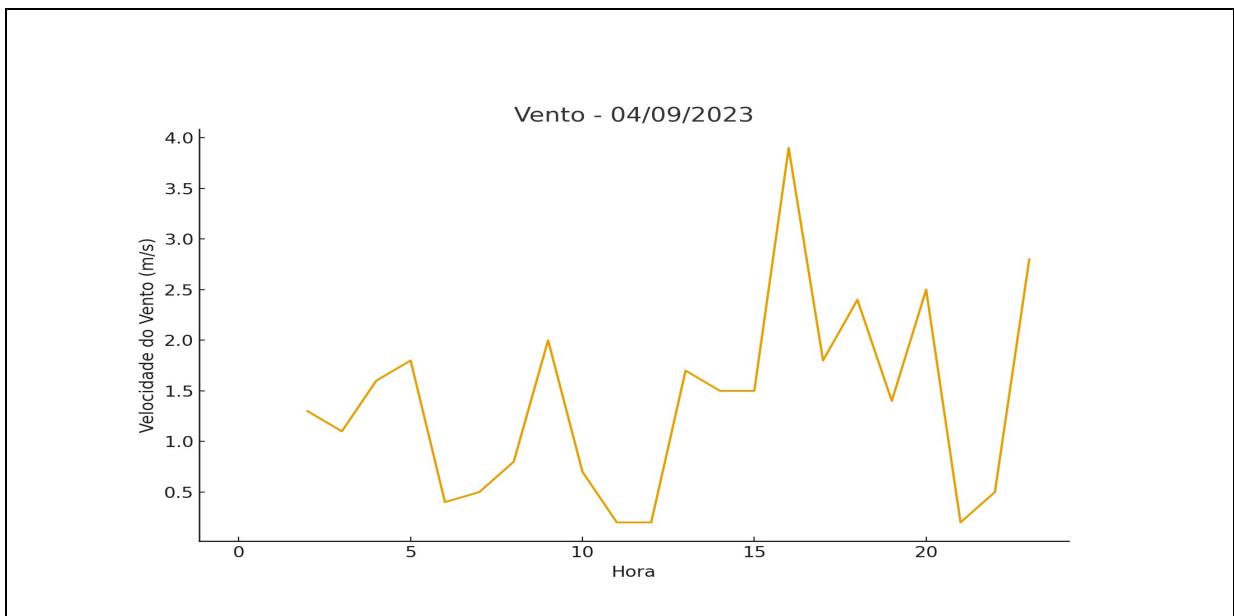
Figura 14 - Temperatura por Hora (INMET – 2023).



Fonte: Autor (2025)

De acordo com a Figura 15 circulação dos ventos permaneceu reduzida ao longo do dia (média de 1,34 m/s), dificultando a dissipação do calor acumulado pelas superfícies urbanas. A temperatura mínima de 21,6 °C registrada pela manhã demonstra que, embora o período inicial do dia apresente condições mais amenas, o ambiente urbano responde de maneira intensa ao ganho de calor, sobretudo após as 09h, quando se observa a intensificação do aquecimento superficial e atmosférico.

Figura 15 - Temperatura por Hora (INMET – 2023).



Fonte: Autor (2025)

Esses padrões atmosféricos dialogam de forma direta com os dados orbitais produzidos pelo ECOSTRESS, que ao longo de 2023 identificaram setores com maior suscetibilidade ao aquecimento. A coerência entre o comportamento térmico diário e os mapas de temperatura de superfície (LST) confirma que Palmas apresenta áreas urbanas onde

a morfologia construída é marcada por altas taxas de impermeabilização, verticalização ou escassez de vegetação e amplifica a absorção e retenção da radiação solar. No dia analisado, o aumento abrupto da temperatura do ar após o meio-dia coincide com os hotspots mapeados pelo ECOSTRESS, especialmente em regiões onde predominam materiais de alto albedo, pavimentações contínuas e baixa evapotranspiração.

A comparação regional evidencia três comportamentos microclimáticos distintos dentro da cidade:

- Orla da Graciosa:

Mesmo situada às margens do Lago de Palmas, a Orla apresenta uma tendência de aquecimento progressivo, associada ao processo de verticalização recente. As edificações mais altas atuam como barreiras físicas, reduzindo o fluxo das brisas lacustres que tradicionalmente contribuíam para amenizar o clima local. Embora a presença de vegetação ornamental e do corpo hídrico ainda proporcione alguma attenuação térmica, os efeitos da impermeabilização e do sombreamento urbano inadequado já se tornam perceptíveis, configurando um microclima intermediário entre o frescor planejado e o aquecimento urbano consolidado.

- Parque Cesamar:

Destaca-se como o microclima mais ameno entre as áreas analisadas. O dossel arbóreo denso desempenha papel fundamental na moderação térmica, reduzindo a radiação solar direta e promovendo resfriamento por sombreamento e evapotranspiração. A transição térmica observada ao longo do dia mantém-se mais estável nessa região, o que comprova a eficácia das áreas verdes planejadas como elementos de mitigação das ilhas de calor em escala local.

- Palmas-Sul:

Consolida-se como o setor mais quente da cidade, tanto nos dados ECOSTRESS quanto nos registros atmosféricos do dia analisado pelo INMET. Trata-se de um microclima caracterizado por extensa pavimentação, solo exposto, baixa arborização e edificações horizontais, fatores que reduzem a capacidade de resfriamento natural e elevam a absorção de calor. A associação entre temperaturas elevadas, baixa umidade e ventos fracos intensifica o desconforto térmico e potencializa a formação de ilhas de calor horizontais, especialmente no período vespertino.

A baixa umidade registrada (27%) intensifica de forma significativa o estresse térmico nessas áreas urbanas densas, uma vez que a evapotranspiração principal mecanismo natural de resfriamento torna-se limitada. Em regiões com vegetação escassa, como Palmas-Sul, essa

limitação é ainda mais acentuada, resultando em microclimas secos, quentes e com baixa circulação atmosférica. Por outro lado, ambientes como o Cesamar e trechos arborizados da Orla conseguem mitigar parte desses efeitos, demonstrando que a distribuição de áreas verdes não só reduz a temperatura, mas também melhora a sensação térmica.

A integração entre os dados orbitais e meteorológicos reforça a presença de ilhas de calor urbanas (ICU), fenômeno evidente na discrepância térmica entre áreas densamente impermeabilizadas e setores com maior cobertura vegetal ou presença de superfícies hídricas. A baixa velocidade do vento registrada no dia indica que, em muitos pontos, o calor acumulado pelas superfícies urbanas não encontra mecanismos eficientes de dispersão, permanecendo concentrado próximo ao solo.

Por fim, a análise evidencia que o microclima urbano de Palmas é profundamente marcado pela desigualdade socioambiental. Regiões periféricas, como Palmas-Sul, apresentam condições térmicas mais severas e menos oportunidades de mitigação natural, enquanto setores valorizados, próximos a áreas verdes ou ao lago, mantêm microclimas mais confortáveis. A temperatura, nesse contexto, torna-se indicador de desigualdade urbana, refletindo diferenças no acesso à infraestrutura verde, à ventilação natural e ao planejamento climático.

Assim, a integração dos dados do INMET e ECOSTRESS confirma e aprofunda os padrões apresentados ao longo do TCC: Palmas é um ambiente urbano onde a forma construída, o uso do solo e a distribuição desigual da vegetação determinam a paisagem térmica. O dia 04/09/2023 serve como exemplo representativo da necessidade urgente de incorporar estratégias de planejamento climático como corredores de ventilação, arborização contínua e materiais de alta refletância para reduzir a desigualdade térmica e promover justiça climática na cidade.

### 3.4.2 Lições dos Estudos de Caso Internacionais e Nacionais: Alertas e Acertos Aplicáveis a Palmas

A compreensão das dinâmicas microclimáticas de Palmas torna-se ainda mais consistente quando contextualizada a partir de estudos de caso consolidados em outras cidades, que, ao longo das últimas décadas, enfrentaram desafios semelhantes relacionados à intensificação das ilhas de calor urbanas. Experiências como Brasília, Singapura e Balneário Camboriú demonstram que a forma urbana, a distribuição da vegetação e o planejamento ambiental exercem influência direta na construção do clima urbano e, sobretudo, na

desigualdade térmica entre regiões. Brasília, concebida sob ideais modernistas, apresenta volumetria horizontal extensa e vastas áreas impermeáveis, o que gerou microclimas marcadamente quentes em regiões superquadras menos arborizadas. A capital, ao priorizar o automóvel e grandes extensões pavimentadas, é hoje um exemplo de como o urbanismo disperso pode amplificar a sensação térmica, reforçando alertas importantes para Palmas-Sul, cujo padrão de expansão horizontal repete erros semelhantes.

Por outro lado, Singapura representa o extremo oposto: um caso bem-sucedido de integração entre urbanização compacta e infraestrutura ecológica. O país incorporou estratégias bioclimáticas de forma sistêmica, como corredores de ventilação, arborização contínua, fachadas verdes, parques conectados e controle rigoroso da verticalização, resultando na redução expressiva do aquecimento urbano. Essa experiência evidencia que densidade não é sinônimo de calor; ao contrário, quando associada a soluções baseadas na natureza, pode produzir ambientes termicamente equilibrados lições valiosas para a Orla de Palmas, onde a verticalização ocorre sem a incorporação consistente desses elementos mitigadores.

Balneário Camboriú, por sua vez, ilustra um caso intermediário, marcado por erros e acertos. A cidade experimentou sombreamento extremo de praias devido à verticalização agressiva e ausência de planejamento solar, alterando padrões microclimáticos locais e reduzindo a circulação das brisas marítimas. No entanto, projetos recentes de alargamento de faixa de areia e reorganização urbana têm buscado recompor parte da ventilação e da ambiência térmica, mostrando que intervenções corretivas são possíveis, ainda que tardias. A experiência da cidade catarinense funciona como importante alerta para Palmas: a verticalização na Orla da Graciosa, se intensificada sem critérios bioclimáticos, pode comprometer a ventilação lacustre e reproduzir efeitos semelhantes.

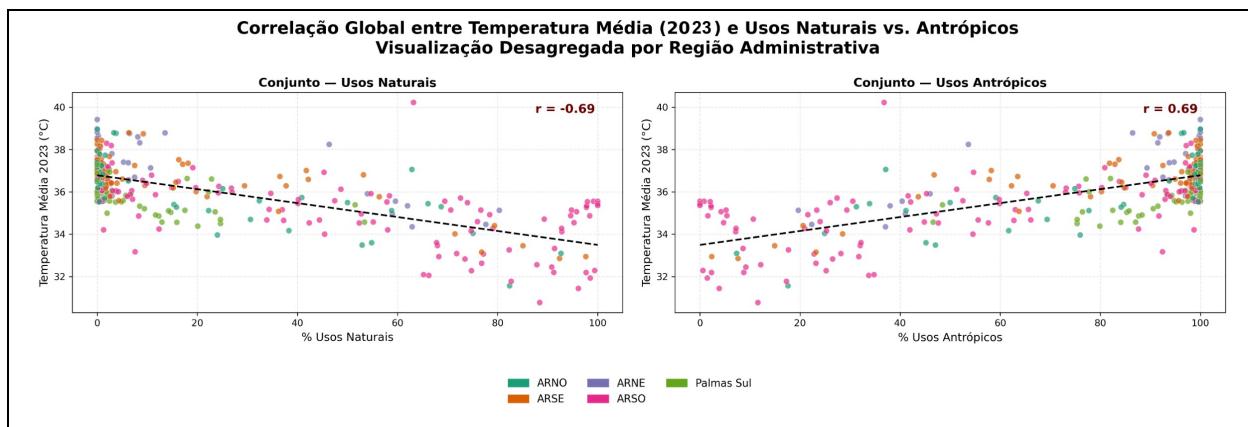
Assim, as três experiências reforçam que o microclima urbano é resultado direto das escolhas urbanísticas. Brasília evidencia as consequências da expansão horizontal e da impermeabilização excessiva; Singapura exemplifica como a integração entre urbanização e natureza pode mitigar o calor; Balneário Camboriú demonstra os impactos da verticalização descontrolada e a necessidade de planejamento costeiro. Essas lições convergem para um ponto central: Palmas encontra-se em momento crítico de definição de seu futuro climático. Repetir padrões que falharam em outras cidades representa risco real de intensificação das desigualdades térmicas já observadas entre Palmas-Sul, Cesamar e Orla. Por outro lado, incorporar os acertos internacionais, especialmente no campo das soluções baseadas na

natureza e do urbanismo climático, oferece caminho promissor para transformar sua ambiência térmica e garantir resiliência urbana a longo prazo.

### 3.5 Análise Microclimática Densa da Correlação entre Temperatura Média (2023) e Usos Naturais vs. Usos Antrópicos nas Regiões Administrativas de Palmas–TO

A interpretação integrada da Figura 16 evidencia um comportamento térmico fortemente condicionado pela estrutura do uso e cobertura do solo nas diferentes regiões administrativas de Palmas. A magnitude e consistência das correlações encontradas negativas para usos naturais e positivas para usos antrópicos revelam um sistema ambiental altamente sensível à substituição de áreas vegetadas por superfícies construídas, indicando a intensificação de processos típicos de ilhas de calor urbanas (ICU). Em todas as regiões avaliadas, a temperatura média do ano de 2023 responde de forma estrutural às mudanças na rugosidade superficial, na permeabilidade do solo e na capacidade biofísica de modulação térmica.

Figura 16 – Correlação Global entre Temperatura Média (2023).



Fonte: Autor (2025)

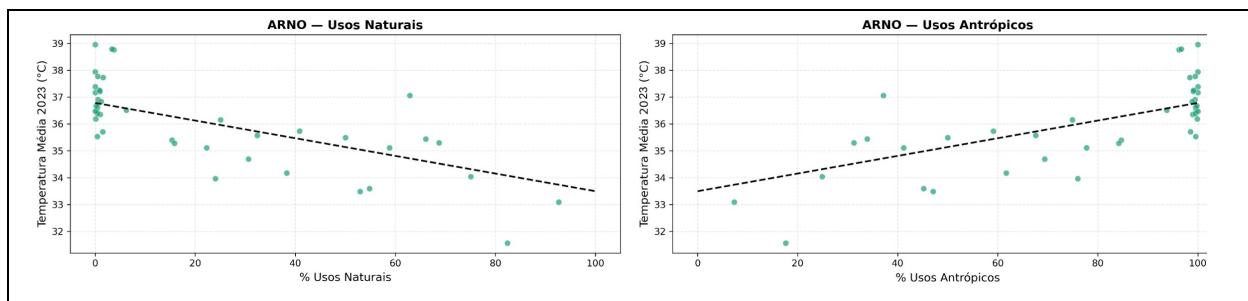
Ao observar o conjunto geral, a correlação  $r = -0.69$  para usos naturais reflete uma relação inversa forte, indicando que a vegetação presente nos setores urbanos ainda desempenha papel mitigador expressivo. O comportamento oposto,  $r = +0.69$  para usos antrópicos, reforça a lógica energética de que quanto maior a densidade construtiva e a impermealização das superfícies, maior é o acúmulo de calor sensível, reduzindo a eficiência dos mecanismos de resfriamento por evapotranspiração e sombreamento. Esse paralelismo entre as duas correlações não é apenas esperável é a assinatura clara de um sistema urbano onde os fluxos térmicos são predominantemente governados pela perda da vegetação nativa e pelo aumento progressivo de materiais com alta inércia térmica.

### 3.5.1 O Comportamento Por Região: Microclimas Distintos, Estruturas Urbanas Distintas

- ARNO – Gradiente vegetacional e Amortecimento Térmico

A ARNO apresenta uma das relações mais evidentes entre vegetação e redução térmica. A queda da temperatura com o aumento da proporção de usos naturais demonstra que a região ainda conserva fragmentos vegetais capazes de operar como “ilhas de frescor” distribuídas de maneira relativamente eficiente. A sensibilidade do gradiente térmico à cobertura vegetal mostra que pequenas perdas nessa região poderiam gerar aumentos abruptos de temperatura, expondo sua vulnerabilidade futura caso os padrões de ocupação não sejam controlados, conforme Figura 17.

Figura 17 – Correlação Global entre Temperatura Média (2023) – Arno.



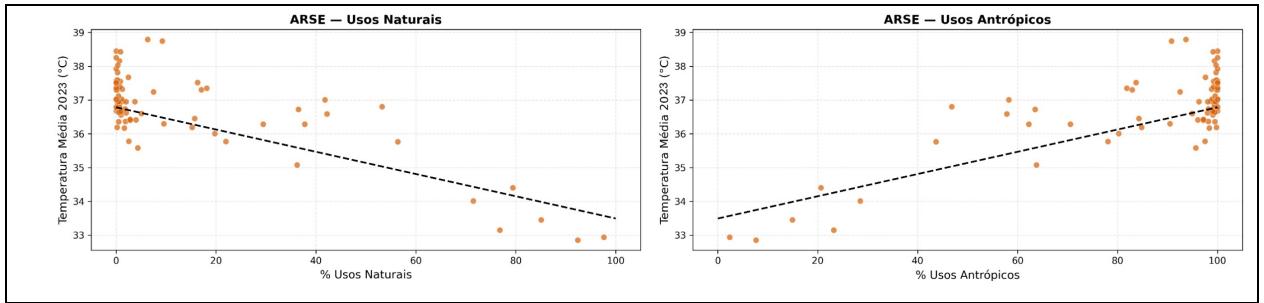
Fonte: Autor (2025)

Do ponto de vista da engenharia civil, essa resposta indica a presença de corredores de ventilação funcionalmente ativos e a relevância de manter a rugosidade vegetal para favorecer trocas térmicas e fluxos convectivos.

- ARSE – Adensamento Urbano, Aquecimento Acentuado

Na ARSE, a relação entre usos antrópicos e aumento térmico é mais intensa e concentrada, sugerindo que esta região possui características físicas típicas de um tecido urbano consolidado: alta densidade de edificações, predominância de pavimentação e baixa presença de superfícies permeáveis. A dispersão relativamente pequena dos pontos em altas porcentagens de urbanização reforça a homogeneidade térmica da região: trata-se de um microclima aquecido, estável e persistentemente exposto à absorção solar, conforme Figura 18.

Figura 18 – Correlação Global entre Temperatura Média (2023) – Arse.



Fonte: Autor (2025)

Esse comportamento é compatível com áreas de urbanização rígida, onde se observa:

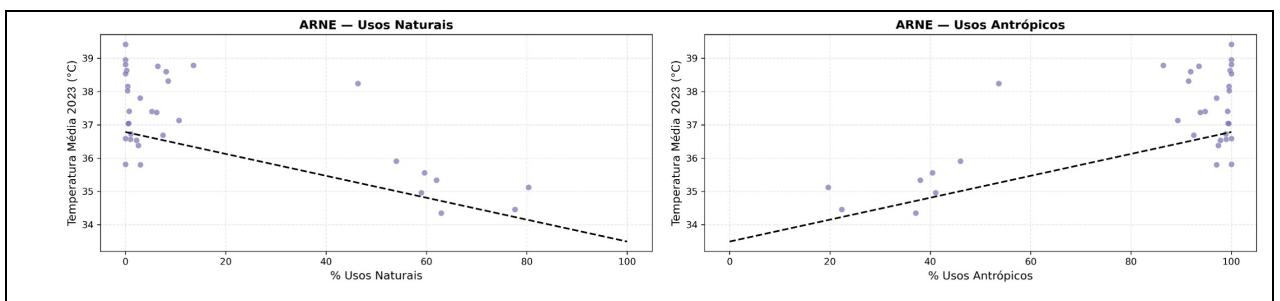
1. confinamento do ar,
2. baixa capacidade de resfriamento noturno,
3. acúmulo constante de calor armazenado em superfícies verticais e horizontais.

A ARSE opera como um núcleo termicamente consolidado dentro do tecido urbano de Palmas.

- ARNE – Alta Sensibilidade às Transformações Urbanas

A ARNE conforme Figura 19, apresenta uma resposta térmica particularmente pronunciada às mudanças no uso do solo. A inclinação acentuada das retas de tendência indica que a substituição da vegetação por áreas construídas impacta profundamente o balanço energético local. Mesmo pequenas variações no índice de naturalidade provocam oscilações significativas na temperatura média anual, revelando que o microclima da ARNE é um sistema frágil, governado por microprocessos térmicos intrínsecos à sua morfologia.

Figura 19 – Correlação Global entre Temperatura Média (2023) – Arne.



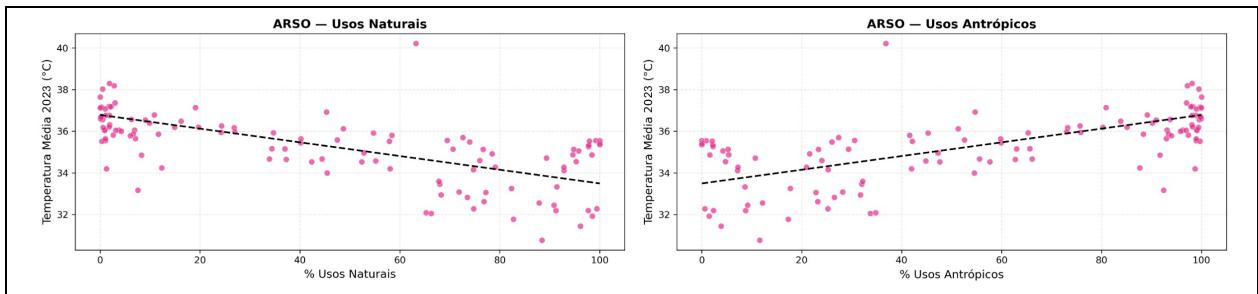
Fonte: Autor (2025)

Nesse caso, a engenharia civil e o planejamento urbano devem atuar de maneira preventiva, preservando remanescentes vegetais estratégicos e evitando adensamentos construtivos não acompanhados de medidas bioclimáticas.

- ARSO – Complexidade do Mosaic Urbano

Na ARSO, conforme Figura 20 os dados exibem maior dispersão, sugerindo uma heterogeneidade estrutural no uso do solo. A região parece combinar áreas densamente urbanizadas com setores ainda parcialmente naturais, gerando uma paisagem térmica mais fragmentada. Apesar disso, a tendência geral permanece: a urbanização eleva a temperatura, enquanto a vegetação a reduz.

Figura 20 – Correlação Global entre Temperatura Média (2023) – Arso.



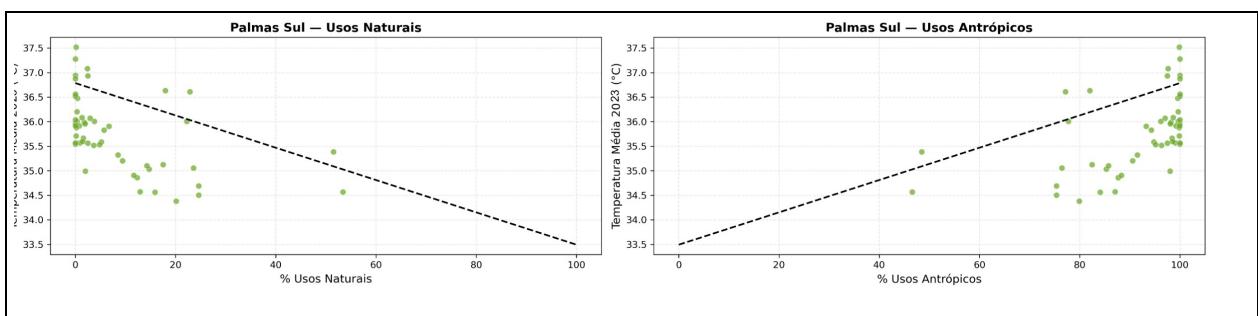
Fonte: Autor (2025)

A variabilidade local parece estar associada a transições rápidas entre áreas naturais e antrópicas, criando microclimas que interferem nos gradientes térmicos regionais.

- PALMAS-SUL – Vulnerabilidade Térmica Extrema

Palmas Sul conforme Figura 21 revela o gradiente térmico mais dramático de toda a análise. A diferença entre áreas majoritariamente naturais ( $\approx 32,5$  °C) e antrópicas ( $\approx 37$  °C) ultrapassa 4°C, um valor extremamente elevado para um intervalo tão curto de variação no uso do solo. Esse comportamento mostra que a região, por estar em rápida expansão e apresentar padrões urbanísticos recentes, ainda não desenvolveu uma estrutura morfológica que permita dissipação térmica eficiente.

Figura 21 – Correlação Global entre Temperatura Média (2023) – Palmas-Sul.



Fonte: Autor (2025)

Palmas Sul é, portanto, o território onde:

1. a substituição da vegetação traz impacto térmico imediato,
2. os corredores de ventilação são frágeis ou insuficientes,

3. os materiais empregados na urbanização recente intensificam a absorção e o armazenamento de calor.

É uma região crítica do ponto de vista microclimático, demandando diretrizes de engenharia que evitem a consolidação de um núcleo quente permanente.

### 3.5.2 Integração Climática e Comportamento Térmico Urbano

Ao analisar o comportamento agregado das regiões, surge um retrato coerente do microclima urbano de Palmas em 2024. A cidade opera sob um sistema térmico fortemente dependente das condições de superfície, onde:

1. a perda de vegetação reduz drasticamente a capacidade de evapotranspiração,
2. a rugosidade urbana aumenta os fluxos turbulentos de calor sensível,
3. materiais de alto calor específico (asfalto, concreto) retêm energia solar ao longo do dia,
4. o resfriamento noturno é limitado por barreiras urbanas e pela impermeabilização.

Essa combinação resulta em um microclima urbano que se comporta como um sistema radiativo-acumulativo, em que a distribuição espacial das temperaturas responde diretamente ao grau de transformação antrópica.

A consistência das correlações mostra que não se trata de um fenômeno isolado, mas sim de um padrão estruturante, replicado em todas as unidades territoriais da cidade.

### 3.5.3 Implicações Para Engenharia Civil e Planejamento Bioclimático

Os resultados possuem grande relevância para diretrizes técnicas. A engenharia civil deve considerar que cada nova área construída não é apenas uma adição espacial, mas uma alteração profunda no balanço energético da região. A expansão urbana sem contrapartidas ambientais tende a amplificar os efeitos térmicos já identificados.

As principais implicações incluem:

- necessidade de manter e ampliar áreas naturais estratégicas,
- uso de materiais frios e pavimentos de baixa absorção,
- implementação de corredores de ventilação que atravessem as regiões mais aquecidas,

- adoção de estratégias construtivas com foco em sombreamento, permeabilidade e dissipação térmica,
- manutenção de conexões vegetais entre ARNO, ARNE e ARSO, que funcionam como moduladores térmicos.

A análise densa dos gráficos demonstra que a temperatura média anual de Palmas é profundamente condicionada pelo tipo de uso e cobertura do solo, e que as transformações urbanísticas recentes estão reorganizando o microclima regional. Os resultados revelam um padrão coerente, forte e estatisticamente robusto, no qual a vegetação atua como reguladora bioclimática essencial, enquanto a urbanização funciona como vetor de aquecimento progressivo.

Trata-se de uma cidade cujo futuro térmico dependerá diretamente da forma como a engenharia civil, o planejamento e as políticas ambientais conseguirão mediar essa relação.

### 3.6 Síntese e Implicações Urbanas

Os resultados obtidos permitem concluir que o microclima urbano de Palmas é integralmente produto da ação humana desde a criação do lago até a forma de expansão e ocupação do solo.

A forte correlação ( $r \approx \pm 0,61$ ) entre a temperatura média e os diferentes tipos de uso confirma que a intensidade térmica depende diretamente da proporção de superfícies artificiais e da ausência de vegetação funcional.

O fato de Palmas-Sul ter se tornado a área mais quente da cidade revela que a expansão horizontal sem planejamento climático é tão impactante quanto a verticalização central. Já as áreas do Brejo Cumprido e da Orla mais arborizada representam microclimas privilegiados, reforçando a necessidade de políticas públicas que democratizem o conforto térmico urbano.

A adoção de estratégias de planejamento climático como corredores de ventilação, arborização contínua, pavimentos de alta refletância e controle de adensamento é essencial para reduzir a desigualdade térmica e evitar que a cidade consolide ilhas de calor permanentes. Palmas, portanto, se configura como um laboratório urbano de artificialização climática, onde cada escolha de uso do solo se traduz diretamente em graus Celsius de diferença.

O desafio futuro não é apenas planejar o crescimento, mas planejar o clima urbano, garantindo que o direito à sombra e ao conforto térmico seja parte do desenho da cidade.



#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo analisar a distribuição espacial da temperatura de superfície terrestre (TST) e compreender sua relação com o conforto térmico urbano na cidade de Palmas/TO, considerando os diferentes padrões de uso e ocupação do solo. Por meio de imagens orbitais do sensor ECOSTRESS, associadas à classificação supervisionada de usos antrópicos e semiantrópicos (verdes e hídricos planejados), foi possível identificar a influência direta das transformações urbanas sobre as condições microclimáticas e sobre o bem-estar térmico da população.

Os resultados confirmaram integralmente a hipótese central de que o aumento da temperatura superficial e a redução do conforto térmico estão diretamente associados ao avanço da urbanização e à escassez de vegetação funcional. As análises demonstraram que a temperatura média da superfície apresentou variações significativas entre os setores urbanos, com destaque para Palmas-Sul, que atingiu valores próximos a 38 °C, e a Orla da Graciosa, com cerca de 37 °C, ambas caracterizadas por elevada impermeabilização e ausência de sombreamento eficaz.

Em contrapartida, o entorno do Brejo Cumprido apresentou temperaturas médias de aproximadamente 33 °C, configurando-se como uma zona de frescor urbano, favorecida por maior cobertura vegetal, umidade superficial e padrão construtivo de baixa densidade. Essas diferenças térmicas indicam que o conforto térmico urbano em Palmas é socialmente condicionado, refletindo não apenas aspectos ambientais, mas também estruturas de desigualdade socioespacial.

Enquanto setores de maior poder aquisitivo dispõem de microclimas amenos, resultantes de planejamento paisagístico, arborização e ventilação adequadas, as áreas populares enfrentam exposição direta ao calor, baixa ventilação e materiais urbanos de alta absorção térmica.

Assim, o desconforto térmico torna-se um indicador de vulnerabilidade urbana, com implicações diretas na saúde pública, no consumo energético e na qualidade de vida. Em termos ambientais, a intensificação das ilhas de calor contribui para o desequilíbrio do balanço energético urbano, agravando fenômenos como secas prolongadas, aumento da evaporação e sobrecarga de drenagem pluvial.

Do ponto de vista social, o desconforto térmico aumenta os riscos de estresse térmico, exaustão e doenças cardiovasculares, especialmente em grupos vulneráveis (idosos, crianças e trabalhadores ao ar livre).

Economicamente, ele impacta o consumo de energia elétrica, com maior demanda por sistemas de refrigeração, e pode afetar a produtividade e os custos operacionais urbanos, tornando a cidade menos eficiente e sustentável.

Portanto, o estudo reforça que o conforto térmico urbano deve ser tratado como um parâmetro central de planejamento tão relevante quanto mobilidade, habitação e saneamento. Mais do que identificar as ilhas de calor, o desafio reside em reverter as ilhas de desconforto, promovendo infraestruturas verdes, corredores de ventilação, pavimentação de alta refletância e sombreamento contínuo.

O conforto térmico, nesse sentido, é um direito ambiental urbano e uma condição indispensável para o desenvolvimento sustentável de cidades tropicais.

Todos os objetivos da pesquisa foram integralmente atendidos:

O mapeamento de uso e cobertura do solo revelou o predomínio de áreas impermeabilizadas e a escassez de vegetação funcional, especialmente no sul e no centro da cidade; A análise térmica e as correlações ( $r \approx \pm 0,61$ ) confirmaram a forte dependência entre o tipo de ocupação e o conforto térmico superficial; A comparação entre Palmas-Sul, Orla da Graciosa e Brejo Cumprido permitiu compreender a coexistência de aquecimento horizontal, aquecimento verticalizado e zonas de frescor urbano, respectivamente.

Conclui-se, assim, que a qualidade térmica do ambiente urbano de Palmas é resultado direto de suas decisões de planejamento e uso do solo. A cidade, originalmente concebida para ser moderna e ambientalmente equilibrada, vem enfrentando os mesmos problemas das metrópoles consolidadas: impermeabilização excessiva, fragmentação de áreas verdes e desigualdade climática interna. O conforto térmico deve, portanto, ser incorporado de forma permanente aos instrumentos de gestão territorial e ambiental, orientando o futuro crescimento urbano.

#### **4.1 Contribuições Desta Monografia**

A principal contribuição desta monografia é demonstrar, de maneira integrada, como o conforto térmico urbano pode ser quantificado, mapeado e interpretado a partir de dados de satélite, oferecendo um modelo replicável para outras cidades médias do Cerrado.

O trabalho reforça a relevância técnico-científica do sensor ECOSTRESS na análise térmica intraurbana, ampliando o entendimento sobre as relações entre forma urbana, materiais construtivos e bem-estar térmico.

Do ponto de vista ambiental, a pesquisa evidencia que o microclima urbano é resultado direto da artificialização da paisagem, destacando a necessidade de incorporar parâmetros bioclimáticos na expansão urbana.

Sob o ponto de vista social, o estudo revela o caráter desigual do conforto térmico, fortalecendo o debate sobre justiça climática e direito à cidade termicamente equilibrada.

No aspecto econômico, aponta os impactos potenciais do desconforto térmico sobre o consumo energético, custos com saúde pública e valorização imobiliária desigual, fatores que reforçam a importância de políticas de mitigação térmica no planejamento urbano.

Em síntese, o trabalho contribui para consolidar o conforto térmico como eixo estruturante do urbanismo contemporâneo, mostrando que sua ausência agrava problemas sociais e ambientais e compromete a sustentabilidade do território.

## 4.2 Trabalhos futuros

Durante o desenvolvimento desta pesquisa, foram identificadas diversas oportunidades de ampliação e aprofundamento dos estudos sobre conforto térmico urbano, abrangendo desde análises ambientais até aplicações diretas na Engenharia Civil, Arquitetura e Planejamento Urbano.

Essas possibilidades apontam caminhos para aprimorar o entendimento e a mitigação dos efeitos térmicos nas cidades tropicais planejadas.

Entre as principais propostas, destacam-se:

- Análise multitemporal do conforto térmico (2015–2025), a fim de acompanhar a evolução térmica de Palmas e avaliar a relação entre expansão urbana e aumento da temperatura de superfície;
- Integração de dados orbitais, medições de campo e modelagem microclimática, utilizando sensores térmicos móveis e softwares como ENVI-met, QGIS Climate Tools e CFD, para correlacionar temperatura de superfície e sensação térmica real da população;

Estudos em Engenharia Civil sobre novos materiais e soluções construtivas para mitigação térmica, incluindo:

- Pavimentos frios (cool pavements) e revestimentos de alta refletância solar (alto albedo), que reduzem a absorção de calor em vias e calçadas;

- Telhados verdes e coberturas reflexivas, como estratégias de isolamento térmico passivo em edificações residenciais e comerciais;
- Tintas termo-refletivas e argamassas com propriedades de dissipação térmica, aplicáveis a fachadas expostas;
- Pavimentações permeáveis e materiais porosos, que contribuem para a evaporação e resfriamento superficial;
- Concretos fotocatalíticos e refratários, capazes de mitigar o calor acumulado em superfícies urbanas densas;
- Avaliação de desempenho térmico de edificações, com base em normas da ABNT NBR 15220 (Desempenho Térmico de Edificações) e da NBR 15575 (Desempenho Global de Edificações Residenciais), relacionando materiais, orientação solar e ventilação natural.

Proposição de diretrizes construtivas e urbanísticas voltadas ao conforto térmico, integrando a engenharia e o urbanismo, como:

- Projetos de fachadas ventiladas e brises solares que reduzam a carga térmica direta;
- Planejamento de corredores de ventilação e zonas de resfriamento urbano interligando parques, praças e vias principais;
- Aplicação de modelos paramétricos de conforto térmico em projetos públicos, priorizando materiais sustentáveis e estratégias passivas de climatização.

Investigação dos impactos energéticos e econômicos do calor urbano, quantificando o aumento da demanda elétrica por refrigeração e os custos associados à perda de eficiência térmica nas edificações;

Proposição de um Plano Diretor Climático para Palmas, com base em indicadores técnicos de conforto térmico, que estabeleça metas mínimas de cobertura vegetal, albedo de superfícies e padrões construtivos adaptados ao clima tropical;

Estudos comparativos intermunicipais, aplicando a mesma metodologia em outras cidades médias do Cerrado, para identificar soluções construtivas e urbanas de melhor desempenho térmico.

Essas propostas demonstram que o enfrentamento do desconforto térmico urbano requer integração multidisciplinar, envolvendo tanto o planejamento urbano quanto a engenharia de materiais, edificações e infraestrutura.

O avanço nessa linha permitirá desenvolver cidades climaticamente adaptadas, nas quais a escolha dos materiais e das técnicas construtivas seja orientada por critérios térmicos, energéticos e ambientais, e não apenas econômicos.

Em última análise, o futuro das cidades tropicais, como Palmas, depende da capacidade de engenheiros, arquitetos e urbanistas planejarem o ambiente construído com base em indicadores térmicos e estratégias de mitigação do calor.

Investir em pesquisa sobre materiais de construção sustentáveis, sistemas passivos de ventilação e pavimentações de alto desempenho térmico é essencial para que o conforto térmico urbano se torne um componente intrínseco da engenharia moderna e da justiça ambiental.

## REFERÊNCIAS

### Artigos / Livros

- AKBARI, H.; ROSENFELD, A. H.; TAHA, H. Summer heat islands, urban trees, and white surfaces. *ASHRAE Transactions*, v. 98, n. 1, p. 235-242, 1992.
- ALBUQUERQUE, J. Cidades Concretadas: O Impacto da Verticalização no Microclima. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2018. p. 72.
- ALLEYNE, G. La salud y el desarrollo humano. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, Washington, DC, v. 120, n. 1, p. 1-10, ene. 1996.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, L. R. et al. Influência do Lago Paranoá no microclima urbano de Brasília. In: *Revista de Geografia*, v. 2, n. 4, p. 110-125, 2012.
- AMARAL, Francisco O. M. do. Especulação imobiliária e segregação social em Palmas do Tocantins: uma análise a partir dos programas habitacionais no período de 2000 a 2008. 2009. 133 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- AMENDOLA, E. C.; COAGUILA, D. N. C. Variabilidade Espacial da Temperatura Superficial de Ecossistemas Sensíveis. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2015.
- AMORIM, M. C. C. T.; MONTEIRO, L. M.; CORRÊA, R. R. Efeitos da verticalização e da densidade urbana no conforto térmico em cidades brasileiras. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENCAC), 13.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ELACAC), 9., 2012, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: ANTAC, 2012.
- ANDERSON, Conor I.; GOUGH, William A.; MOHSIN, Tanzina. Characterization of the urban heat island at Toronto: Revisiting the choice of rural sites using a measure of day-to-day variation. *Sustainable Cities and Society*, v. 25, n. 1, p. 187-195, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095518301706>. Acesso em: 13 abril. 2025.
- ANDRADE, R. D. C. Processos decisórios na Câmara dos Vereadores e na Assembleia Legislativa de São Paulo. In: ANDRADE, R. D. C. A. (Org.). *Processo de governo no município e no Estado: uma análise a partir de São Paulo*. São Paulo: EDUSP, 1998. p. 15-40.
- ARNFIELD, A. J. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology*, v. 23, n. 1, p. 1-24, 2003.
- ATKINSON, G. A. An introduction to tropical building design. *Architectural Design*, v. 1, n.1, out. 1953.

- AKINSON, G. A. Building in the tropics. RIBA Journal, Londres, jun. 1950, p. 313-320.
- AULICIERTS, Andris. The atmospheric environment: a study of comfort and performance. Toronto: University of Toronto Press, 1972.
- AZEVEDO, N. R.; ANDRADE, C. A. L. Análise da influência do lago da UHE Lajeado sobre as características climáticas de Palmas-TO. *Revista Geonorte*, v. 2, n. 4, p. 119-129, 2011.
- BASS, Brad; KOUKIDIS, Eleni. REDUCING URBAN HEAT ISLANDS: SIMULATING AGGREGATE GREEN ROOF PERFORMANCE. In: CITIESALIVE!: 10th Annual Green Roof and Wall Conference, 2012. Proceedings [...]. p. 1-12. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/303136117\\_The\\_impact\\_of\\_green\\_roofs\\_on\\_Toronto%27s\\_urban\\_heat\\_island](https://www.researchgate.net/publication/303136117_The_impact_of_green_roofs_on_Toronto%27s_urban_heat_island). Acesso em: 18 abril 2025.
- BARROS, J. C. Impactos do lago de Palmas sobre a umidade do ar e o clima local. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Tocantins, 2016.
- BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. Atmosphere, weather and climate. Londres: Methuen, 1968.
- BAZOLLI, J. A. Os Efeitos dos vazios urbanos no custo de urbanização da Cidade de Palmas – TO. 2007. 154 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2007.
- BAZOLLI, J. A. Os efeitos dos vazios urbanos no custo de urbanização da cidade de Palmas. Estudos Geográficos Unesp, Rio Claro, v. 7, n. 1, p. 103-123, jan. 2009.
- BAZOLLI, J. A. Dispersão urbana e instrumentos de gestão: dilemas do poder local e da sociedade em Palmas/TO. 2012. 333 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.
- BAZOLLI, J. A. A geopolítica da expansão urbana de Palmas. In: REIS, P. O. B. (Org.). Palmas um projeto e múltiplos olhares. Palmas-TO: Eduft, 2015. p. 49-62.
- BAZOLLI, J. A. Democracia participativa: direito à cidade sustentável e com qualidade de vida. In: ARAGÃO, Alexandra. et al. (Org.). Direito e ambiente para uma democracia sustentável: diálogos multidisciplinares entre Portugal e Brasil. Curitiba: Instituto Memória, 2015. p. 449-467.
- BAZOLLI, J. A. Parcelamento, edificação e utilização compulsórios (Peuc): avaliação e resultados da aplicação em Palmas-TO. Revista de Direito à Cidade - UERJ, Rio de Janeiro, v. 08, n. 4, p. 1254-1276, ago. 2016.
- BAZOLLI, J. A. Contradições da expansão urbana: análise em Palmas. In: BAZOLLI, J. A. et al. (Org.). O papel da extensão universitária como indutora da participação social: Palmas participa. Palmas-TO: EDUFT, 2017.
- BAZZOLI, Juliana. *Verticalização e expansão urbana em Palmas: entre o planejamento e a especulação imobiliária*. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2019.

BAZZOLI, João A. Palmas em foco: contradições de uma cidade planejada. Palmas: EDUFT, 2019. 120 p. Disponível em: <https://docs.uft.edu/share/proxy/alfresco-noauth/api/internal/shared/node/8qrSMhLpTGev1BFpQ0YGJg/content/Palmas%20em%20foco,%20contradi%C3%A7%C3%A5es%20de%20uma%20cidade%20planejada.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2025.

BAZZOLI, Rodrigo de Sousa. Habitação como mercadoria: urbanização, financeirização, e reificação da moradia em Palmas (TO). 2019. 199 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional, 2019.

BELDING, H. S. Resistance to heat in man and other hereto fcliaxtnic animals. *Thertnobiology*, Londres: Academic Press, 1967.

BELDING, H. S.; HATCH, T. F. Index for evaluating heat stress in terras of resulting physiological strains. *Heating, Piping and Air-Conditioning Journal*, ago. 1955.

BENINI, Édi Augusto. Vazios e expansão urbana ou gestão pública do território urbano? *Jornal do Tocantins*, Palmas, Ano XI. Caderno Opinião. p. 4, 26 nov. 2011. Disponível em: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxwYWxtYXNlbWZvY298Z3g6ZTczNjY0ZWEwYTlNmVh>. Acesso em: 08 jun. 2025.

BUDYKO, M. I. The heat balance of the earth's surface. US leather Bureau, 1956.

BURBERRY, Peter. Building for energy conservation. Londres: The Architectural Press, 1970.

BURTON, A. C. Research Report C-2757. Association of Commercial Aviation Medicine, nov. 1944.

CARDOSO, A. L. Irregularidade urbanística: questionando algumas hipóteses. *Cadernos Metrópole*, São Paulo, v. 10, p. 9-25, jan./jun. 2007.

CARDOSO, Adauto Lúcio; ARAGÃO, Thênis Amorim. A reconstrução do setor imobiliário e o programa Minha Casa Minha Vida. In: MEDONÇA, Jupira Gomez de; COSTA, Heloísa Soares de Moura. Estado e capital imobiliário: convergência atuais na produção do espaço urbano brasileiro. Belo Horizonte: C/arte, 2011. p. 81-104.

CARDOSO, M. P. Análise da influência do Lago Paranoá nas variáveis climáticas de Brasília. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

CARLOS, A. F. A. A cidade. 8. ed. São Paulo: Contexto, 2005.

CARLOS, A. F. A. Diferenciação socioespacial. *Cidades*, Presidente Prudente, v. 4, n. 6, p. 45-60, ago. 2007.

CARLOS, A. F. A. A (Re)produção do Espaço Urbano. São Paulo: EDUSP, 2008.

CARLOS, A. F. A. A condição espacial. São Paulo: Contexto, 2011.

CARLOS, A. F. A. Da “organização” à “produção” do espaço no movimento do pensamento geográfico. In: SPOSITO, M. E. B.; SOUZA, M. L. D.; CARLOS, A. F. A. (Org.). A produção do espaço urbano: agentes e processos, escalas e desafios. São Paulo: Contexto, 2011. p. 53-73.

CBN. Sistema Globo de Rádio. In: Programa - CBN Debate, 8 jul. 2011. REZENDE, F.; OLIVEIRA FILHO, W. A. Palmas: Plano-Diretor de Palmas, 2012. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1wAnQq6HhwMIYUuV4hnnC4zKgake-E4jg/view?usp=sharing>. Acesso em: 1 jun. 2025.

CBN. Sistema Globo de Rádio. In: Programa - CBN Tocantins, 19 abr. 2012. MIRANDA, B. R. de S. Palmas: Plano-Diretor/Palmas, 2012. Disponível em: [https://drive.google.com/file/d/1\\_Nj40kE7Mqhj5A26lZKFfrhCiYvVfmcB/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1_Nj40kE7Mqhj5A26lZKFfrhCiYvVfmcB/view?usp=sharing). Acesso em: 1 jun. 2025.

CBN. Sistema Globo de Rádio. In: Programa - CBN Debate, 21 abr. 2012. DIAS, D.; OLIVEIRA FILHO, W. A.; SILVA, V. T.; REZENDE, F. REIS; P. O. B. dos. Palmas: Plano-Diretor/Palmas, 2012. Disponível em: [https://drive.google.com/open?id=1mEf6LC4IKx4tyAj\\_5CLDNow6NeHsEBfC](https://drive.google.com/open?id=1mEf6LC4IKx4tyAj_5CLDNow6NeHsEBfC). Acesso em: 1 jun. 2025.

CHANDLER, T. J. Urban climatology and its relevance to urban design. Technical Note H° 149, World Meteorological Organization, Genebra, 1976.

CHEW, S. F. et al. The role of green infrastructure in urban heat island mitigation: a case study of Singapore. *Building and Environment*, v. 112, p. 250-258, 2017.

CLIMATE-DATA.ORG. Guarujá: Clima, temperatura média, dados meteorológicos. [s.d.]. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/guaruja-10723/>. Acesso em: 1 mai. 2025.

CONSOLAZIO, C. F. et al. *Physiological measurements of metabolic functions in man*. Nova York: Mc Graw-Hill, 1963.

COOPER, P. I. The absorption of solar radiation on solar stills. *Solar Energy*, v. 12, n. 3, 1969.

CORRÊA, R. L. *O espaço urbano*. 3. ed. São Paulo: Ática, 1995.

CORRÊA, Roberto Lobato. *O espaço urbano*. São Paulo: Ática, 1995.

CORREA, Robson Freitas. LEITURA TÉCNICA DOS INSTRUMENTOS DA POLÍTICA URBANA DA OUTORGA ONEROSA DO DIREITO DE CONSTRUIR E MUDANÇA DE USO OODCMU – ESTUDO DE IMPACTO DE VIZINHANÇA E RELATÓRIO DE IMPACTO DE VIZINHANÇA - EIV/RIV - 2007 – 2016. Relatório Técnico. Palmas/TO: Palmas, 2017.

CRITCHFIELD, Howard J. *General climatology*. 3. ed. Englewood Cliffs, Nova Jersey: Prentice Hall Inc., 1974. (1. ed. 1960).

- CUENCA, A. M. B. et al. Guia de apresentação de teses. 2. ed. São Paulo: A Biblioteca, 2008.
- CYMBALISTA, R. Projeto Palmas Minha Cidade. Jornal do Tocantins, Palmas, Ano X. Caderno Especial, p. 6, 6 set. 2010.
- DEUTSCHE, Rosalyn. Evictions, Art and Spatial Politics. Cambridge, Massachusetts; Londres, Inglaterra: The MIT Press, 1996. p. XXIV e op. cit. p. 278.
- DIARINHO. Os riscos do sombreamento excessivo. Diarinho.net, Balneário Camboriú, 3 jun. 2019. Disponível em: <https://diarinho.net/materia/554190/os-riscos-do-sombreamento-excessivo>. Acesso em: 04 mai. 2025.
- DUATO, José; YALAMANCHILI, Sudahakar.; NI, Lionel. Interconnection networks: an engineering approach. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 1997.
- DUFFIE, J. A.; BECKMAN, W. A. Solar energy thermal processes. Nova York: J. Wiley & Sons, 1974.
- ELLIS, F. P. Thermal comfort in warm and humid atmospheres-observations on groups and individuals in Singapore. Journal of Hygiene, v. 51, p. 386-404, set. 1953.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. Urban sprawl in Europe: the ignored challenge. Copenague: EEA, 2006. 56 p. (Report, 10).
- EVANS, Martin. Designing in the tropics. The Architects Journal, v.1, n.1, p. 977-988, 16 nov. 1977.
- EVANS, Martin. Housing, Climate and Comfort. Londres: The Architectural Press, 1980.
- FANGER, P. O. Thermal comfort. Nova York: McGraw-Hill, 1973.
- FINCO, Marcus. Plano Diretor de Palmas: uma questão de Moral Hazard. Jornal do Tocantins, Palmas, Ano XI. Caderno Opinião, p. 4, 20 nov. 2011. Disponível em: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxwYWxtYXNlbWZvY298Z3g6M2I1NzUyYTJjODllNDVkMw>. Acesso em: 7 mai. 2025.
- FLEAGLE, R. G.; BUSINGER, J. A. An introduction to atmospheric physics. Nova York: Academic Press, 1963.
- FREITAS, A. F.; MELO, B. C. B.; SANTOS, J. S.; ARAÚJO, L. E. Avaliação microclimática em dois fragmentos urbanos situados no Campus I e IV da Universidade Federal da Paraíba. Revista da Universidade Federal da Paraíba, 2013.
- FRY, M.; DREW, J. Tropical architecture in the dry and humid zones. Nova York: Krieger, 1975.
- GAGGE, A. P.; BURTON, A. C.; GAZATT, H. C. A practical system of units for the description of the heat exchange of man and his environment. Science, n. 94, 1941.

- GARCÍA, E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kùppen (para adaptarlo a las condiciones de la repùblica mexicana). 2. ed. México: UNAM, Instituto de Geografía, 1973.
- GARTLAND, L. Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- GARTLAND, Lisa. Ilhas de Calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- GATES, D. M. Energy exchange in the biosphere. Londres; Nova York: Harper & Row, 1965.
- GEHL, Jan. Cidades para pessoas. Tradução: Anita Di Marco. São Paulo: Perspectiva, 2013.
- GEIGER, R. The climate near the ground. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1965.
- GIVONI, B. Estimation of the effect of climate on man: development of a new thermal index. Research report for UNRSBO, Building Research Station, Technion, Haifa, 1963.
- GIVONI, B. (Ed.). Man, climate and architecture. 2. ed. Nova York: Van Reinholt Nostrand, 1976.
- GIVONI, B.; BERNER-NIR, E. Effect of solar radiation on physiological heat strain in relation to work and clothing. Research report for US Public Health Service, Building Research Station, Technion, Haifa, 1967.
- GIVONI, B.; GOLDMAN, R. F. Predicting heart rate response to work, environment and clothing. *Journal of Applied Physiology*, v. 34, n. 2, 1973.
- GRUPOQUATRO, Arquitetura Sociedade Simples Ltda. Plano Diretor de Palmas. Palmas, 1988. Disponível em: <https://fernandoteixeira.arq.br/inicio/escritorio/urbanismo/plano-diretor-palmas-to/>. Acesso em: 7 mai. 2025.
- 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 Seminário de Pós-Graduação em Engenharia Urbana*, 2012.
- HAINES, G. F.; HATCH, T. Industrial heat exposures. *Heating and Ventilating*, nov. 1952.
- HARADA, K. Direito Urbanístico: Estatuto da Cidade. Plano Diretor Estratégico. São Paulo: NDJ, 2004.
- HARVEY, David. Cidades rebeldes: do direito à cidade à revolução urbana. Tradução: Jeferson Camargo. São Paulo: Martins Fontes, 2014.
- HE, D. et al. The urban thermal environment of Singapore. *Urban Climate*, v. 14, p. 119-129, 2015.

Hidrelétrica Luiz Eduardo Magalhães. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 7, n. 4, p. 777-789, 2014.

HIRAO, F. H. Projeto Palmas Minha Cidade. Jornal do Tocantins, Palmas, p. 6, 6 nov. 2009. Caderno Especial Aureny.

HOUGHTEN, F. C.; YAGLOU, C. P. Determination of the comfort zone. Transactions of American Society of Heating and Ventilating Engineers, n. 655, v. 29, 1963.

IBGE. Censo Demográfico 2010: primeiros resultados. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br>. Acesso em: 17 mai. 2025.

IBGE. Áreas urbanizadas do Brasil: 2015. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Geografia, 2017. 28 p. (Relatórios metodológicos, ISSN 0101-2843; v. 44). ISBN 978-85-240-4422-9.

IBGE. Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2018. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, [2018]. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas\\_de\\_Populacao/Estimativas\\_2018/estimativa\\_dou\\_2018\\_20181019.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2018/estimativa_dou_2018_20181019.pdf). Acesso em: 17 abr. 2025.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Séries históricas de dados climáticos – Palmas/TO. Brasília, 2025.

INSTITUTE OF HEATING AND VENTILATING ENGINEERS. IHVE Guide. Londres: IHVE, 1976.

IPCC. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

JÚNIOR, M. J. F. Impactos sociais da implantação da UHE Lajeado/TO sobre as comunidades pesqueiras. Monografia de Pós-graduação, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2017.

KERSLAKE, D. Mck. The stress of hot environments. Nova York: Cambridge University Press, 1972.

KOENIGSBERGER, O. H. et al. Vivienda y edificios en zonas calidas y tropicales. Madrid: Editorial Paraninfo, 1977.

KÖPPEN, W. Climatología. México: Fondo de Cultura Económica, 1948.

KRÜGER, E.; GOBO, J.; LASMAR, C.; TEJAS, G.; SOUZA, R. O IMPACTO DA URBANIZAÇÃO NO CLIMA LOCAL DA CIDADE DE PALMAS-TO. 2023. [Número de Páginas. Artigo em Anais de Evento. XVII ENCAC. out. 2023.

KOSAKA, H. A. et al. The relationship between apparent temperature and daily mortality during heat waves in Tokyo, Japan. Atmospheric Environment, v. 45, n. 30, p. 5440-5447, 2011.

- LANDSBERG, H. E. Microclimatic research in relation to building construction. *Architectural Forum*, mar. 1947, p. 114-119.
- LANDSBERG, H. E. et al. *World maps of climatology*. Berlim: Springer, 1965.
- LANDSBERG, H. E. The climate of towns. In: *Man's role in changing the face of the earth*. Chicago: University of Chicago Press, 1956.
- LANDSBERG, H. E. *The Urban Climate*. USA: Academic Press, 1981.
- LEE, Douglas H. K. *Physiological objectives in hot weather housing*. Washington, D.C.: HHFA, 1953.
- LEE, D. H. K. *Physiological climatology*. In: JAMES, P. E.; JONES, C. F. (Ed.). *American Geography, Inventory and Prospects*. Syracuse: Syracuse University Press, 1954.
- LEFEBVRE, Henri. *O direito à cidade*. Tradução Rubens Eduardo Frias. 5. ed. São Paulo: Centauro Editora, 2011.
- LENIHAN, J.; FLETCHER, W. *Environment and man health and the environment*. v. III. Nova York; San Francisco: Academic Press, 1976.
- LINARES, Eduardo; SEGAMI, Mario. *Clima-confort en arquitectura*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 1976.
- LIRA, E. R. *A gênese de Palmas-Tocantins: a geopolítica de (re)ocupação territorial na Amazônia Legal*. Goiânia: Kelps, 2011.
- LOCKWOOD, J. G. *World climatology, an environmental approach*. Londres: Arnold, 1976.
- LOMBARDO, Mário A. *Ilhas de Calor nas Metrópoles: O exemplo de São Paulo*. São Paulo: Hucitec, 1985.
- LOWRY, William P. *The climate of cities*. *Scientific American*, v. 217, n. 2, p. 15-23, 1967.
- MAGNAVITA, P. R. Ética, planejamento e construção democrática do espaço. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPUR, 9., 2001, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: ANPUR, 2001. p. 67-87.
- MARICATO, E. *Brasil, Cidades: alternativas para a crise urbana*. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 2008.
- MARICATO, E. *O impasse da política urbana no Brasil*. Petrópolis: Vozes, 2011.
- MAYAL, R. N.; M. L. Sundials. Boston: Charles T. Branford, 1958.
- MCCANN, B. *Driven to spend, the impact of sprawl on household transportation expenses*. Surface Transportation Policy Project, 2000. Disponível em: <http://transact.org/wp-content/uploads/2014/04/DriventoSpend.pdf>. Acesso em: 19 mai. 2025.
- MCDONALD, R. I. et al. *Urbanization, habitat loss, and the decline of freshwater fishes in the United States*. *Conservation Biology*, v. 22, n. 6, p. 1475-1483, 2008.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MERRILLS, R.; GAGE, T. (Ed.). Energy Primer, solar, water, wind and biofuels. Nova York: Portola Institute, 1974.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL DO TOCANTINS. Justiça Federal declara projeto BRT Palmas ilegal. MPF Notícias, Palmas, 2016. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/to/sala-de-imprensa/noticias-to/justica-federal-declara-projeto-brt-palmas-ilegal>. Acesso em: 17 jun. 2025.

MINVU CHILE. Guía de Diseño Urbano para la Ventilación en Ciudades. Santiago: MINVU Chile, 2019.

MIRANDA, M. A. S. D. A dinâmica da configuração sócio espacial na cidade de Niterói: um estudo da mobilidade residencial. 2004. 142 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

MIRANDA, L. I. B. Planejamento em Áreas de Transição Rural-Urbana: Velhas Novidades em Novos Territórios. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais (ANPUR), v. 11, p. 83-100, 2008.

MORAES, M. L. A segregação planejada: Goiânia, Brasília e Palmas. Goiânia: UCG, 2003.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Teoria e clima urbano. 1975. Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Teoria e clima urbano: um projeto e seus caminhos. Clima urbano. Tradução. São Paulo: Contexto, 2003. . Disponível em: [https://biblio.fflch.usp.br/Monteiro\\_CAF\\_22\\_1356556\\_TeoriaEClimaUrbano.pdf](https://biblio.fflch.usp.br/Monteiro_CAF_22_1356556_TeoriaEClimaUrbano.pdf). Acesso em: 17 jun. 2025.

NASCIMENTO, João L. de Souza. Expansão do Plano Diretor ou planejamento urbano ordenado? Jornal do Tocantins, Palmas, Ano XI. Caderno Opinião, p. 4, 17 nov. 2011. Tendências e ideias. Disponível em: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxwYWxtYXNlbWZvY298Z3g6NmFjOTdkZWEzMgZiNThlNw>. Acesso em: 17 jun. 2025.

NG, E. et al. Urban ventilation studies for urban planning and design. Applied Energy, v. 97, p. 1-13, 2012.

NEIBURGER, M.; EDIRTGER, J.; BONNER, W. Understanding our atmospheric environment. São Francisco: W. M. Freeman Co., 1973.

OLIVEIRA, G. S.; VIEIRA, C. P. A influência da formação do Lago de Palmas/TO sobre a vegetação nativa do Cerrado. Anais do XI Congresso de Ecologia do Brasil, 2016.

OKE, T. R. The energy balance of the urban surface. Climatological Bulletin, v. 31, p. 3-10, 1982.

OKE, Timothy R. *Boundary Layer Climates*. London: Routledge, 1987.  
 ROMERO, Marta Adriana Bustos. *Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano*. São Paulo: CopyMarket.com, 2000.

OKE, T. R. *Boundary Layer Climates*. 2. ed. Routledge, 1987

OLIVEIRA FILHO, Walfredo A. Vazio urbano ou de ideias? *Jornal do Tocantins*, Palmas, Ano XI. Caderno Opinião, p. 4, 12 nov. 2011. Tendências e ideias. Disponível em: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxwYWxtYXNlbWZvY298Z3g6NTE2NGU0MmI1N2UxMGIxNg>. Acesso em: 17 mai. 2025.

OLIVEIRA, Luciel Henrique. Quadros, tabelas e figuras: como formatar, como citar, qual a diferença? 2007. Disponível em: [http://www.administradores.com.br/producao\\_academica/quadros\\_tabelas\\_e\\_figuras\\_como\\_formatar\\_como\\_citar\\_qual\\_a\\_diferenca/436](http://www.administradores.com.br/producao_academica/quadros_tabelas_e_figuras_como_formatar_como_citar_qual_a_diferenca/436). Acesso em: 17 mai. 2025.

OLIVEIRA, L. M.; MENEZES, P. R. A expansão da urbanização em Palmas/TO: uma análise da dinâmica da ocupação e dos impactos ambientais. *Revista da FAPTO*, Palmas, v. 9, n. 1, p. 165-178, jan./jun. 2019. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/desafios/article/view/5845/15270>. Acesso em: 17 mai. 2025.

OLIVEIRA, Fernanda B. DECISÕES PROJETUAIS A FAVOR DA ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA. 2017. 7 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2017.

OLIVEIRA, Silva A.; OLIVEIRA, M. CONFORTO TÉRMICO SUSTENTÁVEL PARA EDIFICAÇÕES EM PALMAS: ESTRATÉGIAS RECOMENDADAS E ANÁLISE DE EDIFICAÇÕES. 2017. 8 f.– Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2017.

OLGYAY, Aladar. *Solar control and shading devices*. Princeton: Princeton University, 1957.

OLGYAY, Victor. *Design with climate*. Princeton: Princeton University Press, 1963.

OLIVER, J. E. *Climate and man's environment: an introduction to applied climatology*. Nova York: Wiley, 1973.

ORSI, F. C. *Orçamento participativo: uma metodologia em ascensão*. São Paulo: UNIFES, 2001.

PALMAS. Lei Complementar nº 400, de 2 de abril de 2018. Revisão do Plano Diretor Participativo do Município de Palmas. *Diário Oficial do Município*, 2018.

PARDUE, Derek. A cidade está em falência: viva a cidade!. In: NIELSEN, Morten. *Revista do Programa de Pós-Graduação em Sociologia da USP*, São Paulo, v. 25.2, p. 169-181, 2018.

PETERSON, James T. *The climate of cities: a survey of recent literature*. Raleigh, N.C.: US Department of Health, Education and Welfare, 1969.

PETHERBRIDGE, P. *Data for the design of the thermal and visual environments in buildings in warm climates*. Current Paper 8/74, Building Research Establishment, Watford, 1974.

PETHERBRIDGE, P. Sunpath diagrams and overlays for solar heat gain calculations. Londres: HMSO, 1969.

PILKINGTON GLASS. Windows and environment. [Local]: Pilkington Environmental Adsivory Service, 1969.

PORTAL GLOBO. Espanha registra 500 mortes por onda de calor que agravou incêndios na Europa. G1, 20 jul. 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/mundo/noticia/2022/07/20/espanha-registra-500-mortes-por-onda-de-calor-que-agravou-incendios-na-europa.ghtml>. Acesso em: 21 mai. 2025.

PRALON, E. M.; FERREIRA, G. N. Centralidade da Câmara Municipal de São Paulo no processo decisório. In: ANDRADE, R. D. C. (Org.). Processo de governo no Município e no Estado. São Paulo: EDUSP, 1998. p. 73-86.

PRESTES, Vanêscia B. Corrupção urbanística: da ausência de diferenciação entre direito e política no Brasil. Belo Horizonte: Forum, 2018.

PUPPO, Ernesto; GIORGIO, Acondicionamiento natural en arquitectura. Barcelona: Ilarcombo-Boixareu, 2013.

QUEIROZ, C. A. Clima urbano e o Lago Paranoá: análise das modificações ambientais em Brasília. *Revista Geográfica de Brasília*, v. 4, n. 2, p. 55-70, 2017.

QUEIROZ, C. V. C. O Lago Paranoá e a história de Brasília. Monografia de Especialização, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2017.

RAMÓN, F. Confort térmico en una situación urbana. Madrid: COAM, 1977.

RAMÓN, F. Ropa, sudor y arquitecturas. Madrid: Editorial Blume, 1980.

REIS, P. O. B. dos. Modernidades tardias no cerrado – arquitetura e urbanismo na formação de Palmas. Florianópolis: Insular, 2018.

RODRIGUES, Waldecy. Plano diretor e sustentabilidade urbana. Jornal do Tocantins, Palmas, Ano XI. Caderno Opinião, p. 4, 6 dez. 2011. Tendências e ideias. Disponível em: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxwYWxtYXNlbWZvY298Z3g6NDBhOTg2YjgxMTE4NzgyMg>. Acesso em: 7 jun. 2025.

ROLNIK, Raquel. Guerra dos lugares: a colonização da terra e da moradia na era das finanças. 1. ed. São Paulo: Boitempo, 2015.

RODOVALHO, S. A. Palmas, do projeto ao plano: o papel do planejamento urbano na produção do espaço. 2012. 193 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2012.

RODRIGUES, Marcely. *A verticalização de Palmas: análise do processo e distribuição espacial das edificações verticais (1989–2010)*. Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Tocantins, 2015.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano. Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano. Book January. CopyMarket.com, 2000.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. Arquitetura Bioclimática do Espaço Público. Brasília: Editora UnB, 2001.

ROMERO, M. A. B. *Planejamento e conforto ambiental urbano*. Brasília: Editora UnB, 2001.

ROSE, A. H. *Thermobiology*. Londres: Academic Press, 1967.

ROSENZWEIG, C. et al. Climate Change and Cities: First Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

SAILOR, D. J. A review of urban heat island phenomena and their implications for urban sustainability. *Sustainable Cities and Society*, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2008.

SANTOS, A. R. DOS et al. Sensoriamento Remoto no ArcGIS 10.2.2 passo a passo: processamento de imagens orbitais. 2. ed. [s.l: s.n.], 2020.

SANTOS, L. F. Planejamento urbano e o Lago Paranoá: a intervenção paisagística e seus impactos ambientais. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

SANTOS, Ana Paula; CUNHA, Helder Henrique. *Aspectos microclimáticos do Parque Cesamar em Palmas – TO*. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 11, n. 4, p. 1569–1583, 2018.

SANTOS, Ana Paula; CUNHA, Helder H.; LIMA, Edmilson. *Influência das áreas verdes urbanas no conforto térmico de Palmas-TO*. Revista Caminhos de Geografia, v. 21, n. 75, p. 291–307, 2020.

SANTOS, Milton. A Urbanização Brasileira. 5. ed. São Paulo: EDUSP, 2005.

SANTOS, Milton. Manual de Geografia Urbana. 3. ed. São Paulo: EDUSP, 2008.

SARAIVA, A. L. B. da C. Estudo do microclima urbano da rua Sinhazinha Wanderley, Assú-RN: episódio de verão. Revista do Ceres, v. 1, n. 2, p. 17-23, 2014.

SARGENT; TRORAP (Ed.). A survey of human biometeorology. Genebra: UMO, 1964. (Technical Note, N° 65).

SCHECHINGER, C. M. Algunas peculiaridades del mercado de suelo urbano. Mercado de Suelo en Ciudades, México, p. 35-42, mar. 2005.

SCIFONI, Simone. A CONSTRUÇÃO DO PATRIMÔNIO NATURAL. 2006. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-27122006-104748/publico/TeseSimoneScifoni.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2025.

SEKI, K. et al. Impact of urban heat island on ozone formation in Tokyo metropolitan area. *Atmospheric Environment*, v. 41, n. 36, p. 7705-7714, 2007.

- SHEM, W.; SHEPHERD, J. M. On the impact of urbanization on current and future thunderstorms. *Geophysical Research Letters*, v. 36, n. 10, 2009.
- SILVA, Valterson T. da. Expansão urbana e inclusão social. *Jornal do Tocantins*, Palmas, Ano XI. Caderno Opinião, p. 4, 26 nov. 2011. Tendências e ideias. Disponível em: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxwYWxtYXNlbWZvY298Z3g6YzqxNzgzOTFiZTNiYWE5>. Acesso em: 07 jun. 2025.
- SILVA, A. C.; VIOLA, A. B.; PEREIRA, T. A. Análise dos impactos ambientais da UHE Lajeado no bioma Cerrado. *Revista de Estudos Ambientais*, v. 15, n. 2, p. 55-68, 2013.7
- SILVA, L. G. B.; SOUSA, A. L.; SANTOS, M. A. A.; CARVALHO, R. V. Alterações no microclima urbano de Palmas-TO em virtude da implantação do lago da Usina
- SILVA, T. J. V.; HIRASHIMA, S. Q. Conforto térmico em espaços abertos: o estado da arte do Universal Thermal Climate Index - UTCI no Brasil. *Anais do XVII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 2018.
- SIMON, João Roberto. Verticalização nas áreas litorâneas: o caso do Guarujá/SP. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 2017.
- SMOLKA, M. Informalidad, probreza urbana y precios de la tierra. *Land Lines*, Cambridge, v. 15, p. 14-19, fev. 2003.
- SMOLKA, M. A urbanização na América Latina e o argumento em favor da recuperação de Mais-Valias fundiárias. In: *Recuperação de Mais-Valias fundiárias na América Latina: políticas e instrumentos para o desenvolvimento urbano*. Cambridge: Lincoln Institute of Land Policy, 2014. p. 4-12.
- SNYDER, J. C.; CATANESE, A. *Introdução à Arquitetura*. Rio de Janeiro: Campos, 1984.
- SOARES, A. M. Urbanismo e clima: os efeitos da forma urbana no microclima de Brasília. *Dissertação de Mestrado*, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.
- SOUZA, M. L. D. A produção do espaço urbano: escalas, diferenças e desigualdades socioespaciais. In: CARLOS, A. F. A. et al. *A produção do espaço urbano: agentes e processos, escalas e desafios*. São Paulo: Contexto, 2011.
- SPAUTZ, Dagmara. O segredo internacional por trás dos arranha-céus de Balneário Camboriú. *NSC Total*, coluna de Dagmara Spautz; 4 ago. 2022. Disponível em: *NSC Total*. Acesso em: 3 set. 2025.
- STRINGER, E. T. *Foundations of climatology*. São Francisco: Freeman & Co., 1972.
- TEIXEIRA, L. F. C. A formação de Palmas. *Revista UFG*, Goiânia, v. 6, n. 11, p. 91-99, jun. 2009.
- TEIXEIRA, L. F. C. Palmas e a gestão do seu território. *Jornal do Tocantins*, Palmas, Ano XI. Caderno Opinião, p. 4, 15 nov. 2011. Tendências e ideias. Disponível em: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnxwYWxtYXNlbWZvY298Z3g6NTBmYzdiNzZkZmY2MGU1MQ>. Acesso em: 04 mar. 2025.

THE ROSS INSTITUTE OF TROPICAL HYGIENE. The preservation of personal health in warm climates. Londres: The Ross Institute of Tropical Hygiene, 1970.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

TRAINA, L.; TRAINA JR, C. Como fazer pesquisa bibliográfica. SBC Horizontes, ago. 2009.

THEMAG. Relatório de impacto sobre o meio ambiente. Usina Hidreletrica Lajeado, Nov. 1996, p. 50

TREWARTHA, G. T. The earth's problem climates. Madison: University of Wisconsin Press, 1961.

TROMP, S. W. et al. Medical biometeorology. Amsterdã: Elsevier Publications Co., 1963.

TUDELLA, E. V. Estudo da redução da velocidade dos ventos em áreas urbanas verticalizadas. *Revista de Climatologia Urbana*, v. 2, n. 1, p. 33-49, 1982.

TUDELLA, Fernando. Microclima y Confort Térmico. Santiago: CEPAL/CNUAH, 1982. (Distr. Limitada, E/CEPAL/MEX/1982/L.3).

UFT. Relatório de pesquisa. Projeto Cidades Sustentáveis: Palmas em Foco. In: Programa Territorial para o Município de Palmas – Tocantins. Propesq - PA7#002/2011 – mai. 2011 – jan.2013. Palmas: Propesq, 2012.

UFT. Relatório de extensão. Projeto Palmas Participa. In: BAZOLLI, J. A. (Coord.). Cidade e Meio ambiente: estudo ampliado em perspectiva multidisciplinar. Proex - SIGProj: 268787.1400.45195.14042017. Blog Palmas Participa, 2015. Disponível em: <http://palmasparticipa.blogspot.com/>. Acesso em: 7 jun. 2025.

VARGAS, Heliana Comin. O fator localização revisitado. In: ARAÚJO, Cristina Pereira de; VARGAS, Heliana Comin (Org.). Arquitetura e mercado imobiliário. Barueri: Editora Manole, 2014.

VELASQUES, A. B. A.; OLIVEIRA, Lucimara A. O atual processo de revisão do Plano-Diretor participativo de Palmas/TO: considerações sob a ótica do estatuto da cidade. In: BAZOLLI, J. A. et al. (Org.). O papel da extensão universitária como indutora da participação social: Palmas participa. Palmas-TO: EDUFT, 2017.

VIERS, G. Climatología. Barcelona: Oihos Tau, 1975.

VILLACA, Flávio. Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil. In: DEÁK, Csaba; SCHIFFER, Sueli Ramos (Org.). O processo de urbanização no Brasil. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 2010. p. 169-243.

VOLLARO, R. D. L. et al. Thermal impact of a redeveloped area on localized urban microclimate. In: [Nome da Conferência/Publicação], 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/309181926\\_Thermal\\_impact\\_of\\_a\\_redeveloped\\_area\\_on\\_localized\\_urban\\_microclimate\\_A\\_case\\_study\\_in\\_Rome](https://www.researchgate.net/publication/309181926_Thermal_impact_of_a_redeveloped_area_on_localized_urban_microclimate_A_case_study_in_Rome). Acesso em: 7 jun. 2025.

VOOGT, J. A.; OKE, T. R. Thermal remote sensing of urban areas. *Remote Sensing of Environment*, v. 86, n. 3, p. 370-384, 2003.

WAKELY, Patrick I. *Diseño y confort térmico en climas cálidos*. Bogotá: Universidad de los Andes, mimeografado, 1978.

WILHEIM, J. *Cidades: o substantivo e o adjetivo*. 3. ed. São Paulo: Perspectiva, 2003.

WINSLOW, C. E.; HERRINGTON, L. P. *Temperature and human life*. Princeton: Princeton University Press, 1949.

WMO. World Meteorological Organization. *WMO guidelines on climate: climate normals*. Genebra: WMO, 2017.

WONG, N. H.; TAN, A. Y. K. The urban greening of Singapore: from a garden city to a city in a garden. *Journal of Urban Ecology*, v. 11, p. 28-39, 2012.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). *Urban climates*. Genebra: WMO, 1970. (Technical Note, N° 108).

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). *Building climatology*. Genebra: WMO, 1970. (Technical Note, N° 109).

YAGLOU, C. P.; MILLER, W. E. Effective temperature with clothing. *Transactions of ASHVE*, n. 717, v. 31, 1925.

ZANETTI, C. et al. Uso do Sensoriamento Remoto em estudos de ilha de calor urbana. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, n. 4, p. 815-829, 2015.

ZEFERINO, Cesar Albenes et al. Avaliação de desempenho de Rede-em-Chip modelada em SystemC. In: *WORKSHOP DE DESEMPENHO DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS E DE COMUNICAÇÃO – WPERFORMANCE*, 2007, Rio de Janeiro. Anais do XXVII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2007. p. 559

## Leis e Decretos

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: Senado Federal, 1988. Disponível em:  
[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 7 mai. 2025.

BRASIL. Decreto nº 9.310, de 15 de março de 2018. Institui as normas gerais e os procedimentos aplicáveis à Regularização Fundiária Urbana e estabelece os procedimentos para a avaliação e a alienação dos imóveis da União. Brasília, 2018. Disponível em:

[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/Decreto/D9310.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/Decreto/D9310.htm). Acesso em: 1 jun. 2025.

BRASIL. Lei nº 11.888, de 24 de dezembro de 2008. Assegura às famílias de baixa renda assistência técnica pública e gratuita para o projeto e a construção de habitação de interesse social e altera a Lei no 11.124, de 16 de junho de 2005. Brasília, 2008. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2008/Lei/L11888.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11888.htm). Acesso em: 7 jun. 2025.

BRASIL. Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009. Dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas. Brasília, 2009. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2009/Lei/L11977.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L11977.htm). Acesso em: 10 jun. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC, dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC, autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres e dá outras providências. Brasília, 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm). Acesso em: 1 abr. 2025.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências (Estatuto da Cidade). Brasília, 2001. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/LEIS\\_2001/L10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm). Acesso em: 8 jun. 2025.

BRASIL. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. Brasília, 2002. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/2002/L10406.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2002/L10406.htm). Acesso em: 8 jun. 2025.

BRASIL. Lei nº 13.465, de 11 de julho de 2017. Dispõe sobre a regularização fundiária rural e urbana, sobre a liquidação de créditos concedidos aos assentados da reforma agrária e sobre a regularização fundiária no âmbito da Amazônia Legal; institui mecanismos para aprimorar a eficiência dos procedimentos de alienação de imóveis da União; e dá outras providências. Brasília, 2017. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2017/Lei/L13465.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13465.htm). Acesso em: 7 jun. 2025.

PALMAS (TO). Lei nº 45, de 22 de março de 1990. Código de Edificações de Palmas. Lei nº 45/90. Palmas, TO: Diário Oficial do Município de Palmas, 1990. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/codigo-de-obras-palmas-to>. Acesso em: 7 mai. 2025.

PALMAS (TO). Lei nº 386, de 22 de março de 1993. Dispõe sobre as zonas de uso. Palmas, TO: Governo do Tocantins, 1993. Disponível em: <http://planodiretor.palmas.to.gov.br/media/arquivos/9e40cd18fb114e498ecff299587c2da4.pdf>. Acesso em: 7 abr. 2025.

PALMAS (TO). Lei nº 468, de 1994. Lei nº 468, de 06 de janeiro de 1994. Palmas, TO: Prefeitura de Palmas/TO 1994.

ESTADO DO TOCANTINS. Lei nº 1.128, de 1º de fevereiro de 2000. Institui o Projeto Orla e adota outras providências. Diário Oficial do Estado do Tocantins. Seção 1, n. 885, p. 12, 8 ago. 2000.

PALMAS (TO). Lei nº 94, de 2004. Lei Complementar nº94, de 1 de novembro de 2004. Palmas, TO: Prefeitura Municipal de Palmas, 2004.

PALMAS (TO). Lei Municipal nº 1.384, de 6 de setembro de 2005. Lei nº 1.384, de 6 de Setembro de 2005. Palmas, TO: Prefeitura Municipal de Palmas 2005.

PALMAS (TO). Lei Complementar nº 155, de 28 de dezembro de 2007. Dispõe sobre a política urbana no município de Palmas (Plano Diretor Municipal). Diário Oficial do Estado do Tocantins, Palmas, TO, v. 1, n. 2560, p. 182-196, 28 dez. 2007.

PALMAS (TO). Lei Complementar nº 195, de 22 de dezembro de 2009. Dispõe sobre a regulamentação e aplicação do Parcelamento, Edificação ou Utilização Compulsórios (PEUC) do solo urbano não edificado subutilizado ou não-utilizado, da forma que especifica. Diário Oficial do Estado do Tocantins, Palmas, TO, v. 1, n. 3046, Seção 1, p. 176-177, 30 dez. 2009. Republicação: Diário Oficial do Município de Palmas, Palmas, TO, v. 1, n. 10, Seção 1, p. 2-3, 6 abr. 2010.

ESTADO DO TOCANTINS. Lei nº 2.616, de 8 de agosto de 2012. Autoriza o Poder Executivo a instituir a Companhia Imobiliária do Estado do Tocantins - TerraPalmas, e adota outras providências. Diário Oficial do Estado do Tocantins, Seção 1, n. 3.688, p. 23, 8 ago. 2012.

PALMAS (TO). Lei Complementar nº 253, de 18 de julho de 2013. Altera a Lei Complementar nº 155, de 28 de dezembro de 2007 que dispõe sobre a política urbana do município de Palmas, na parte que especifica. Diário Oficial do Município de Palmas, Palmas, TO, v. 1, n. 810, Seção 1, p. 1, 29 jul. 2013.

PALMAS (TO). Lei Complementar nº 280, de 18 de julho de 2013. Altera a Lei Complementar nº 155, de 28 de dezembro de 2007 que dispõe sobre a política urbana do município de Palmas, na parte que especifica. Diário Oficial do Município de Palmas, Palmas, TO, v. 1, n. 810, Seção 1, p. 1, 29 jul. 2013.

PALMAS (TO). Lei Complementar nº 378, de 06 de julho de 2017. Institui o Programa de Regularização Fundiária Sustentável no Município de Palmas, conforme determina o art. 100 da Lei Complementar Municipal nº 155, de 28 de dezembro de 2007, e adota outras providências. Diário Oficial do Município de Palmas, Palmas, TO, v. 1, n. 1790, Seção 1, p. 1-7, 6 jul. 2017.

PALMAS (TO). Lei Complementar nº 400, de 2 de abril de 2018. Plano Diretor Participativo do Município de Palmas-TO. Diário Oficial do Município de Palmas, Palmas, TO, v. 1, n. 1969, Suplemento Especial, p. 1-62, 2 abr. 2018.

PALMAS (TO). Lei Complementar nº 404, de 20 de dezembro de 2018. Altera dispositivo da Lei Complementar nº 376, de 28 de junho de 2017, que cria o Programa especial de Urbanização de Palmas (PEU). Diário Oficial do Município de Palmas, Palmas, TO, Ano IX, v. 1, n. 2148, Suplemento Especial, p. 1, 20 dez. 2018.

PALMAS (TO). Lei Complementar nº 408, de 20 de dezembro de 2018. Dispõe sobre a criação do Distrito Turístico de Palmas e adota outras providências. Diário Oficial do Município de Palmas, Palmas, TO, Ano IX, v. 1, n. 2148, Suplemento Especial, p. 2-3, 20 dez. 2018.

PALMAS (TO). Lei Complementar nº 411, de 20 de dezembro de 2018. Altera o item 4 da alínea “a” do inciso II do art. 171 e o inciso VII do § 1º do art. 242, ambos da Lei Complementar nº 400, de 2 de abril de 2018. Diário Oficial do Município de Palmas, Palmas, TO, Ano IX, v. 1, n. 2148, Suplemento Especial, p. 4, 20 dez. 2018.

### **Relatórios, Documentos Oficiais e Sites Institucionais**

COUNCIL ON TALL BUILDINGS AND URBAN HABITAT (CTBUH). Yachthouse Residence Club. 2023. Disponível em: <https://www.skyscrapercenter.com/building/yachthouse-residence-club/18358>. Acesso em: 5 jun. 2025.

ICF. Climate Change Vulnerability Assessment. LCP. ICF, fev. 2020. Disponível em: <https://www.sandiego.gov/sites/default/files/climate-change-vulnerability-assessment.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Climatologia de Palmas e Balneário Camboriú. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: Acesso em: 3 Agosto. 2025.

MASIERO, J. C.; SOUZA, V. C. Relação entre conforto térmico urbano e Zonas Climáticas Locais. Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 10, p. 1-13, 2018. <https://www.scielo.br/j/urbe/a/C3gvsB6hqxV83wm8FpHy5fw/>

MINVU CHILE. Guía de Diseño Urbano para la Ventilación en Ciudades. SANTIAGP: MINVU Chile, 2019.

NASA. 2021 Spring AZ San Diego Urban Tech Paper FD-final. 2021. Disponível em: [https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20210015142/downloads/2021Spring\\_AZ\\_SanDiegoUrban\\_TechPaper\\_FD-final.docx.pdf](https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20210015142/downloads/2021Spring_AZ_SanDiegoUrban_TechPaper_FD-final.docx.pdf). Acesso em: 10 jun. 2025.

PALMAS (Prefeitura Municipal). Plano de Regularização Fundiária Sustentável de Palmas. Palmas, 2011. Disponível em: [https://www.google.com/url?sa=t&rlt=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&ved=2ahUKEwjU\\_pj67-PfAhUECpAKHdX8AXkQFjAGegQIAxAC&url=http%3A%2F%2Fwww.capacidades.gov.br%2Fblog%2Fdownload%2Fid%2F86%2Fpost%2F677%2Fmidia%2F15213&usg=AOvVaw2KpuCL2CwNYI3mSHNEI2kp](https://www.google.com/url?sa=t&rlt=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&ved=2ahUKEwjU_pj67-PfAhUECpAKHdX8AXkQFjAGegQIAxAC&url=http%3A%2F%2Fwww.capacidades.gov.br%2Fblog%2Fdownload%2Fid%2F86%2Fpost%2F677%2Fmidia%2F15213&usg=AOvVaw2KpuCL2CwNYI3mSHNEI2kp). Acesso em: 10 jun. 2025.

PALMAS (Prefeitura Municipal). Conselho de Desenvolvimento Urbano e Habitação de Palmas. Ata de Reunião. Diário Oficial do Município de Palmas, Palmas, TO, v. 1, n. 988, Seção 1, p. 17, 14 abr. 2014.

PALMAS (Prefeitura Municipal); BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO. Estudos base: Iniciativa cidades emergentes e sustentáveis. Caderno 3, Crescimento Urbano. Palmas: Prefeitura Municipal de Palmas, 2014.

PALMAS (Prefeitura Municipal). Decreto nº 985, de 5 de março de 2015. Cria a Comissão Permanente de Assuntos Fundiários, na forma que especifica. Diário Oficial do Município de Palmas, Palmas, TO, v. 1, n. 1212, Seção 1, p. 1-2, 9 mar. 2015.

PALMAS (Prefeitura Municipal). Decreto nº 1089, de 6 de agosto de 2015. Institui o Grupo de Trabalho Especial para revisão e regulamentação do Plano Diretor de Palmas, na forma que especifica. Diário Oficial do Município de Palmas, Palmas, TO, v. 1, n. 1315, Seção 1, p. 1-2, 6 ago. 2015.

PALMAS (Prefeitura Municipal). Plano de Ação Palmas Sustentável. Palmas: PMP, 2015. 289 p. (Relatório Cidades Emergentes e Sustentáveis (ICES)). Disponível em: <http://polis.org.br/publicacoes/plano-de-acao-palmas-sustentavel/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

PALMAS (Prefeitura Municipal). Instituto de Planejamento e Urbanismo de Palmas (IPUP). Minuta disponibilizada pela Prefeitura das propostas de Revisão do Plano Diretor. Palmas, 2015. Disponível em: [http://planodiretor.palmas.to.gov.br/media/arquivos/333\\_q9EOVxO.pdf](http://planodiretor.palmas.to.gov.br/media/arquivos/333_q9EOVxO.pdf). Acesso em: 10 jun. 2025.

PALMAS (Prefeitura Municipal). Lei Complementar nº 2225, de 4 de janeiro de 2016. Institui o Programa de Regularização Fundiária Sustentável no Município de Palmas, conforme determina o art. 100 da Lei Complementar Municipal nº 155, de 28 de dezembro de 2007, e adota outras providências. Diário Oficial do Município de Palmas, Palmas, TO, v. 1, n. 1416, Seção 1, p. 1-6, 4 jan. 2016.

PALMAS (Prefeitura Municipal). Decreto nº 1.477, de 17 de outubro de 2017. Declara, para fins de regularização fundiária urbana, como Reurb-S, o núcleo urbano informal localizado no loteamento Irmã Dulce 1ª Etapa, ocupado predominantemente pela população de baixa renda. Diário Oficial do Município de Palmas, Palmas, TO, v. 1, n. 1858, Seção 1, p. 1-2, 17 out. 2017.

PALMAS (Prefeitura Municipal). Decreto nº 1.478, de 17 de outubro de 2017. Declara, para fins de regularização fundiária urbana, como Reurb-S, o núcleo urbano informal localizado no loteamento Lago Norte, ocupado predominantemente pela população de baixa renda. Diário Oficial do Município de Palmas, Palmas, TO, v. 1, n. 1858, Seção 1, p. 2, 17 out. 2017.

PALMAS (Prefeitura Municipal). Decreto nº 1.479, de 17 de outubro de 2017. Declara, para fins de regularização fundiária urbana, como Reurb-S, o núcleo urbano informal localizado no loteamento Taquarussu 2º Etapa (Universitário), ocupado predominantemente pela população de baixa renda. Diário Oficial do Município de Palmas, Palmas, TO, v. 1, n. 1858, Seção 1, p. 2, 17 out. 2017.

PALMAS (Prefeitura Municipal). Decreto nº 1.480, de 17 de outubro de 2017. Declara, para fins de regularização fundiária urbana, como Reurb-S, o núcleo urbano informal localizado no Loteamento União Sul, ocupado predominantemente pela população de baixa renda. Diário Oficial do Município de Palmas, Palmas, TO, v. 1, n. 1858, Seção 1, p. 3, 17 out. 2017.

PALMAS EM FOCO. Notas, documentos, fontes e referências. BAZOLLI, J. A. (Org.). Google LLC - Google Sites, 28 jan. 2019. Disponível em: <https://sites.google.com/view/palmasemfoco>. Acesso em: 20 mai. 2025.

SÃO PAULO (Estado). Estudo de Impacto Ambiental e Social (EIAS). São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Projetos, Orçamento e Gestão, out. 2020. Disponível

em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/litoralsustentavel/sites/255/2020/11/estudo-de-impacto-ambiental-e-social-eias-1-menor.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2025.

TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO TOCANTINS. 1ª Vara da Fazenda e Registros Públícos de Palmas. Ação Civil Pública nº 0031912-56.2017.827.2729. Juiz: Manuel Farias de Reis Neto, 2017. Julgada em: 3 maio 2018.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. [Local da publicação]: [Editora/Instituição], 2008. Disponível em: <https://www.epa.gov/heatislands>. Acesso em: 3 jun. 2025.

UFT. Relatório de extensão. Projeto Palmas Participa. In: BAZOLLI, J. A. (Coord.). Cidade e Meio ambiente: estudo ampliado em perspectiva multidisciplinar. Proex - SIGProj: 268787.1400.45195.14042017. Blog Palmas Participa, 2015. Disponível em: <http://palmasparticipa.blogspot.com/>. Acesso em: 3 jun. 2025.

### Sites Gerais

ENERGIA SOLAR SUN. O que é microclima? Entenda sua importância. [s.d.]. Disponível em: <https://energiasolarsun.com.br/glossario/o-que-e-microclima-entenda-sua-importancia/>. Acesso em: 4 jun. 2025.

ESRI. *Software GIS para mapeamento e análise espacial*. Esri. Disponível em: <https://www.esri.com/pt-br/home>. Acesso em: 22 nov. 2025.

METEOROLOGICAL OFFICE (Air Ministry). **Tables of temperature, relative humidity and precipitation for the world**. Londres: HMSO, 1958.